

# СОДЕРЖАНИЕ

|  |           |
|--|-----------|
| <b>НОВОСТИ ЭНЕРГЕТИКИ</b>  | <b>10</b> |
| <b>ОТ ПЕРВОГО ЛИЦА</b>   | <b>17</b> |
| Приоритет отдаем надежному оборудованию  | 17        |
| <b>РЫНОК И ПЕРСПЕКТИВЫ</b>   | <b>19</b> |
| Новые разработки в электротехнической промышленности   | 19        |
| <b>ЭЛЕКТРОХОЗЯЙСТВО</b>  | <b>21</b> |
| Современные установки компенсации реактивной мощности, повышающие надежность и экономичность в системах электроснабжения | 21        |
| Новые устройства по обеспечению надежности электроснабжения и качества электроэнергии потребителей                       | 25        |
| Влияние токов короткого замыкания на погрешности трансформаторов тока  | 33        |
| Автоматические выключатели – основные понятия  | 36        |
| <b>ТЕПЛОСНАБЖЕНИЕ</b>  | <b>47</b> |
| Котельные установки промышленных предприятий   | 47        |
| Водотрубные котлы третьего поколения от ОАО «Дорогобужкотломаш»  | 54        |
| Новые методы водоподготовки для теплосети  | 56        |
| <b>ВОЗДУХОСНАБЖЕНИЕ</b>  | <b>58</b> |
| Комплексные решения для подготовки сжатого воздуха   | 58        |
| Краткий обзор газодувок и воздуходувок   | 64        |
| <b>ДИАГНОСТИКА И ИСПЫТАНИЯ</b>   | <b>66</b> |
| Методика испытания электродвигателей переменного тока  | 66        |

## ЖУРНАЛ

### «ГЛАВНЫЙ ЭНЕРГЕТИК» №4/2006

Журнал зарегистрирован Министерством Российской Федерации по делам печати, телерадиовещания и средств массовых коммуникаций

Свидетельство о регистрации  
ПИ № 77-15358  
от 12 мая 2003 года

#### Редакционная коллегия

**В.В. Жуков** – д.т.н., профессор, член-корр. Академии электротехнических наук РФ, директор Института электроэнергетики

**Э.А. Киреева** – профессор кафедры электроснабжения промышленных предприятий, МЭИ

**М.Ш. Мисриханов** – д.т.н., профессор, ген. директор «ФСК. Межсистемные электрические сети Центральной России»

**В.А. Старшинов** – д.т.н., профессор, зав. кафедрой электрических станций, МЭИ

**Н.Д. Торопцев** – д.т.н., профессор кафедры электроснабжения Карачаево-Черкесской государственной технологической академии

**А.Н. Чохонелидзе** – д.т.н., профессор Тверского государственного технического университета

Главный редактор  
С.А. Леонов  
Выпускающий редактор  
Н.А. Пунтус  
Верстка  
Е.Б. Евдокимова  
Корректор  
А.Г. Свиридова

Журнал на II полугодие 2006 года распространяется через каталог: Агентство «Роспечать», ООО «Межрегиональное агентство подписки» (МАП)

#### НЕКОММЕРЧЕСКОЕ ПАРТНЕРСТВО ИЗДАТЕЛЬСКИЙ ДОМ «ПРОСВЕЩЕНИЕ»

Тел.: (495) 925-93-50, 131-73-95  
Адрес: 119602, Москва, а/я602.  
Email: glavenergo@mail.ru  
Адрес сайта: www.glavenergo.panor.ru

Подписано в печать  
Формат 60x88/8, Бумага офсетная.  
Усл. печ. л. 14  
Тираж  
Заказ №



При подготовке материалов данного номера были использованы материалы изданий: [www.emho.ru](http://www.emho.ru)  
[www.enresurs.ru](http://www.enresurs.ru)  
<http://esco-ecosys.narod.ru>  
[www.boiler.nm.ru](http://www.boiler.nm.ru)

## ОБМЕН ОПЫТОМ 79

- Об эффективном использовании рядовых каменных углей в коммунальной энергетике (на примере одного теплоэнергетического предприятия) 79

## ЭКОНОМИКА И УПРАВЛЕНИЕ 82

- Порядок определения платежа за фактически потребленную электроэнергию в расчетном периоде. 82
- Оптимизация затрат заказчика при создании АИИС/АСКУЭ 85

## ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ 89

- Экономические и технологические аспекты энергоресурсосбережения за счет широкомасштабного внедрения регулируемого электропривода, отечественного производства 89

## SOFT 93

- Программное обеспечение для ОГЭ 93

## ВОПРОС – ОТВЕТ 98

## КАТАЛОГ 100

- Новые цифровые мегаомметры М6, М6-1, М6-2, М6-3, М6-4, М6-ЖТ 100

## ПОДГОТОВКА КАДРОВ 102

- Центр подготовки и переподготовки кафедры «электроснабжения промпредприятий» МЭИ (ТУ) 102

## ОХРАНА ТРУДА И ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ 104

- Действия оператора котельной в нештатных ситуациях 104

## КНИЖНАЯ ПОЛКА 106

## НОРМАТИВНЫЕ ДОКУМЕНТЫ 108

- ТРАНСФОРМАТОРЫ ТОКА. Методика поверки 108

## **В 2006 ГОДУ С ВВЕДЕНИЕМ МОДЕЛИ РЕГУЛИРУЕМЫХ ДОГОВОРОВ РАО «ЕЭС РОССИИ» БУДЕТ ПРОДАВАТЬ ОТДЕЛЬНО МОЩНОСТЬ И ОТДЕЛЬНО ЭЛЕКТРОЭНЕРГИЮ**

Совет директоров РАО «ЕЭС России» рассмотрел вопрос формирования рынка мощности в рамках оптового рынка переходного периода. В рамках перехода к целевой модели оптового рынка предполагается осуществить постепенную трансформацию принципов торговли мощностью. Как указывается в сообщении РАО «ЕЭС России» по итогам заседания, предлагается, что с введением в 2006 г. модели регулируемых договоров покупатели будут приобретать на оптовом рынке отдельно мощность и отдельно электроэнергию.

На сегодняшний день на оптовом рынке электрической энергии (мощности) тарифы на продажу мощности и электроэнергии устанавливаются Федеральной службой по тарифам, исходя из разделения расходов электростанций на условно-постоянные и переменные. В настоящее время покупатели на оптовом рынке рассчитываются по одноставочному тарифу, который учитывает и стоимость электроэнергии, и стоимость мощности. Его определяет ФСТ на основе значений электроэнергии и мощности, заявленных потребителем в прогнозный баланс.

Кроме того, Правилами оптового рынка предлагается ввести понятие качества мощности. Этот параметр будет отображать готовность генерирующего оборудования вырабатывать электроэнергию и участвовать в регулировании частоты и напряжения. Качество мощности будет контролироваться «Администратором торговой системы» на основании собственной и полученной от Системного оператора информации. При снижении качества мощности обязательства покупателей по оплате мощности будут уменьшаться.

Начиная с 2007 г., объем мощности, который поставщики будут продавать по регулируемым договорам, предполагается уменьшить. Непроданная по регулируемым договорам

мощность будет продаваться через конкурентный отбор мощности на год вперед. Первый конкурентной отбор мощности на год вперед планируется провести в конце 2006 г.

Также с 2007 г. на рынке начнет функционировать система контроля и ответственности потребителей за планирование энергопотребления в пиковые часы, заявленного перед началом года и учтенного в балансе ФСТ. Начиная с 2010 г., планируется начать торговлю мощностью, проданной на долгосрочном аукционе на 3 года вперед.

Для внедрения изменений на рынке мощности в рамках оптового рынка переходного периода, планируемых в 2006 г., необходимо принятие ряда нормативных документов.

*Финмаркет*

## **ГОСДУМА ПРИНЯЛА В 1 ЧТЕНИИ ПОПРАВКИ В ЗАКОН «ОБ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКЕ»**

Госдума приняла в первом чтении поправки в закон «Об электроэнергетике», снимающие запрет для промышленных предприятий на совмещение деятельности по передаче электроэнергии с деятельностью по ее производству и купле-продаже.

Проект закона предлагает не распространять на некоторые виды хозяйствующих субъектов требование закона «Об электроэнергетике» о необходимости разделения имущественных комплексов и отказа от совмещения конкурентных (производство и купля-продажа электроэнергии - ред.) и монопольных (передача электроэнергии и оперативно-диспетчерское управление - ред.) видов деятельности.

Комментируя принятие законопроекта, вице-спикер Госдумы Владимир Пехтин отметил, что законопроект направлен на защиту предприятий от необходимости нерационального использования собственных энергетических ресурсов.

Он подчеркнул, что в собственности многих промышленных предприятий, для которых электроэнергетика не является основной сферой деятельности, находятся генерирующее

оборудование, объекты электросетевого хозяйства и энергопринимающее оборудование, предназначенное для организации снабжения потребителей различными видами энергоресурсов.

«Доля производства на генерирующем оборудовании таких предприятий в общем объеме производства электрической энергии в рамках Единой энергетической системы России значительна», - сказал Пехтин.

Он напомнил, что в конце прошлого года Госдума приняла поправки в закон «Об электроэнергетике», которые распространялись на крупные промышленные предприятия, имеющие в собственности генерирующие установки и объекты электросетевого хозяйства. Принятые тогда поправки касались требований разделения имущественных комплексов и отказа от совмещения конкурентных и монопольных видов деятельности.

«Действуя в соответствии с такими изменениями в законе, промышленные предприятия вынуждены будут передать права на стратегически важное имущество другим организациям», - пояснил Пехтин.

По его словам, принятый сегодня в первом чтении законопроект предлагает отменить действие принятых ранее поправок в отношении некоторых видов хозяйствующих субъектов.

*РИА Новости*

## **СВЕРДЛОВЭНЕРГОСБЫТ ПРИНЯЛ ПРОГРАММУ ПО ЭФФЕКТИВНОЙ РАБОТЕ С КРУПНЫМИ ПОТРЕБИТЕЛЯМИ**

Совет директоров ОАО «Свердловэнергообеспечение» утвердил программу по эффективной работе с крупными потребителями на 2006 год, — сообщили АПИ в пресс-службе энергетической компании. Специалистами компании запланирован целый комплекс мероприятий, направленных на укрепление партнерских отношений с промышленными предприятиями Свердловской области.

Согласно программе, большое внимание будет уделяться обслуживанию крупных потребителей силами

бизнес-единиц управления контрактов оптовой продажи. В течение прошлого года для промышленных потребителей были созданы бизнес-отделы, каждый из которых включает специалистов разного профиля. В их компетенции находятся абсолютно все вопросы, связанные с энергоснабжением конкретного предприятия.

В пресс-службе энергетической компании отметили, что в рамках экономической составляющей программы представители Свердловэнергосбыта намерены создавать максимально привлекательные договорные условия для крупных потребителей путем разработки и согласования индивидуального графика платежей. Также Свердловэнергосбыт намерен осуществлять кадровую политику, направленную на сохранение квалифицированного персонала и повышение его профессионального уровня.

Принятая программа, ориентированная, прежде всего, на интересы клиентов позволит компании наиболее эффективно сотрудничать с крупными потребителями электроэнергии Свердловской области.

*Информационное агентство АПИ*

## **«УРАЛЭЛЕКТРОМЕДЬ» В 2005 ГОДУ СНИЗИЛА ЭНЕРГОЗАТРАТЫ НА 17 МЛН. РУБ.**

ОАО «Уралэлектромедь» (предприятие металлургического комплекса УГМК) по итогам работы в 2005 году уменьшило затраты на выработку и потребление энергоресурсов более чем на 17 млн. руб. С целью снижения энергозатрат предприятие в плановом порядке реализует программу экономии топливно-энергетических ресурсов. Так, в 2005 году общий экономический эффект от внедрения мероприятий программы составил более 9 млн руб.

В частности, в рамках программы «Уралэлектромедь» в прошедшем году завершило выполнение проекта по оптимизации потребления тепловой энергии. В течение трех лет было проведено обследование магистральных тепловых сетей предприятия с проведением тепловизионной диагностики, выполнены наладочные работы по оп-

тимизации гидравлического режима, модернизированы узлы ввода тепла с установкой автоматизированных узлов смешения. В результате ежегодные затраты на выработку и передачу тепла сократились более чем на 3 млн. руб.

На производстве сплавов цветных металлов ОАО «Уралэлектромедь» была модернизирована система воздухо-снабжения, что позволило снизить потребление электроэнергии на выработку сжатого воздуха на 30 проц. Отметим также, что в мае 2004 года «Уралэлектромедь» вышла на оптовый рынок электроэнергии. По словам главного энергетика предприятия Радика Габдрахманова, на сегодняшний день на «Уралэлектромеди» создана и стабильно функционирует система почасового планирования и контроля потребления электроэнергии. Службы производственных подразделений научились управлять потреблением электроэнергии в режиме реального времени, что позволило свести к минимуму отклонения заявленной и фактически потребленной электроэнергии.

*Финмаркет*

## **СУБР МОДЕРНИЗИРУЕТ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ**

За 2005 год на ОАО «Североуральский бокситовый рудник» (предприятие Группы СУАЛ) модернизировано большая часть внутришахтного оборудования, — сообщил АПИ главный энергетик СУБРа Василий Молодцов. В частности, в марте 2005 года на шахте «Черемуховская» совместно с ЗАО «Русские моторы» специалистами предприятия был установлен частотный преобразователь, который позволяет экономить до 30 процентов расхода электроэнергии.

Как отметил главный энергетик предприятия, когда давление в сети начинает

падать, обороты компрессора повышаются и увеличивается производительность. При повышении давления обороты соответственно снижаются. Раньше было ступенчатое регулирование, и если давление достигало максимального, компрессор просто отклю-

чался. Сейчас пиковые нагрузки при включении-отключении сняты. При кажущейся дороговизне этого мероприятия срок окупаемости составляет около 3 лет, а если учесть, что тарифы на электроэнергию постоянно растут, затраченные средства окупятся гораздо быстрее. Сейчас такой же частотный преобразователь устанавливается на компрессоре шахты № 15-15 бис.

Еще одним нововведением СУБРа является установка подземных компрессоров, — отмечает Василий Молодцов. Данная работа ведется в рамках реализации мероприятий, направленных на борьбу с утечками сжатого воздуха. Такие компрессоры сейчас смонтированы на шахтах № 14-14 бис, «Кальинская», «Черемуховская». Если включается два подземных компрессора, они потребляют 400 киловатт электроэнергии, то на поверхности можно выключить один мощностью 630 киловатт. Срок окупаемости такого оборудования минимальный, от 1,5 до 2 лет

*Информационное агентство АПИ*

## **РОССИЙСКИЕ СЕНАТОРЫ ХОТЯТ СДЕЛАТЬ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ ВЫГОДНЫМ БИЗНЕСОМ**

Комиссия Совета Федерации по естественным монополиям рекомендовала принять в действующее законодательство поправку, которая определила бы формы протекции со стороны государства по отношению к организациям, занимающимся энергосбережением. Об этом заявил журналистам глава этой комиссии Михаил Одинцов. По словам сенатора Одинцова, уровень потребления электроэнергии в России на единицу мощности в несколько раз превосходит аналогичный показатель в развитых странах. «Для того, чтобы людям было выгодно заниматься энергосбережением, необходимо законодательно установить порядок со стороны государства к предприятиям, осуществляющим меры по энергосбережению», — считает глава комиссии.

Сенатор сообщил, что в Совет Федерации поступила законодательная

инициатива Рязанской облдумы, предусматривающая внесение поправок в действующее законодательство в части энергосбережения. Предлагаемая рязанскими депутатами законодательная инициатива, в случае ее принятия парламентом на федеральном уровне, как считает сенатор, даст возможность регионам принимать на местном уровне соответствующие нормативные акты, которые бы стимулировали процесс энергосбережения.

«Татар-информ»

## **ДО 10% ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ ОПТОВОГО РЫНКА УЖЕ В 2006 ГОДУ СМОЖЕТ ПРОДАВАТЬСЯ ПО ДОЛГОСРОЧНЫМ ДОГОВОРАМ**

Минпромэнерго РФ сообщило о том, что приступает к формированию перечня предприятий, которые получат возможность уже с 2006 года заключать на оптовом энергорынке долгосрочные договоры на поставку электроэнергии. Предполагается, что объем электроэнергии продаваемый на основе долгосрочных договоров не будет превышать 10% от общего объема электроэнергии, продаваемой на оптовом рынке.

Как известно, с 1 апреля 2006 года начнет действовать новая модель оптового рынка электроэнергии РФ, которая, в частности, предполагает переход на систему регулируемых двусторонних договоров. Первые договоры будут заключаться на срок до конца 2006 года. В 2007 году планируется ввести систему долгосрочных договоров (на срок 1-5 лет), выход из которой будет возможен лишь в конкурентный сектор рынка.

Между тем, согласно решению правительства, часть предприятий уже в 2006 году смогут заключать долгосрочные договоры. Минпромэнерго планирует в течение 1-го квартала отобрать около 20 таких предприятий. Судя по всему, это будут наиболее энергоемкие компании из числа тех, кто подаст заявку на участие в системе долгосрочных договоров. Для пилотных проектов будет введено дополнительное условие, согласно кото-

рому тариф покупки электроэнергии по договору на 2006 год должен быть равен установленному тарифу покупки электроэнергии с оптового рынка в соответствующем регионе.

В результате внедрения системы долгосрочных договоров инвесторы смогут получить долгосрочные сигналы по цене электрической энергии – одного из важнейших факторов, определяющих стоимость акций генерирующих компаний. С этой точки зрения, скорейшая реализация пилотных проектов будет способствовать повышению определенности по величине тарифов и, соответственно, снижению рисков инвестирования в акции электроэнергетики.

«Финам.Ру»

## **НОВАЯ УСЛУГА ПО ПЕРЕДАЧЕ ДАННЫХ О ПОТРЕБЛЕНИИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ**

ОАО «Белгородэнергосервис» предлагает предприятиям-абонентам новую услугу по предоставлению оперативной информации об объеме потребленной электроэнергии. Теперь компаниям достаточно иметь лишь подключение к сети Интернет и договор на предоставление информации, чтобы получать данные о собственном потреблении.

В качестве автоматизированного рабочего места оператора используется программное обеспечение «WEB-АРМ», позволяющее получать доступ к информации в табличном и графическом виде через сеть Интернет. Использование этого продукта позволяет энергослужбе предприятия-абонента оперативно контролировать процесс потребления электроэнергии и мощности в любое время суток, планировать расход и анализировать результаты.

В целом модернизация системы коммерческого учета электроэнергии является неотъемлемой частью программы развития Белгородской энергосистемы. На сегодняшний день ОАО «Белгородэнергосервис» включило в систему управления коммерческим учетом уже 31 подстанцию ОАО «Белгородэнерго»: двадцать девять - уровня напряжения 110 кВ и две - 35 кВ. Это достижение позволяет говорить о

начале нового периода в отношениях оператора коммерческого учета и потребителя - периода активного взаимовыгодного сотрудничества.

Услуга по предоставлению информации о потреблении была внедрена совсем недавно, однако спрос на нее достаточно велик, что говорит о перспективности развития данного направления деятельности ОАО «Белгородэнергосервис».

ИА «Бел.Ру»

## **СОЗДАЕТСЯ СИСТЕМА ЭНЕРГОПРОГНОЗА**

Минпромэнерго разработало и направило на согласование в Минэкономразвития, ФАС, ФСТ и Росатом проект постановления правительства РФ «Об определении порядка формирования государственной системы прогнозирования спроса и предложения электроэнергии, а также прогнозирования дефицита электрической мощности на оптовом и розничных рынках». Проект предполагает формирование ряда долгосрочных прогнозов потребления электроэнергии в России на периоды 5, 10-15, 20 лет, госпрограммы развития энергетики, прогнозного баланса электроэнергии субъектов оптового рынка с ежеквартальной корректировкой. Госсистема прогнозирования будут сформирована с участием РАО «ЕЭС России», «Системного оператора», ОАО ФСК ЕЭС, НП «Администратор торговой системы», Агентства по прогнозированию балансов в электроэнергетике.

Источник: «Коммерсантъ»

## **ЭНЕРГЕТИКИ ПРОТИВ ПРОМЫШЛЕННИКОВ: НАКАЗАНИЯ НЕ ИЗБЕЖАТЬ?**

Январские холода показали, что система энергообеспечения города далека от совершенства. Промышленные предприятия до сих пор подсчитывают убытки от ограничений поставок электроэнергии. Между тем, ничего хорошего пообещать энергетикам промышленникам не могут – улучшения в сетевом хозяйстве наступят не раньше, чем через 3-4 года. И до тех пор отключения в



форс-мажорных обстоятельствах будут продолжаться.

Энергетическая безопасность промышленных предприятий и организаций Петербурга обсуждалась на заседании Межведомственного координационного совета по экономической, научно-технической и промышленной политике при правительстве города. Как заявил председатель комитета экономического развития Владимир Бланк, главные претензии промышленных предприятий связаны не с тем, что поставки электроэнергии ограничивались, а с тем, как именно это делалось. Во-первых, схема перевода предприятий с одного режима энергопотребления на другой и списки предприятий, которым ограничивают электроэнергию, устарели и не соответствуют сегодняшнему положению дел в экономике. Во-вторых, предприятия не были вовремя оповещены о том, когда и насколько будет ограничена электроэнергия.

Именно несвоевременность оповещения стала причиной того, что многие предприятия не смогли выполнить и условия энергетиков, и обязанности перед потребителями. Например, на некоторых предприятиях производство идет по технологии непрерывного цикла, и остановить его практически невозможно. Ограничения, которые были введены 23 января, стали неожиданными для многих предприятий.

Как сообщил генеральный директор ОАО «Межрегиональная распределительная сетевая компания Северо-Запада» Вениамин Пинхасик, списки потребителей, потребление электроэнергии для которых ограничивается, будут пересмотрены в течение трех месяцев, и в первую очередь из них будут исключены социально-значимые объекты. При этом он пояснил, что и в период холодов принудительно никого от электроэнергии не отключали, поэтому фактически режим экономии не был выполнен в полной мере. В связи с этим, у «Петербургской сбытовой компании» возникают претензии к тем предприятиям, которые не только не снизили энергопотребление, а в ряде случаев даже увеличили его. Заместитель гене-

рального директора «Петербургской сбытовой компании» Александр Меркулов, заявил, что к тем предприятиям, которые хотя бы частично выполняли требования энергетиков, никаких претензий предъявляться не будет, а вот с тех, кто просьбы проигнорировал в принципе – будет особый спрос. Бланк, в свою очередь, заявил, что в связи с нарушением порядка оповещения те предприятия, которые не выполняли требования 23 и 24 января, никаких претензий предъявляться не должно.

Недовольство руководителей промышленных предприятий вызывает также то, что ни один из торговых центров не испытывал недостатка в электроэнергии во время холодов. А вот завод «Арсенал», который входит в список стратегических предприятий и выполняет оборонный заказ, должен был ограничить потребление электроэнергии.

Как сообщил председатель Союза промышленников и предпринимателей Вахтанг Ковешников, только убытки в результате оплаты работникам за время простоя составят 120-150 миллионов рублей. За 4-5 дней убытки, например, «Адмиралтейских верфей» составили 18 миллионов рублей, «Светланы» - 9 миллионов, завода имени Климова – 14 миллионов, завода «Красный октябрь» - 5 миллионов рублей. На «Кировском заводе» в результате ограничений поставок газа был потерян несколько крупных контрактов.

По словам Вениамина Пинхасика, нехватки в выработке электроэнергии не было, а вот сети были не готовы эту электроэнергию доставлять потребителю. В городе принята Среднесрочная программа развития, реконструкции и строительства сетей, в которую город совместно с РАО «ЕЭС» вложит 26 миллиардов рублей. Однако, по словам председателя комитета по энергетике Александра Боброва, реальные улучшения можно будет почувствовать только через 3-4 года. Владимир Бланк на это сказал, что «Ленэнерго» могло бы направлять на инвестиции в электросетевое хозяйство большую часть своей прибыли.

Одним из главных требований, которые предъявляют власти к энергетикам – разработать форму публичного договора с предприятиями, которая бы четко регламентировала взаимоотношения энергетических компаний и промышленности, и не допускала бы повторения подобных форс-мажорных ситуаций. Энергетики обещали над этим работать.

*Фонтанка.ру*

## ПУТИН ИЩЕТ ЧАСТНЫХ ИНВЕСТОРОВ

Кремль в связи с повторяющимися проблемами в энергоснабжении, очевидно, готов теперь реформировать сектор электроэнергетики страны. Первый шаг в этом направлении сделал президент России Владимир Путин во время встречи с Анатолием Чубайсом, председателем находящегося под государственным контролем электроэнергетического монополиста РАО «Единые энергетические системы» (ЕЭС). Он дал указание правительству облегчить для иностранных частных инвесторов выход на российский рынок электроэнергетики.

«Дефицит в снабжении электроэнергией может помешать экономическому росту», - предупредил Путин относительно далеко идущих последствий для российской экономики, если в сектор электроэнергетики уже в ближайшее время не пойдут инвестиции, измеряемые миллиардами долларов.

По прогнозам РАО «ЕЭС России», в 2007 году уровень потребления электроэнергии будет выше, чем ее производство. Эта разница будет с каждым годом расти. Мощностей электростанций будет не хватать для снабжения страны, насчитывающей 143 миллиона жителей.

Чубайс, снижавший себе как главный приватизатор России в 90 годы сомнительную репутацию, хочет реформировать сектор электроэнергетики коренным образом. РАО «ЕЭС России», самый крупный в мире электроэнергетический концерн, 52,68 процента акций которого держит государство, должно быть разрушено и приватизировано. В РАО должны появ-

виться 21 независимый производитель электроэнергии, пять сбытовых акционерных обществ и компания-оператор сетей, находящаяся в государственной собственности.

Конкуренция между частными производителями электроэнергии приведет к стабильному росту производства электроэнергии и притоку в электроэнергетический сектор миллиардных инвестиций - такова идея. План кажется слишком хорошим. Проблема в том, что государство пока не решило, в какой мере можно допустить в этом секторе рыночные отношения.

Во всяком случае, министр энергетики Виктор Христенко сказал, что государство тоже увеличит свое присутствие в энергетическом секторе. Так, план предусматривает строительство 40 атомных реакторов на 50 миллиардов евро. Между тем десять атомных электростанций, действующих в стране, принадлежат не РАО «ЕЭС России», а государственной империи «Росатом».

Чубайс надеется получить в ближайшие годы не менее трех миллиардов долларов США за счет дополнительной эмиссии акций производителей электроэнергии, которые уже выделены из РАО, и ценные бумаги которых котируются или будут котироваться в скором времени на фондовом рынке. Критики упрекают его в том, что приватизация преследует лишь цель закрепить за некоторыми топ-менеджерами РАО «ЕЭС России» господство над приватизированным имуществом.

Реформа в электроэнергетике зрела уже дано. Международное агентство по энергетике (IEA) подсчитало, что РАО «ЕЭС России» в ближайшие 25 лет потребуются инвестиции в размере 315 млрд. евро. 60 процентов оборудования выработало свой ресурс. Россия в настоящее время инвестирует в год четыре миллиарда евро.

В каком плачевном состоянии находятся сети, продемонстрировало масштабное отключение электроэнергии в мае в Москве. Чтобы избежать этого в масштабах всей страны, РАО «ЕЭС России» принудительно отклю-

чало в январе и феврале электроэнергию для предприятий.

Потенциальные иностранные инвесторы осторожно наблюдают за попытками реформирования. Их интересует среди прочего вопрос, будет ли осуществляться государственное регулирование тарифов на электроэнергию и в будущем. Путин, в частности, опасается, что в случае, если цены на электроэнергию будут отпущены, а затем резко повышены, начнутся социальные волнения.

РАО «ЕЭС России», в котором работают 670000 человек, является гигантом в области снабжения. РАО имеет 2,5 миллиона километров линий электропередачи, по которым электроэнергия с 400 электростанций распределяется по всей России с ее одиннадцатую часовыми поясами.

Электроэнергетический монополист производит до 70 процентов электроэнергии в России. Концерн, оборот которого составил в 2004 году 19,7 млрд. евро, а чистая прибыль 926 млн. евро, оценивается на фондовом рынке в 17 млрд. евро.

Россия занимает после США, Китая и Японии четвертое место на электроэнергетическом рынке мира.

*«Die Presse», Австрия*

## **«СИБНЕФТЬ-НОЯБРЬСК-НЕФТЕГАЗ» БУДЕТ РАЗВИВАТЬ СОБСТВЕННОЕ ЭНЕРГОХОЗЯЙСТВО**

По прогнозам энергетиков компании «Сибнефть-Ноябрьскнефтегаз», дальнейший рост объемов добычи нефти приведет к 2008 году к дефициту мощности 120-130 мегаватт в год.

Как сообщает агентство «Север-Пресс», компанией принято решение создать самостоятельное предприятие, основной задачей которого будет модернизация мощностей и строительство электростанций. Для этого специалистами ООО «Ноябрьскэнерго-нефть» разработана программа, рассчитанная на 10 лет. Приоритет отдан газотурбинным или паровым установкам, передает РИА ТЭК.

*RusEnergy*

## **ПРЕДПРИНИМАТЕЛИ НЕ ИНТЕРЕСУЮТСЯ НОВЫМИ ИСТОЧНИКАМИ ЭНЕРГИИ**

Опыт показывает, что предприниматели не интересуются новыми источниками энергии, а к энергосберегающим технологиям относятся с подозрением. Например, специалисты Ростовского центра трансфера технологий, который был образован на базе пяти ведущих вузов юга России в 2005 году, еще не получал запросов на разработку проектов энергосбережения.

Между тем, по мнению ученых, Ростовская область, имея обширные степные пространства, могла бы стать новой Голландией и широко использовать энергию ветра. Энергосберегающие технологии пригодятся в любой отрасли. Крупнейшим потребителем мог бы стать муниципалитет с заказом на энергосберегающие технологии при освещении улиц. А также компании, оказывающие коммунальные услуги.

«Я не помню случая, чтобы руководители предприятий обращались к нам напрямую с такой просьбой. Я думаю, что на сегодняшний день энергосберегающие технологии не очень дешевы, потому что, например, ветроэнергетические установки по стоимости довольно высоки. Потенциальному потребителю проще подключиться к имеющимся электропередам, чем пытаться получить электроэнергию из ветра», - рассказал Александр Панич, исполнительный директор Центра трансфера технологий.

Раньше государство контролировало неэкономных собственников. В 1996 году был принят федеральный закон «Об энергосбережении», который потребовал от предприятий обязательной оптимизации энергозатрат. Однако в 2004 году прошла административная реформа и Ростехнадзор лишился надзорных функций. Сегодня закон остается в силе, но Ростехнадзор отвечает только за безопасную эксплуатацию энергоустановок. В итоге требования экономии к предприятиям остались, а ответственного за контроль - нет.

«Государством принято решение, что вопросы экономии топливно-энергетических ресурсов - это вопросы соб-

ственника. Закон об энергосбережении никто не отменял. В развитие этого закона минтопэнерго в том виде, в котором он существовал, разработал нормативные документы, включая правила проведения энергетических обследований. Приказами минтопэнерго были установлены требования к проведению энергетических обследований, существующая система госстандартов, которая сегодня действует и определяет подходы и правила составления технических паспортов», - рассказал Алексей Бондарев, заместитель руководителя Управления по технологическому и экологическому надзору Ростехнадзора по Ростовской области.

Энергосберегающими технологиями все равно придется воспользоваться. «Я думаю, что это вопрос времени, потому что известно, что наступает эпоха инновационной деятельности, известно, что запасы исчерпаемы. К этим технологиям все равно обращаться будут», - добавил Панич.

*Интернет-канал «Дон-ТР»*

## «ЛЕНЭНЕРГО» НАЧАЛО ПРОГРАММУ СЕРТИФИКАЦИИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

ОАО «Ленэнерго» приступило к выполнению программы по сертификации электроэнергии. Оценка качества энергии будет проведена более чем на 330 центрах питания (подстанциях от 6 кВ и выше) системы ОАО «Ленэнерго». Программа сертификации рассчитана на 2 года.

По итогам открытого конкурса, состоявшегося в конце января 2006 г., сертификацию электроэнергии проведет автономная некоммерческая организация «Лабораторные испытания – орган сертификации».

Сертификация электроэнергии проводится в соответствии с постановлением правительства №291 от 6 мая 2005 г. и призвана обеспечить соответствие поставляемой потребителям энергии требованиям ГОСТа.

*dp.ru*

## РАБОТНИКОВ СУБРА БУДУТ ПОощРЯТЬ ЗА ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ

Новая система мотивации труда введена с конца февраля на ОАО «Северо-уральский бокситовый рудник», — сообщили АПИ на предприятии. Коллективы шахт будут награждаться за лучшие показатели по энергосбережению.

Как отметил главный энергетик СУБРА Василий Молодцов, в 2002 году при плановых платежах за электроэнергию в 264 миллиона рублей предприятие вышло на цифру в 241 миллион. При росте тарифов в 2003 году СУБР заплатил 227 миллионов рублей, а в 2004 году - 216 миллионов. Тарифы на электричество постоянно растут, поэтому мероприятия и дальше будут приносить пользу. Если в 2001 году доля энергоресурсов в общей себестоимости составляла 18,6%, то на конец 2004 года цифра составила 10,4%, а доля электроэнергии с 13,4 упала до 7,2%.

Василий Молодцов подчеркнул, что практика показывает — кто начал работы по энергосбережению раньше, тот оказался в более выгодном положении.

*Информационное агентство АПИ*

## ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ КОМПАНИИ ПРЕДСКАЗЫВАЮТ ВОЗВРАЩЕНИЕ К УГЛЮ

Мир находится на пороге массового перехода с газа на уголь в качестве предпочтительного топлива для электростанций. Таков прогноз Alstom, Siemens и General Electric – трех крупнейших производителей оборудования для электростанций.

Независимые прогнозы французской компании Alstom и немецкой Siemens показывают: что касается турбин для электростанций, то в следующем десятилетии около 40% заказов будет на турбины, работающие на угле, а доля газовых электростанций сократится на 25-30%.

Филипп Жубер, президент энергетического отдела Alstom, отметил: «Структура энергетического рынка переживает радикальный переход с газа на уголь».

Статистика Siemens указывает на аналогичный вывод, а General Electric ожидает «более сбалансированной картины» в отношении заказов на оборудование, указывая, что доля газа сократится по сравнению с настоящим временем. Это изменение – следствие технологических изменений, которые позволяют сократить уровень загрязнения от электростанций, работающих на угле, а также разочарования газом как топливом.

Налицо обеспокоенность по поводу роста цен на газ и тревоги за безопасность поставок, усилившиеся недавним расколом между Россией и Украиной по поводу цены на газ. Многие страны в Азии, откуда, как ожидается, в следующие 10 лет поступит половина заказов на новые электростанции, лишены открытого доступа к газовым резервам.

Возрождение угля как основного топлива для получения электричества – это полное изменение тенденций последнего времени. Интерес к газу и заказ оборудования для газовых электростанций были особенно интенсивными в 1997-2001 годах, когда газ был преимущественным топливом для 60-70% новых электростанций, а уголь – для 20-30%.

Alstom и Siemens ожидают, что в следующем десятилетии расходы на оборудование новых электростанций будут составлять 50 млрд. долларов в год.

Отказ от газа выгоднее для Alstom, чем для двух ее конкурентов. Французская компания получает больше доходов от продажи паровых турбин и котлов, работающих на угле, чем немецкая и американская компании.

General Electric вообще может понести убытки. Несмотря на то, что компания – крупный производитель паровых турбин и имеет сильные позиции в сфере атомной и ветряной энергетики, она в значительной степени сосредоточена на производстве газовых турбин.

Все три компании полагают, что переход на уголь будет особенно выигранным в Соединенном Королевстве, где он станет самым популярным топливом для электростанций в ближайшем десятилетии.

*Financial Times, Великобритания*



# НОВОСТИ ЭНЕРГЕТИКИ

## СТАТИСТИКИ ОТЧИТАЛИСЬ ЗА ПРОШЛЫЙ ГОД

Производство электрооборудования, электронного и оптического оборудования в 2005 году.

Индекс производства электрооборудования, электронного и оптического оборудования в 2005г. по сравнению с 2004г. составил 120,7%, в декабре 2005г. по сравнению с соответствующим периодом предыдущего года — 126,0%.

### ДИНАМИКА ПРОИЗВОДСТВА ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ, ЭЛЕКТРОННОГО И ОПТИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

|                        | В % к                                     |                     |
|------------------------|---|---------------------|
|                        | соответствующему периоду предыдущего года | предыдущему периоду |
| <b>2004г.</b>          |   |                     |
| Январь                 | 120,7                                     | 80,8                |
| Февраль                | 117,5                                     | 118,3               |
| Март                   | 130,7                                     | 110,7               |
| <b>I квартал</b>       | <b>123,1</b>                              | <b>96,7</b>         |
| Апрель                 | 133,1                                     | 103,6               |
| Май                    | 124,3                                     | 89,1                |
| Июнь                   | 131,6                                     | 117,2               |
| <b>II квартал</b>      | <b>129,8</b>                              | <b>114,1</b>        |
| <b>I полугодие</b>     | <b>126,6</b>                              |                     |
| Июль                   | 137,3                                     | 93,9                |
| Август                 | 153,4                                     | 108,9               |
| Сентябрь               | 135,4                                     | 110,8               |
| <b>III квартал</b>     | <b>141,5</b>                              | <b>110,1</b>        |
| <b>Январь-сентябрь</b> | <b>131,7</b>                              |                     |
| Октябрь                | 131,6                                     | 105,5               |
| Ноябрь                 | 138,5                                     | 89,0                |
| Декабрь                | 154,2                                     | 126,6               |
| <b>IV квартал</b>      | <b>141,4</b>                              | <b>116,5</b>        |
| <b>Год</b>             | <b>134,5</b>                              |                     |
| <b>2005г.</b>          |   |                     |
| Январь                 | 128,0                                     | 67,0                |
| Февраль                | 114,6                                     | 106,0               |
| Март                   | 125,4                                     | 121,2               |
| <b>I квартал</b>       | <b>122,5</b>                              | <b>83,8</b>         |
| Апрель                 | 117,3                                     | 96,9                |
| Май                    | 110,0                                     | 83,5                |
| Июнь                   | 135,4                                     | 144,3               |
| <b>II квартал</b>      | <b>121,5</b>                              | <b>113,1</b>        |
| <b>I полугодие</b>     | <b>122,0</b>                              |                     |
| Июль                   | 115,4                                     | 80,0                |
| Август                 | 107,0                                     | 101,0               |
| Сентябрь               | 121,4                                     | 125,6               |
| <b>III квартал</b>     | <b>114,8</b>                              | <b>104,0</b>        |
| <b>Январь-сентябрь</b> | <b>119,3</b>                              |                     |
| Октябрь                | 103,2                                     | 89,7                |
| Ноябрь                 | 144,2                                     | 124,4               |
| Декабрь                | 126,0                                     | 110,6               |
| <b>IV квартал</b>      | <b>123,8</b>                              | <b>125,6</b>        |
| <b>Год</b>             | <b>120,7</b>                              |                     |

### ПРОИЗВОДСТВО ОТДЕЛЬНЫХ ВИДОВ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ, ЭЛЕКТРОННОГО И ОПТИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

|  | 2005г. | В % к 2004г.   |                | В % к         |       |
|--|--------|----------------|----------------|---------------|-------|
|  |        | Декабрь 2005г. | декабрю 2004г. | ноябрю 2005г. |       |
| Производство офисного оборудования и вычислительной техники                  |        | 102,4          |                | 105,4         | 132,2 |
| средства вычислительной техники, млн.рублей                                  | 5674   | 101,8          | 745            | 105,3         | 132,9 |
| контрольно-кассовые аппараты, тыс.штук                                       | 264    | 99,9           | 28,7           | 109,5         | 110,2 |
| Производство электрических машин и электрооборудования                       |        | 105,9          |                | 119,8         | 100,4 |
| генераторы к паровым, газовым и гидравлическим турбинам, тыс.кВт             | 7097   | 186,2          | 508            | 85,6          | 60,4  |
| генераторы переменного тока мощностью свыше 100 кВт, тыс.кВт                 | 442    | 113,6          | 55,1           | 149,7         | 93,9  |
| электродвигатели переменного тока с высотой оси вращения 63-355 мм, тыс.штук | 723    | 89,8           | 68,1           | 102,0         | 103,0 |
| электродвигатели малой мощности, тыс.штук                                    | 2940   | 103,1          | 289            | 117,0         | 106,4 |
| электромашины крупные, штук  | 4366   | 109,8          | 478            | 148,9         | 131,7 |
| электродвигатели крановые, тыс.кВт   | 388    | 114,9          | 35,4           | 112,4         | 116,8 |
| преобразователи силовые, тыс.кВт   | 4146   | 131,9          | 452            | 173,6         | 112,0 |
| аккумуляторы и аккумуляторные батареи свинцовые автомобильные, тыс.штук      | 5686   | 96,2           | 662            | 112,2         | 96,9  |
| аккумуляторы и аккумуляторные батареи щелочные, млн.ампер-часов              | 233    | 86,9           | 20,2           | 79,4          | 102,1 |
| электrolампы осветительные, млн.штук   | 564    | 73,1           | 60,7           | 97,5          | 104,3 |
| силовые трансформаторы, млн.кВа  | 21,3   | 131,4          | 1,9            | 125,1         | 103,7 |
| кабели телефонной связи, тыс.км  | 228    | 93,1           | 29,9           | 188,9         | 117,5 |
| кабели силовые гибкие, тыс.км  | 161    | 97,9           | 13,5           | 95,2          | 103,6 |
| провода обмоточные и эмалированные, тыс.тонн                                 | 43,7   | 94,6           | 3,6            | 106,8         | 92,6  |

ИА INFOLine

**Киреевой Э. А**



## ПРИОРИТЕТ ОТДАЕМ НАДЕЖНОМУ ОБОРУДОВАНИЮ

ОАО «Славнефть-Ярославнефтеоргсинтез» (ЯНОС) – крупнейшее нефтеперерабатывающее предприятие Северного региона России с мощностью переработки более 14 миллионов тонн нефти в год. Ассортимент выпускаемой продукции включает в себя свыше 100 наименований. В XXI век ОАО «Славнефть-Ярославнефтеоргсинтез» вступило стабильно работающим, перспективно развивающимся производством, успешно конкурирующим на внутреннем и внешнем рынках. У ярославских нефтепереработчиков установлено деловое сотрудничество со всеми регионами страны и более чем с десятью странами мира. Его продукцию потребляют практически все крупные компании Центрального и Северо-Западного регионов страны. Среди них Северная железная дорога, аэропорты Шереметьево, Внуково, Домодедово, предприятия ВПК России. В течение последних лет на ЯНОСе осуществляется крупномасштабная программа реконструкции производства. О развитии энергетического хозяйства на предприятии рассказывает главный энергетик ОАО «Славнефть-Ярославнефтеоргсинтез» Сергей Леонидович Егоров.

*- Сергей Леонидович, какие проблемы стоят сейчас перед энергетиками завода и что уже сделано за время реконструкции?*

- В связи с расширением производства вступила в действие главная понизительная подстанция ГПП-9 напряжением 110/35/6 кВ с двумя трансформаторами мощностью 40 МВ·А каждый. Это дало возможность более рационально распределить нагрузки и подготовиться к дальнейшей модернизации.



При замене используем электрооборудование как отечественных производителей, так и импортное. Приоритет отдаем надежному оборудованию. Это связано с тем, что технологические процессы производства отличаются сложностью и имеют непрерывные циклы. Поэтому главная проблема в электроснабжении завода – это применение ново-



го, надежного и безопасного электрооборудования, отвечающего современным требованиям сложного, многоименного, непрерывного производства.

- Приведите, пожалуйста, конкретные примеры.

- Пожалуйста. На напряжении 0,4 кВ заменяем неизолированные провода на СИП – самонесущие изолированные провода, отличающиеся высокой надежностью и бесперебойностью энергообеспечения (исключаются КЗ из-за схлестывания проводов), отсутствием гололедообразования на проводах, снижением потерь электроэнергии, уменьшением объема аварийно-восстановительных работ и т. д.

Применяем кабели с изоляцией из сшитого полиэтилена (СПЭ), которые заменяют морально устаревшие кабели с пропитанной бумажной изоляцией (БПИ). Опять-таки кабели из СПЭ имеют более высокую надежность в эксплуатации, низкие диэлектрические потери, большую пропускную способность, низкую допустимую температуру при прокладке и др. Поставками кабелей с изоляцией из СПЭ на наш завод занимается фирма АВВ.

Из низковольтных комплектных устройств (НКУ) применили, например, «Неву» (изготовитель ОАО «ПО ЭЛТЕХНИКА»), которые отличаются высокой надежностью, простым, удобным и безопасным обслуживанием.

- Используете ли Вы в системах электроснабжения БАР – быстродействующие устройства автоматического включения резерва? Ведь на заводе есть СД на 6 кВ, и применять штатные устройства АР нерационально.

- Да, занимались мы этим вопросом, но пока не пришли к окончательному решению. Дело в том, что мы хотели вначале применить американские БАРы. Началась переписка, в результате которой мы так и не получили ответы на наши вопросы. Сейчас договариваемся с фирмой АВВ.

- Но ведь отечественные БАРы также имеют очень высокие технические характеристики. В первую очередь по времени переключения СД на «здоровую» секцию. Например, в устройствах ООО «Современные Электротехнические Системы» оно составляет всего 60 мсек. Кстати ска-

зать, эта же организация разработала динамические компенсаторы, которые обеспечивают нормальную работу оборудования при провалах напряжения.

- Попробуем получить от них технические характеристики по БАРам и динамическим компенсаторам. Будем сравнивать, выбирать. У нас имеются ежегодные планы повышения надежности электроснабжения, в которых отражены конкретные мероприятия, источник финансирования, исполнитель и срок выполнения этих мероприятий. Так, например, на 2006 г. планируется:

- ◆ строительство кабельных эстакад для выноса силовых и контрольных кабелей на установках ЛИ-150ПК-1,2; ЛГ-35/11ПК-1, ПК-1, ВУ-1; Л-35/6ПК-1÷7;
- ◆ вынос из-под земли электрокабелей МЦК;
- ◆ замена электрооборудования РУ-6 кВ и 0,4 кВ;
- ◆ обеспечение ИБП третьим вводом;
- ◆ изменение схем защиты минимального напряжения, схем управления и защиты электродвигателей (ТП-545, ТП-613);
- ◆ внедрение токовой блокировки 0,4 кВ (ТП-109, ТП-433);
- ◆ замена шкафа «ШУОТ» на «Тирсот».

- Измеряли ли Вы на заводе показатели качества электроэнергии? Ведь известно, что качество электроэнергии оказывает на электрооборудование и освещение определенное влияние. Например, срок службы полностью нагруженного АД при несимметрии напряжения, равной 4%, сокращается в 2 раза.

- Вопросами качества электроэнергии на заводе мы пока не занимались.

- Проводится ли у Вас на заводе диагностика электрооборудования?

- У нас имеются пирометры и инфракрасная камера. Диагностику электрооборудования мы проводим, но сказать, что вопросы диагностики уже решены не можем. В этом направлении мы работаем.

- Сергей Леонидович, у Вас был пожар в двух ячейках, где стояли вакуумные выключатели серии ВВ/TEL производства РК Таврида Электрик. Эти выключатели рекомендовали себя надежным оборудованием с большим сроком службы. Что же у Вас произошло?

- Да, действительно, произошел пожар в двух ячейках, где были установлены вакуумные выключатели ВВ/TEL на 6 кВ. Мы вызывали представителей из РК Таврида Электрик, которые посчитали, что возгорание произошло по нашей вине: не до конца «вкатили» выкатную тележку. Но мы с этим не согласны. Сейчас устанавливаем вакуумные выключатели Саратовского завода «Контакт» и элегазовые выключатели фирмы АВВ. Кстати на новой ГПП-9 мы также установили очень компактные элегазовые выключатели на 110 кВ фирмы АВВ.

## НОВЫЕ РАЗРАБОТКИ В ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Ведущие отечественные предприятия электротехнической промышленности во втором квартале 2005 года вели разработки новых видов инновационной продукции либо совершенствовали существующие технологии производства.

ОАО «Чеховский завод энергетического машиностроения» продолжало проектирование и производство трубопроводной арматуры. Кроме того, в 2005 году предприятие планировало ввод в действие производства по изготовлению автоматических газораспределительных станций для ГТ ТЭЦ с годовым объемом производства до 160 млн. руб.

Новые разработки компании проводились в сфере проектирования и освоения производства запорной арматуры, арматуры БЗОК для АЭС и автоматических газораспределительных станций для ГТ ТЭЦ.

По информации издания «Промышленник России», «Нальчикский завод высоковольтной аппаратуры» осуществлял бизнес план на 2004-2008 годы по разработке и внедрению новых высоковольтных выключателей для электроэнергетического комплекса и электроподвижного железнодорожного транспорта. Работа над проектом велась предприятием совместно с «ВЭЛНИИ» (Новочеркасск), «Вакуумные технологии» (Рязань), ОАО НПО «НЭВЗ» (Новочеркасск), ВЭИ им. Ленина (Москва) при непосредственной финансовой поддержке ОАО «РЖД». Основными направ-

лениями разработок являлось создание новых типов выключателей нагрузки на 10 кВ для электроэнергетики и выключателей однополюсных высоковольтных вакуумных на 25кВ для электровозов и электропоездов.







ОАО «Дивногорский завод низковольтной аппаратуры», по данным предприятия, начало разработку и освоение новых видов продукции по профилю низковольтных комплектных устройств. К ним относились вводно-распределительные устройства ВРУ, электротехнические щиты типа ЩО-70, пункты распределительные ГГР8503 с выключателями ВА 61-29 на бКА; распределительные устройства сборные РУС-М в новых оболочках; комплектные трансформаторные подстанции КТП, камеры сборные одностроннего обслуживания КСО.

Для замены старого оборудование и на новые производственные линии для изготовления новых видов устройств в 2005 году планировалось затратить 11,3 млн. рублей.

В 2005 году на ОАО «Электроаппарат» была начата разработка автоматических выключателей серии ВД125 на токи от 16А до 125А с ПКС 25 кА, автоматических выключателей на токи до 250А (ВА59-35), термовыключателей для плит с предполагаемым объемом реализации 26 млн. рублей. В соответствии с планом НИОКР на 2005 год была также запланирована разработка четырехполюсных выключателей ВДТ УЗО-Д40, трубчатых предохранителей ПП35. Разработка новых изделий, как планирует предприятие, позволит увеличить прибыль за 2005 год на 15-20% по сравнению с 2004 годом.

«Чебоксарский электроаппаратный завод» в 2004 году и в первом квартале 2005 года проводил работы по освоению двух новых изделий - блока включения БВ-2 (220В) и инкубатора И-110. Затраты на техническую подготовку производства составили более 1,1 млн. рублей и затраты на техническое перевооружение производства - 2,8 млн. рублей. «ЧЭАЗ» также вел разработку вентильных электродвигателей с редкоземельными постоянными магнита-

ми, осваивало выпуск комплектного электропривода ДВФ 77 для вентилятора отопителя автомобиля на базе вентильной электрической машины с возбуждением от постоянных магнитов совместно с отечественными предприятиями ЗИЛ и ГАЗ.

Завод в 2005 году планировал довести объем продаж намагничивающего оборудования до 7-8 млн. рублей, и электродвигателей - до 10 млн. рублей. По прогнозам предприятия, общий объем продаж этих изделий в 2010 году должен составить 110 млн. рублей.

К крупным научно-исследовательским совместным проектам российских компаний можно отнести разработку новой газотурбинной энергетической установки «ГТЭ-180». Она начала создаваться в сотрудничестве компаний, в том числе Ленинградского металлического завода, ОАО «Авиадвигатель», Всероссийского теплотехнического института и РАО «ЕЭС России». Основным топливом газотурбинной установки будет природный газ.

ОАО «РЖД» разместило на отечественных предприятиях транспортного машиностроения ряд крупных заказов на производство электровозов и электропоездов в 2005 году. Примерно 75% новых электропоездов будет произведено Демидовским заводом, который сотрудничает с компанией «Силовые машины». Основное производство электровозов будет сконцентрировано на предприятии НЭВЗ (Новочеркасск).

Производство силовых трансформаторов увеличилось во втором квартале 2005 года более чем на 35% в сравнении со вторым кварталом 2004 года. Июньский энергокризис в Московском регионе, вероятно, будет способствовать увеличению заказов на производство силовых трансформаторов РАО «ЕЭС» и региональными энергокомпаниями.

*По материалам компании «ЭМХО».*

Киреева Э. А.

## СОВРЕМЕННЫЕ УСТАНОВКИ КОМПЕНСАЦИИ РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ, ПОВЫШАЮЩИЕ НАДЕЖНОСТЬ И ЭКОНОМИЧНОСТЬ В СИСТЕМАХ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

Передача из энергосистемы к потребителю значительного количества реактивной мощности для обеспечения нормальной работы асинхронных двигателей, трансформаторов и другого электрооборудования нерациональна по следующим причинам:

- ✓ уменьшается пропускная способность электрической сети;
- ✓ увеличиваются потери активной мощности во всех элементах системы электроснабжения;
- ✓ увеличиваются потери напряжения в питающей сети.

Поэтому на промышленных предприятиях применяют компенсирующие устройства, являющиеся источниками реактивной (емкостной) мощности. К таким устройствам относятся установки компенсации реактивной мощности (КРМ). Ниже рассмотрены некоторые конкретные примеры таких установок.

- ❶ Производственное объединение ОАО «ПО Элтехника» выпускает установки КРМ-0,4, (фото1) имеющие следующие преимущества по сравнению с другими установками аналогичного действия за счет использования:



Фото 1. Установка КРМ-0,4

- ✓ трехфазных, сухих, силовых конденсаторов немецкой фирмы «ELECTRONICON», обладающих способностью к самовосстановлению после пробоя в диэлектрике; конструкция диэлектрика обеспечивает не только восстановление своих свойств после пробоя, но и экологическую безопасность, незначительные диэлектрические потери;
- ✓ специализированных контроллеров фирм «ELECTRONICON» или «LOVATO», обеспечивающих автоматическое регулирование  $\cos \phi$ , сигнализацию при неисправностях и недопустимых отклонениях параметров электрической сети, контроль содержания в сети высших гармоник тока и напряжения;
- ✓ специализированных контакторов с контактами опережающего включения и токоограничивающими резисторами для ограничения коммутационных токов, увеличивающих срок службы конденсаторов.

Установки КРМ-0,4 предназначены для автоматического регулирования коэффициента мощности в распределительных сетях трехфазного переменного тока частотой 50 Гц и напряжением 400 В. (Табл. 1)

**Таблица 1. Технические характеристики установок КРМ-0,4**

|  |          |
|--|----------|
| Номинальное напряжение, В                  | 400      |
| Наибольшее рабочее напряжение, В           | 450      |
| Номинальная мощность, квар                 | 35...600 |
| Количество ступеней регулирования мощности | 4...12   |
| Степень защиты                             | IP21     |

Условия эксплуатации установок КРМ-0,4:

- ✓ температура окружающего воздуха  $-10...+40^{\circ}\text{C}$ ;
- ✓ высота над уровнем моря не более 1000 м;
- ✓ окружающая среда невзрывоопасная, не содержащая токопроводящей пыли, агрессивных газов или паров в концентрациях, разрушающих металлы и изоляцию.
- ② Модернизированные установки КРМ-6(10) (фото 2) также разработаны в производственном объединении «ПО Элттехника». Они производятся в унифицированных корпусах ячеек КСО-6(10)-Э1 «Аврора», хорошо зарекомендовали себя в эксплуатации, могут поставляться потребителю в составе подстанции или отдельно.

Модернизированные установки КРМ, оснащенные трехпозиционными разъединителями с функцией заземления кабельной линии и конденсаторной батареи, имеют следующие преимущества перед установками подобного назначения за счет:

- ✓ использования разъединителя с многоуровневой системой блокировок, что повышает безопасность эксплуатации установок и упрощает работу оперативного персонала;
- ✓ модульного принципа построения, позволяющего наращивать мощность установки от 450 до 3150 квар путем добавления новых ячеек;
- ✓ комплектации установок высоковольтными конденсаторами фирмы ZEZ SILKO; за счет электродов конденсато-



**Фото 2. Модернизированная установка КРМ-6(10)**

ров, изготовленных из алюминиевой фольги, а также диэлектрика, которым является полипропиленовая пленка, пропитанная специальной жидкостью; применение данной конструкции значительно повысило пожаробезопасность установки; разряд конденсатора после отключения установки обеспечивается встроенными резисторами.

- ③ Конденсаторные установки низкого напряжения, регулируемые, многоступенчатые типа УКМ58М (фото 3) (поставщик: ООО «Усть-Каменогорский Конденсатор») предназначены для повышения коэффициента мощности электроустановок промышленных предприятий и распределительных сетей частоты 50 Гц, а также для автоматического регулирования реактивной мощности. Установки являются модернизированными и малогабаритными, предназначенными для поддержания постоянным заданного коэффициента мощности ( $\cos \phi$ ) в электрических распределительных трехфазных сетях промышленных предприятий и других объектов напряжением до 400 В, частотой 50 Гц. Установки УКМ58М обеспечивают заданный  $\cos \phi$  в часы максимальных и минимальных нагрузок, а также исключают режим генерации реактивной мощности.

Преимущества установок УКМ58М:

- ✓ использование специализированных контакторов с контактами опережающего включения и токоограничивающими резисторами, увеличивающими срок службы контакторов и конденсаторов;
- ✓ использование конденсаторов, имеющих способность самовосстанавливаться после пробоя в диэлектрике;
- ✓ применение специализированных регуляторов для автоматического корректирования значения  $\cos \phi$ , которые



**Фото 3. Конденсаторная установка низкого напряжения УКМ58М**

обеспечивают также сбалансированное включение конденсаторов;

- ✓ низкие массогабаритные параметры;
- ✓ регулятор обеспечивает защиту конденсаторов от перегрузки токами высших гармоник.

Применение УКМ58М позволяет снизить потери электроэнергии, повысить эффективность электроустановок и качество электроэнергии непосредственно в сетях предприятия.

Установки комплектуются конденсаторами типа КПС и имеют степень защиты IP21; мощность установок 603 квар, но может быть увеличена; климатическое исполнение УЗ (У – умеренный климат, З – закрытые помещения).

- ④ Конденсаторы и конденсаторные установки (поставщик: ЗАО «Электроинтер»). Акционерное общество «Электроинтер» является известным в России производителем всей номенклатуры комплектных конденсаторных установок, отличающихся высоким качеством и высокой надежностью. Это гарантирует:
  - ✓ высокую точность заданного коэффициента мощности при реактивных нагрузках широкого диапазона;
  - ✓ поддержание оптимального режима компенсации реактивной мощности (КРМ) в зависимости от нагрузки;
  - ✓ избирательное включение ступеней конденсаторных батарей;
  - ✓ полную адаптацию к реальным условиям.

**а)** Комплектные регулируемые конденсаторные установки навесного исполнения типа УКМ58 предназначены для повышения  $\cos\phi$  электроустановок путем автоматического регулирования реактивной мощности. Электронный регулятор управляется микропроцессором. Установки оснащены экологически безвредными конденсаторами современной конструкции. (табл.2)

**б)** Комплектные регулируемые конденсаторные установки модульного исполнения типа УКМ58. Назначение такое же, как у (а). Отличительной особенностью этих установок являются: современный дизайн, использование лучших отечественных и импортных комплектующих, применение на вводе выключателя-разъединителя, автоматическая система охлаждения вентилятором, применение медных шин. (Табл.3)

**Таблица 2. Технические характеристики установок**

|  |             |
|--|-------------|
| Номинальная мощность, квар                             | 10...80     |
| Номинальное напряжение, кВ                             | 0,4; 0,66   |
| Номинальный ток, А                                     | 14...116    |
| Ток 1,43 I <sub>ном</sub> для выбора сечения кабеля, А | 21...165    |
| Сечение медного кабеля для ввода, мм <sup>2</sup>      | 3x4...3x70  |
| Габариты, мм   | 440x270x700 |
| Температура окружающего воздуха, С                     | -40...+40   |
| Степень защиты   | IP21, IP44  |

**Таблица 3. Технические характеристики установок**

|  |                 |
|--|-----------------|
| Номинальная мощность, квар                             | 100...603       |
| Номинальное напряжение, кВ                             | 0,4; 0,66       |
| Номинальный ток, А                                     | 145...871       |
| Ток 1,43 I <sub>ном</sub> для выбора сечения кабеля, А | 207...1246      |
| Сечение медного кабеля для ввода, мм <sup>2</sup>      | 3x70...6x(3x95) |
| Габариты, мм   | 425x425x960...  |

Остальные параметры, как у (а).

**в)** Комплектные регулируемые конденсаторные установки для работы в сетях с повышенным содержанием высших гармоник типа УКМФ58 (фото 4). Назначение такое же, как у (а). Конденсаторы в каждой ступени установок защищены индуктивным трехфазным реактором, который не пропускает в конденсаторную установку гармоники с частотой выше 180 Гц (5, 7, 11, 13 и др.). В автоматическом режиме регулятор обеспечивает поддержание  $\cos\phi$  в заданных пределах 0,8...0,98. (Табл.4)

**Таблица 4. Технические характеристики установок УКМФ58**

|  |                                  |
|--|----------------------------------|
| Номинальная мощность, квар                             | 25...600                         |
| Номинальное напряжение, кВ                             | 0,4                              |
| Номинальный ток, А                                     | 36...867                         |
| Ток 1,43 I <sub>ном</sub> для выбора сечения кабеля, А | 52...1240                        |
| Сечение медного кабеля для ввода, мм <sup>2</sup>      | 3x16...4x(3x150)                 |
| Габариты, мм   | 425x425x1200...<br>2400x800x2000 |

Остальные параметры, как у (а).

**г)** Конденсаторы косинусные однофазные типа КПС являются самовосстанавливающимися и оснащенными защитой от повышенного давления. Применяются в тех областях, где необходима надежность и безопасность, являются наиболее современным решением для производства оборудования по КРМ в промышленности и сельском хозяйстве. (табл. 5)

**Таблица 5. Технические характеристики установок КПС**

|                            |                                   |
|----------------------------|-----------------------------------|
| Номинальная мощность, В    | 250, 400, 415, 450, 500, 525, 550 |
| Частота, Гц                | 50                                |
| Номинальная мощность, квар | 1,96...4,17                       |
| Номинальная емкость, мкФ   | 100...43,9                        |
| Габариты, мм               | 60x132                            |

**д)** Конденсаторы косинусные низковольтные типа КПС изготавливаются в одно- и трехфазном исполнении, являются сухими, пожаро-, взрывобезопасными, осна-





**Фото 3. Комплектная регулируемая конденсаторная установка УКМФ58**

ценными наружными резисторами. Предназначены для повышения cosφ и комплектации конденсаторных установок. (Табл. 6)

**Таблица 6. Технические характеристики конденсаторов**

|                                 |   |
|---------------------------------|---|
| Номинальная мощность, квар      | 11...80   |
| Номинальное напряжение, кВ      | 0,38; 0,4; 0,5; 0,66                              |
| Номинальная емкость, мкФ        | 43,8...1333                                       |
| Габариты, мм                    | 67x380x161...120x380x401                          |
| Диапазон рабочих температур, °С | -45...+55(У1); -45...+40(У3);<br>-60...+40(УХЛ3); |
| Допустимые перегрузки:          |   |
| - по току                       | 130% длительно                                    |
| - по напряжению                 | 110% в течение 12 часов<br>каждые 24 часа         |

е) Конденсаторы для повышения коэффициента мощности в сетях осветительных установок. Ниже приведены рекомендации по выбору конденсаторов для осветительных установок. (табл. 7)

Компенсация реактивной мощности дросселей может быть достигнута последовательным включением конденсаторов. При этом напряжение на конденсаторе будет выше номинального, поэтому конденсатор следует выбирать на напряжение 450В. При последовательном включении конденсаторов устраняется стробоскопический эффект (мерцание света).

Использование конденсаторов позволяет повысить cosφ в осветительных сетях до 0,92. Конденсаторы являются самовосстанавливающимися.

#### Литература.

1. Установки компенсации реактивной мощности. ОАО «ПО Электроника», рекламное издание. – С. Петербург, 2004.
2. Каталоги ОАО «ПО Электроника». – С. Петербург, 2005.
3. Справочная книга электрика/Под ред. В. И. Григорьева. М.: Колос, 2004.
4. Киреева Э. А. Справочные материалы по электрооборудованию (цеховые электрические сети, электрические сети жилых и общественных зданий). – М.: НТФ «Энергопрогресс», 2004.

**Таблица 7.**

| Мощность ламп, Вт  | Мощность лампы с дросселем, Вт | Параллельно включенный конденсатор, 230(250*)В, мкФ | Последовательно включенный конденсатор, 380В (450/480*) мкФ |
|--|--------------------------------|---|---|
| а) Люминесцентные лампы                                  |                                |   |   |
| 4  | 10                             | 2   | -   |
| 6  | 12                             | 2   | -   |
| 8  | 14                             | 2   | -   |
| 10   | 14                             | 2   | -   |
| 13   | 19                             | 2   | -   |
| 15   | 25                             | 4,5   | -   |
| 16   | 21                             | 2,5   | -   |
| 18   | 27                             | 4,5   | 2,9**   |
| 20   | 30                             | 4,5   | 2,9**   |
| 22   | 27                             | 5,0   | 3,2**   |
| 30   | 39                             | 4,5   | 3,0   |
| 32   | 42                             | 5,0   | 3,6   |
| 36   | 45                             | 4,5   | 3,6   |
| 38   | 48                             | 4,5   | 3,6   |
| 40   | 49                             | 4,5   | 3,6   |
| 40   | 54                             | 4,5   | 4,4   |
| 58   | 69                             | 7,0   | 5,7   |
| 65   | 76                             | 7,0   | 5,7   |
| 65   | 80                             | 9,0   | 6,8**   |
| 115  | 135                            | 18,0  | 12,2**  |
| 140  | 160                            | 18,0  | 12,7**  |
| * для люминесцентных ламп; ** в зависимости от типа ламп |                                |   |   |
| б) Ртутные лампы высокого давления                       |                                |   |   |
| 50   | 59                             | 7   | -   |
| 80   | 80                             | 8   | -   |
| 125  | 137                            | 10  | -   |
| 150  | 170                            | 20  | -   |
| 250  | 266                            | 18  | -   |
| 250  | 275                            | 32  | -   |
| 400  | 425                            | 25  | -   |
| 400  | 385                            | 35  | -   |
| 700  | 735                            | 40  | -   |
| 1000   | 1045                           | 60  | -   |
| 2000   | 2070                           | -   | 37  |
| в) Натриевые лампы низкого давления                      |                                |   |   |
| 18   | 25                             | 5   | -   |
| 50   | 62                             | 10  | -   |
| 70   | 83                             | 12  | -   |
| 90   | 113                            | 25  | -   |
| 100  | 115                            | 12  | -   |
| 135  | 175                            | 45  | -   |
| 150  | 170                            | 20  | -   |
| 180  | 220                            | 40  | -   |
| 210  | 232                            | 18  | -   |
| 250  | 275                            | 36  | -   |
| 350  | 445                            | 25  | -   |
| 400  | 450                            | 45  | -   |
| 1000   | 1090                           | 100   | -   |
| г) Металлогалогенные лампы                               |                                |   |   |
| 35   | 48                             | 6   | -   |
| 70   | 88                             | 12  | -   |
| 150  | 170                            | 20  | -   |
| 250  | 275                            | 32  | -   |
| 400  | 385                            | 35  | -   |
| 400  | 440                            | 45  | -   |
| 1000   | 1050                           | 85  | -   |
| 2000   | 2070                           | 37**  | -   |
| 2000   | 2080                           | 50**  | -   |
| 3500   | 3650                           | 100**   | -   |
| д) Натриевые лампы высокого давления                     |                                |   |   |
| 50   | -                              | 10  | -   |
| 70   | -                              | 12  | -   |
| 150  | -                              | 20  | -   |
| 250  | -                              | 36  | -   |
| 400  | -                              | 50**  | -   |
| 400  | -                              | 45**  | -   |
| 1000   | -                              | 100**   | -   |
| 1000   | -                              | 120**   | -   |

**Гамазин С.И.,**  
**докт. техн. наук,**  
**Пупин В.М.,**  
**канд. техн. наук (МЭИ)**

## НОВЫЕ УСТРОЙСТВА ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ НАДЕЖНОСТИ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ И КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ

Ключевой основой для экономического роста и улучшения промышленных уровней производительности предприятий является качество электрической энергии. Работа низковольтных электродвигателей приводов маслонасосов, вентиляторов и аналогичных механизмов, включенных в технологические защиты техпроцессов, микропроцессорной техники, систем телекоммуникаций, АСУ производственным процессом, дорогостоящего медицинского оборудования, стандартных блоков цифровых технологий и интернета часто прерывается очень короткими по продолжительности провалами и перенапряжениями питающего напряжения, которые происходят 20–30 раз в год, часто ведут к дорогостоящим экономическим ущербам, даже если они происходят за миллисекунды (1–4).

Во второй половине 1990-х годов в США и Канаде были проведены общенациональные энергетические обследования большого числа промышленных предприятий, результаты которых имели важное значение для разработки новых концепций защиты промышленного электрооборудования от провалов напряжения. Стоимость ущерба от плохого качества электрической энергии в американской экономике оценивается более чем в 150 миллиардов долларов в год (2,3).

Существующий рынок решений по улучшению качества электрической энергии сосредоточен на старой системе взглядов и норм проектирования по защите предприятий от 2–3 отключений электроэнергии в год, хотя в разных регионах в настоящее время их происходит до 10–40 (3).

Проблема, связанная с воздействием кратковременных нарушений электроснабжения (КНЭ) на работу потребителей электрической энергии, становится все более острой во всех странах по мере усложнения технологических процессов предприятий и использования средств автоматизации. Основными причинами нарушения надежности электроснабжения потребителей являются короткие замыкания в схемах внешнего (110, 220, 330, 500 кВ) и внутреннего электроснабжения. Провалы напряжения у потребителей электроэнергии настолько же неизбежны, насколько неизбежны короткие замыкания в электрических сетях, число которых растет по мере старения и изношенности электрооборудования. «Сегодня уровень износа оборудования в электроэнергетике составляет 70–80%» и «реформа электроэнергетики не дает возможности предприятиям чувствовать уверенность в завтрашнем дне» (журнал «Главный энергетик», № 11, 2005 г. С. 14 и 15).

Каждый электроприемник предназначен для работы при номинальных (или близких к ним) параметрах электрической энергии (напряжении, частоте и т. п.) и для его нормальной работы должно быть обеспечено требуемое качество электрической энергии (КЭЭ). Таким образом, КЭЭ определяется совокупностью характеристик электрической энергии, при которых приемники электрической энергии могут нормально работать и выполнять заложенные в них функции.

В общем случае низкое качество электроэнергии мы характеризуем как любые изменения в энергоснабжении, приводящие к нарушениям нормального режима работы производственного процесса или к повреждению оборудования, трансформаторов, электродвигателей.

## 1. Основные виды нарушений электроснабжения потребителей

Возмущения, снижающие КЭЭ, возникают при передаче и при распределении электроэнергии. Из-за значительной протяженности воздушные линии электропередачи подвержены воздействию атмосферных явлений (например, ветер, грозы, гололед), которые являются причинами различных типов возмущений, бросков, посадок сетевого напряжения, полного прекращения подачи электроэнергии. Длительность и степень возмущений зависят от конфигурации энергосистемы и времени, необходимого для работы РЗА.

Другие виды возмущений возникают в процессе управления энергосистемой и включают (4,7–8):

- Х неустойчивость при электропередаче, вызванную ростом угла передачи  $\delta$ ;
- Х нелинейные колебания, возникающие при насыщении силовых или измерительных трансформаторов;
- Х возникновение подсинхронных колебаний генераторов;
- Х колебания, возникающие между различными элементами сети;
- Х коммутационные перенапряжения при подключении или отключении элементов сети, фильтров, конденсаторных батарей или трансформаторов и повреждения «фаза/земля».

Последние десятилетия растет количество электрических нагрузок, ухудшающих качество энергии в сети на промышленном и бытовом уровне. Внедренный ГОСТ 13109-97, руководящие документы по КЭЭ (9) не создали требуемый механизм решения задачи обеспечения надежности и качества электроснабжения потребителей, так как эти материалы сначала приводят к штрафным санкциям по отношению к производителям и даже к потребителям, в то время как организации, занятые распределением энергии, как правило, не несут никакой ответственности в отношении мощности короткого замыкания и полного сопротивления сети, от величин которых напрямую зависят уровни провалов напряжения.

КНЭ, приводящие к нарушению электроснабжения потребителей, вызывают:

- брак продукции;
- повреждение оборудования;
- снижение производительности;
- срыв поставок продукции;
- потерю клиентов;
- травмы персонала;
- загрязнение окружающей среды.

Основные виды искажения напряжения в электрических сетях представлены на рис. 1 (4). К ним следует добавить: несинусоидальность напряжения (рис. 1 б), импульсные напряжения и перенапряжения (рис. 1 в), несимметрию.

Классификация различных видов нарушений напряжения в сети дана с целью выбора мер, наиболее подходящих для устранения вредного влияния КНЭ. Принимаемое решение зависит от структуры и конфигурации электрической сети предприятия, состава подключенных потребителей в узле нагрузки, параметров КНЭ.

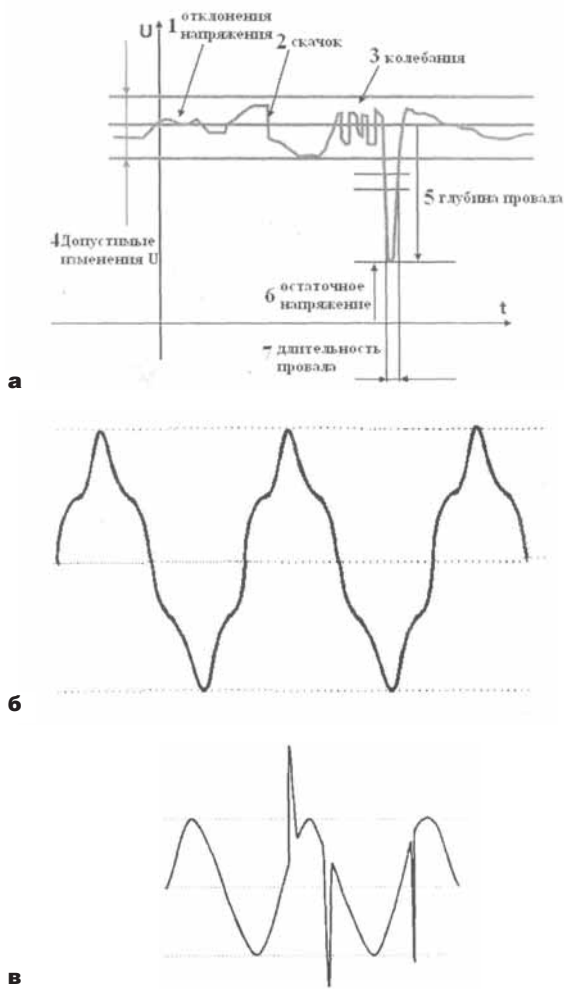
В течение многих лет пассивные фильтры использовались вместе с высокоомощными тиристорными (диодными) преобразователями. Современная силовая электроника вызывает не только ухудшение качества энергии, но характеризуется наличием собственных средств борьбы с этим ухудшением. Сейчас на рынке появились полностью управляемые вентили (ПУВ) – IGBT (биполярный транзистор с изолированным затвором), GTO (запираемый тиристор) и IGCT (запираемый тиристор с интегрированным блоком управления), которые сделали возможным производство преобразователей напряжения, способных повышать качество электроэнергии. Стали реальностью активные фильтры для низких и средних напряжений, а в ближайшие годы эта технология будет активно развиваться.

## 2. Устройства компенсации реактивной мощности

Устройства, способные поглощать и возвращать реактивную мощность, обеспечивать постоянство напряжения в сети разработаны более 40 лет назад.

В устройствах SVC (Static VAR Compensator) (4) (рис. 2) индуктивность изменяется за счет использования тиристоров (рис. 2). В состав устройств входят цепь управления реактором TCR (Thyristor Controlled Reactor – реактор с тиристорным управлением) и цепь ступенчатого подключения элементов конденсаторной батареи TSC (Thyristor Switched Capacitor – конденсаторная батарея с тиристорным переключением).

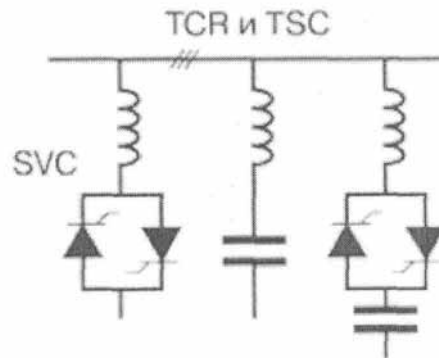
Тиристорный ключ, управляющий силой тока в реакторе, генерирует в сеть гармоники, что послужило первой причиной для включения емкостей в систему фильтров. Другая причина связана с возникновением параллельного резонанса из-за наличия емкостей в установке SVC. По экономическим причинам часто затруднительно установить фиксированную значительную емкость, что потребует также установки модуля TCR большой мощности. В таких случаях используют несколько конденсаторных батарей (модули TSC могут подключаться или отключаться по от-



**Рис. 1. Различные виды искажений напряжения в сети: а) 1 – отклонения напряжения; 2 – скачок напряжений; 3 – колебания; 4 – допустимые изменения; 5 – глубина провала; 6 – остаточное напряжение при провале; 7 – длительность провала; б) несинусоидальность напряжения; в) импульсные напряжения.**

дальности), а модуль TCR будет значительно меньшей мощности и обладать функцией управления реактивной мощностью.

В системах промышленного электроснабжения устройства SVC служат для поддержания напряжения на шинах 6 (10) кВ при провалах напряжения, вызванных КЗ в цепях 110 (35) кВ. Устройства SVC ограничивает колебания напряжения на шинах 6 (10) кВ, а гармонические составляющие снижаются фильтрокомпенсирующими устройствами, состоящими из емкостей и реакторов, при этом улучшается и  $\cos \phi$  установки. Фильтро-компенсирующие цепи устройства SVC чаще настраиваются на частоты 250, 350 Гц, характеризуются высокими перенапряжениями в переходных процессах и поэтому требуют выключатель, способный работать с этими перенапряжениями при коммутациях.



**Рис. 2. Схема установки SVC**

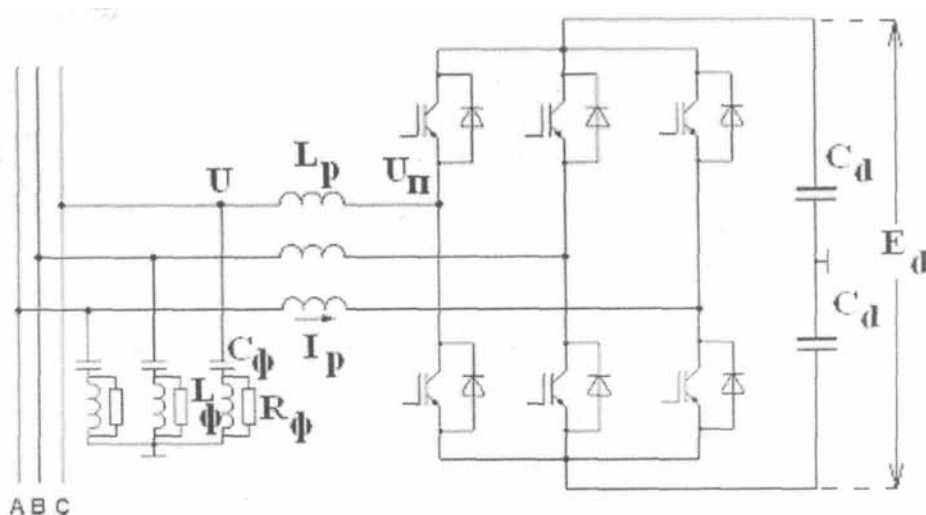
Быстродействующая компенсационная система состоит из быстро и плавно изменяющейся индуктивной мощности и постоянной емкостной мощности. Часть системы с плавно изменяющейся индуктивной мощностью работает в противофазе с постоянно включенной емкостной реактивной мощностью и таким образом снижает изменения реактивной мощности от электрической системы и напряжения в месте подключения SVC. Кроме того, поддерживается постоянным заданный коэффициент мощности. Это выполняется с помощью реактора с тиристорным управлением (TCR), ток которого за счет быстродействующей системы управления может плавно регулироваться от 0 до номинальной величины.

При открывании тиристорov на амплитуде синусоидального напряжения системы, в реакторе течет чистый синусоидальный индуктивный ток. Величина этого тока определена индуктивностью фазы силового реактора. Задерживая время открытия тиристорov от максимума напряжения, реактивный ток может быть уменьшен. Если потребуется, контроль может осуществляться независимо на всех трех фазах установки. Устройство SVC снижает падение напряжения примерно от 20 до 30% при реактивной мощности 20 Мвар. Среднемесячный коэффициент мощности трехфазной сети составит не менее 0,98. Для устройства SVC температура окружающей среды в контейнерном исполнении – max. +40°C, min +5°C, наружного исполнения – max. +40°C, min – 35°C, а полные потери мощности устройства 40 кВт.

В последнее время более широкое применение нашли преобразовательные установки, выполненные на ПУВ. На рис. 3 (5) представлена схема СТАТКОМ (система статической компенсации реактивной мощности), предназначенная для компенсации резкопеременной реактивной нагрузки  $Q_{нг}$ .

В схеме (рис. 3) имеется конденсаторная батарея ( $C_d$ ) на стороне постоянного напряжения ( $E_d$ ), фазный реактор ( $L_p$ ), широкополосный фильтр с элементами ( $C_f$ ,  $L_f$ ,  $R_f$ ), настроенный на компенсацию высших гармонических составляющих. Если обозначить мощность устройства через  $Q_{статком}$ , то при  $Q_{статком} \geq Q_{нг}$  устройство будет генериро-





**Рис. 3. Схема СТАТКОМ**

вать, а при  $Q_{\text{статком}} < Q_{\text{нг}}$  потреблять реактивную мощность. Таким образом, реактивная мощность узла нагрузки может быть равна  $Q_{\text{max}} = Q_{\text{нг}} + Q_{\text{статком}}$  до  $Q_{\text{min}} = Q_{\text{нг}} - Q_{\text{статком}}$ . Обычно мощность устройства  $Q_{\text{статком}}$  несколько больше максимальной реактивной мощности нагрузки  $Q_{\text{нг}}$ , чтобы гарантированно обеспечить возможность поддержания заданного коэффициента мощности нагрузки. Когда напряжение в точке подключения остается постоянным, компенсатор СТАТКОМ ведет себя как компенсатор SVC. Однако при существенном снижении напряжения в узле нагрузки компенсатор СТАТКОМ становится источником тока, в то время как компенсатор SVC приобретает свойства конденсатора.

Для управления устройством СТАТКОМ используется генератор напряжения несущей частоты ШИМ, создающий три синусоидальных модулирующих напряжения, образующих 3-х фазную систему. Управление тиристорами каждой фазы осуществляется независимо, путем наложения на напряжение несущей частоты соответствующей синусоиды модулирующего напряжения. При этом должно соблюдаться условие – в любой момент должен быть включен лишь один из двух тиристоров каждой фазы. В момент пересечения синусоидальных напряжений сети  $u_{a,b,c}$  с пилообразным напряжением треугольной формы  $u_{\text{шим}}$  с частотой изменения  $f_{\text{шим}}$  около 1 кГц происходит формирование импульсов управления вентилями. Неотъемлемым условием нормальной работы преобразователя напряжения является поддержание постоянным напряжения  $E_d$  на емкости, установленной в цепи постоянного тока. При  $Q_{\text{статком}} = 160$  Мвар время изменения реактивной мощности на величину 160 Мвар составляет около 0,08 с, а перерегулирование не превышает 5% от величины скачка мощности. Среди множества функций таких компенсаторов классическими являются следующие:

- регулирование напряжения путем поглощения или возврата реактивной мощности;
- подавление подсинхронных колебаний.

Преимущество СТАТКОМ перед синхронными компенсаторами заключается в более высокой эксплуатационной надежности. По сравнению с тиристорно-реакторными группами СТАТКОМ снижает вероятность возникновения резонансных явлений, обусловленных наличием конденсаторных батарей. Использование полностью управляемых вентилях, создает предпосылки для создания схем преобразователей с качественно иными энергетическими характеристиками.

При снижении напряжения SVC ведет себя как конденсатор и реактивная мощность падает пропорционально квадрату напряжения, а СТАТКОМ в этой ситуации переходит в режим источника тока независимого от напряжения в узле нагрузки.

### 3. Динамические компенсаторы искажений напряжения

До последнего времени проблема влияния КНЭ на работу электроприемников решалась исключительно с помощью источников бесперебойного питания с аккумуляторными либо инерционными накопителями энергии. Провалы напряжения в десятые доли секунды часто приводят к частичной или полной остановке сложного автоматизированного производства. Прямые и косвенные ущербы предприятий и организаций достигают десятков тысяч и даже миллионов долларов в год. Полные исчезновения напряжения составляют меньше 10% от общего числа нарушений электроснабжения, причем отключения продолжительностью более 1–2 сек. В 2–3 раза реже отключений длительностью менее 1 сек. (2). Очевидно, что основное влияние на работу электроприемников на предприятиях оказывают именно кратковременные, сравнительно неглубокие провалы напряжения. При кратковременных нарушениях электроснабжения в энергосистеме имеют место: а) отключения магнитных пускателей и контакторов на напряжение 0,38 кВ, через которые запитаны основные низковольтные потребители, влияющие на работу высоковольтных электродвигателей;

**Таблица 2. Сравнительная стоимость устройств компенсации провалов напряжения**

| Наименование показателей               | ДКИН       | ИБП         |
|--|------------|-------------|
| 1. Первоначальная стоимость устройства | 80000\$    | 115000\$    |
| 2. Эффективность работы                | 99%        | 93%         |
| 3. Потребляемая мощность в год         | 25389 кВтч | 165725 кВтч |
| 4. Стоимость затрат на электроэнергию  | 1524\$     | 22558\$     |
| 5. Общие затраты за 1 год              | 83525\$    | 163558\$    |
| 6. Общие затраты за 5 год              | 97620\$    | 333790\$    |

б) происходит срабатывание технологических защит; в) часто происходят сбои и программном обеспечении.

Сравнительная стоимость устройств ИБП (мощностью 400 кВА) и ДКИН (мощностью 333 кВА) напряжением 380 В приведена в табл. 2.

В связи с этим предлагается при модернизации схемы внутреннего электроснабжения использовать варианты с динамическими компенсаторами искажений напряжения в сетях 0,38 кВ и 10 кВ.

Динамический компенсатор искажений напряжения (рис. 2) контролирует поступающее напряжение и, когда оно отклоняется от нормируемого, ДКИН добавляет соответствующее напряжение компенсации, используя IGBT-инвертор напряжения, подключаемый через последовательные вольтдобавочные трансформаторы.

ДКИН предназначен для того, чтобы компенсировать влияние провалов напряжения на линиях, питающих чувствительное оборудование. Нормальное электроснабжение осуществляется и при провалах напряжения в питающей системе электроснабжения, в связи с тем, что ДКИН регулирует напряжение на нагрузке, приближая его к номинальному значению и устраняя КНЭ от энергосистемы. ДКИН-AS обеспечивает за 1 мс отклик на провал напряжения с последующим регулированием напряжения наполовину в течение 1 мс и полным восстановлением напряжения в следующую половину цикла. ДКИН обеспечивают полную компенсацию провалов напряжения в пределах но-

**Таблица 3. Сравнительные технические характеристики устройства ДКИН**

| № п.п. | Наименование показателей                                       | ДКИН-SS                     | ДКИН-AS               |
|--------|--|-----------------------------|-----------------------|
| 1.     | Входное напряжение, В  | 480                         | 380;480;690 до 15000  |
| 2.     | Перегрузочная способность по току, %                           | 200% - 30 с.                | 125% - 10 мин.        |
|        | Перегрузочная способность по току, %                           | 400% - 5,0 с.               | 150% - 1 мин.         |
|        | Перегрузочная способность по току, %                           | 600% - 0,5                  | 700% - 0,6 с.         |
|        |  |                             | 1000% - 0,1с          |
| 3.     | Частота сети, Гц   | 50/60                       | 50/60                 |
| 4.     | Эффективность при 50% нагрузке                                 | 99%                         | 99%                   |
| 5.     | Выходное напряжение, В   | 480                         | 380;480;690 до 15000  |
| 6.     | Регулирование напряжения                                       | +5 -10%                     |                       |
| 7.     | Перегрузочная способность по току, %                           | 160                         | 160                   |
| 8.     | Время реакции устройства, мс                                   | 2                           | 2-4                   |
| 9.     | Допустимая длительность 3-х фазных провалов напряжения до 50%  | 2 с                         | зависит от исполнения |
| 10.    | Допустимая длительность 2-х фазных провалов напряжения до 70%  | 2 с                         | зависит от исполнения |
| 11.    | Допустимая длительность 1-х фазных провалов напряжения до 100% | 2 с                         | зависит от исполнения |
| 12.    | Мощность устройства, кВА                                       | 333;665;1000;1300;1700;2000 | до 6000               |
| 13.    | Номинальные токи устройств, А                                  | 400;800;1200;1600;2000;2400 | зависит от исполнения |
| 14.    | Стандартная степень защиты шкафа                               | IP20                        | IP21                  |
| 15.    | Подвод кабеля  | сверху, снизу               | сверху, снизу         |
| 16.    | Условия эксплуатации   | 0-40 С                      | 0-50 С                |

минального при перегрузках по току в 200% в течение не менее 30 сек, частичного исправления для трехфазных провалов напряжения вплоть до 50% и однофазных провалов до 55% в течение не менее 30 сек. (табл. 3).

Отклик на кратковременные нарушения электроснабжения (провалы напряжения) ДКИН-AS намного превышает показатели аналогичных устройств корректировки напряжения. ДКИН позволяет компенсировать провалы напряжения в энергосистеме стандартной величиной до 35% и длительностью 200 мс.

Основные преимущества динамических компенсаторов искажений напряжения: частичная или полная защита от всех видов КЗ (рис. 3); время реакции на кратковременные нарушения электроснабжения 2 мс; эффективность работы устройств более 99% при 50% нагрузке по отношению к мощности компенсатора и более 98,8% при 100% нагрузке; низкая потребляемая мощность и малые эксплуатационные затраты; компенсация гармонических составляющих, фликеров; синусоидальная форма выходного напряжения; симметрирование напряжения на нагрузке; отсутствие аккумуляторных батарей и высокая надежность.

В случае глубоких провалов напряжения или с большей продолжительностью ДКИН напряжением 10 кВ продолжает устранять искажения напряжения в максимально возможной степени согласно характеристике устройства (рис. 4).

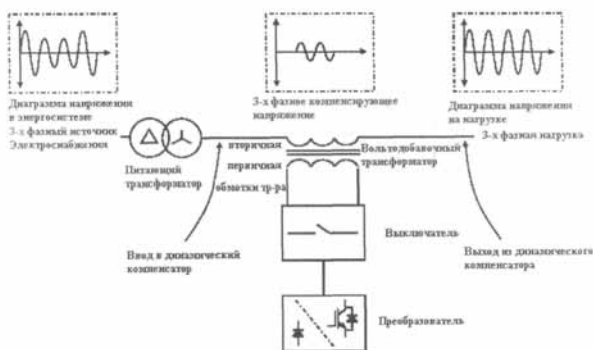
Для провалов напряжения вне заданного уровня провала напряжения ДКИН поддерживает напряжение на нагрузке на уровне, меньшем номинального (100%).

Модель ДКИН-R обеспечивает непрерывное регулирование напряжения к номинальному при трехфазных перенапряжениях до 110% номинального напряжения.

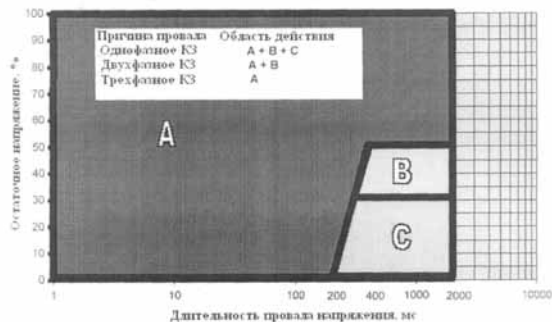
Характеристики регулирования напряжения для ДКИН-S и ДКИН-R для трехфазных и однофазных КНЭ показаны на рис. 5, 6 и в табл. 4, а габаритные размеры устройств ДКИН напряжением 380 В приведены на рис. 7, 8.

**Таблица 4. Минимальный уровень остаточных напряжений на стороне распределения для ДКИН и исправление их к уровню 90%, 95% и 100%**

| Причина КНЭ         | Минимальное значение (%) входного напряжения при заданном выходном | Величина выходного напряжения не менее, % |        |
|---------------------|--|---|--------|
|                     |  | ДКИН-S                                    | ДКИН-R |
| трехфазное КЗ       | 90   | 63  | 72     |
| двухфазное          | 90   | 58  | 68     |
| однофазное на землю | 90   | 40  | 55     |
| трехфазное КЗ       | 95   | 67  | 76     |
| двухфазное КЗ       | 95   | 64  | 74     |
| однофазное на землю | 95   | 48  | 63     |
| трехфазное КЗ       | 100  | 70  | 80     |
| двухфазное КЗ       | 100  | 70  | 80     |
| однофазное на землю | 100  | 55  | 70     |



**Рис. 4. Структурная схема работы ДКИН при различных видах КЗ**

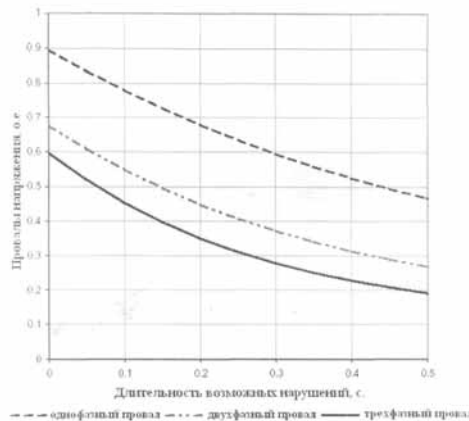


**Рис. 5. Диаграмма работы ДКИН при различных видах КЗ**

Свыше 100 устройств ДКИН с 2000 г. поставлены компаниями Ford, GM, Lucent, Square D, Fort James, FSI, OTI, International Rectifier, KLA, Tencor, Applied Materials, M\*M Mars, Nestle, Engines Inc, LTV Copperweld, Eaton и др.

Проведенные нами в МЭИ и СПбГГИ (под рук. д.т.н., проф. Абрамовича Б.Н.) исследования влияния КЭЭ показали, что при нарушении нормативных ПКЭ сокращение срока службы силовых трансформаторов 10/0,4 происходит в 1,2-1,8 раза; АД – в 1,5-2,5; УПЕК – в 2,0-4,1 раза.

В этих условиях использование динамических компенсаторов искажений напряжения на напряжение 10 или 0,38 кВ является тем решением, которое обеспечивает безаварийную работу оборудования, решая 90% из всех проблем качества электрической энергии (включая провалы, перена-



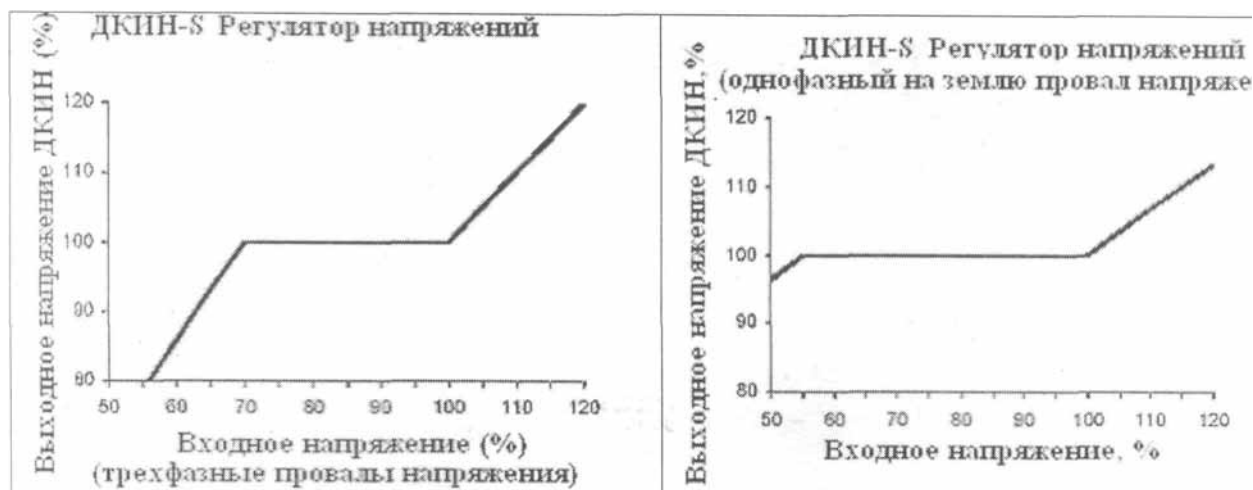
**Рис. 6. Характеристики работы ДКИН при одно-, двух- и трехфазных провалах напряжения различной возможной длительности**

пряжения питающего напряжения и воздействие гармонических составляющих на основное электрооборудование).

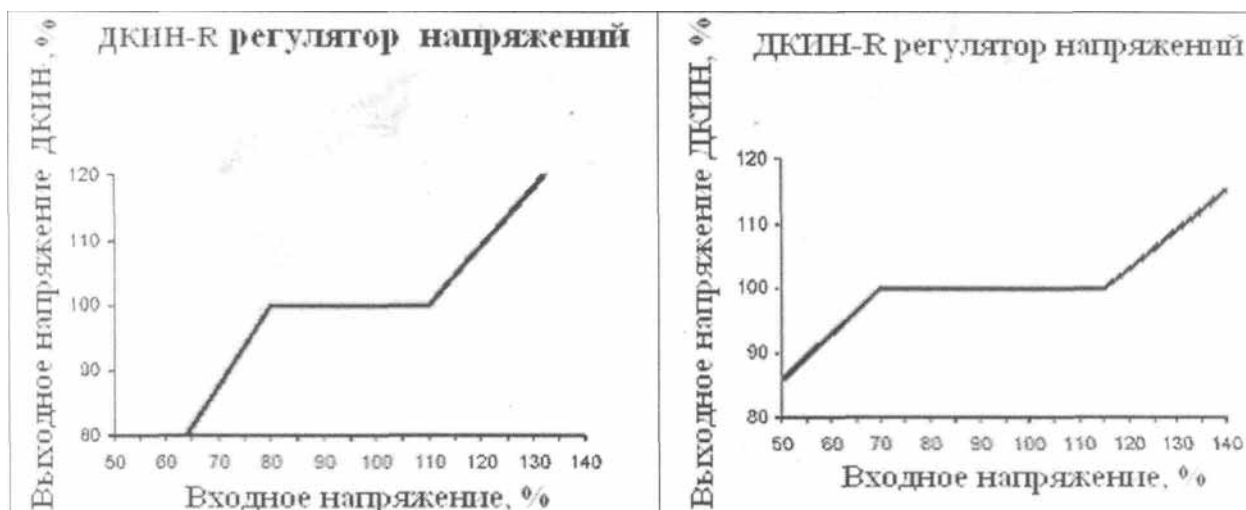
Внедрение динамических компенсаторов искажений напряжения на 0,38 и 10 кВ обеспечит непрерывную и надежную работу систем автоматики и контроллеров, основных механизмов в режимах кратковременных нарушений электроснабжения, даст снижения потерь и потребления электрической энергии, увеличит срок службы электродвигателей и трансформаторов.

### Список литературы

1. Гуревич Ю.Е. Об упорядочении взаимоотношений энерго-снабжающих организаций и промышленных потребителей в области надежности электроснабжения. - // Электрические станции. - № 9. - 1998. - С. 31-35.
2. Taylor, C.W., Power System Stability, McGraw Hill, Inc., 1994. Performance of AC Motor Drives During Voltage Sags and Momentary Interruptions, EPRI PQ Commentary No. 3, December 1998.
3. Отчет по Договору № 01/СЭС-3790ТН от 26 июля 2005 г. «Предпроектное обследование системы электроснабжения и режимов работы потребителей ООО «Тобольск-Нефтехим» с целью подготовки ТКП на поставку динамических компенсаторов перекосов напряжения». - М., ООО «СЭС», 2005. - 70 с.



**Рис. 7.** Характеристики регулирования напряжения устройством ДКИН-S при КНЭ для схемы соединения обмоток трансформатора треугольник-звезда



**Рис. 8.** Характеристики регулирования напряжения устройством ДКИН-R при КНЭ для схемы соединения обмоток трансформатора треугольник-звезда

4. Жак Куро. Современные технологии повышения качества электроэнергии при ее передаче и распределении. *Новости электротехники*, 2005. № 1, № 2.
5. Берх И.М., Мазуров М.И., Николаев А.В. Система векторного регулирования статического компенсатора СТАТКОМ. *Изв. НИИПТ*, № 59, 2003.
6. Кузнецов В.Г., Шидловский А.К. Фальтросимметрирующие устройства для повышения качества электроэнергии в сетях – *Электричество*, 1976, № 2.
7. Шидловский А.К., Кузнецов В.Г. Повышение качества энергии в электрических сетях. – Киев: Наукова думка, 1985.
8. Железко Ю.С. Влияние потребителя на качество электроэнергии в сети и технические условия на его присоединение. *Промышленная энергетика*, 1991, № 6.
9. ГОСТ 13109-97 «Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества элект-

рической энергии в системах электроснабжения общего назначения». Издательство стандартов, 1998.

Гамазин С.И., Пупин В.М. Новые решения по обеспечению надежности электроснабжения и качества электроэнергии потребителей. Приведено описание и технические характеристики динамических компенсаторов искажений напряжения (ДКИН), которые полностью устраняют влияние провалов напряжения и перенапряжений при кратковременных нарушениях электроснабжения.

Гамазин Станислав Иванович – докт. техн. наук, профессор кафедры электроснабжения промышленных предприятий МЭИ (университета); 1939 г.р. В 1962 г. закончил МЭИ по специальности электрические системы. В 1994 защитил в МЭИ на кафедре электроснабжения промышленных предприятий докторскую диссертацию на тему: «Автоматизация расчетно-экспериментальных исследований переходных процессов, обусловленных электродвигательной нагрузкой переменного тока систем промышленного электро-



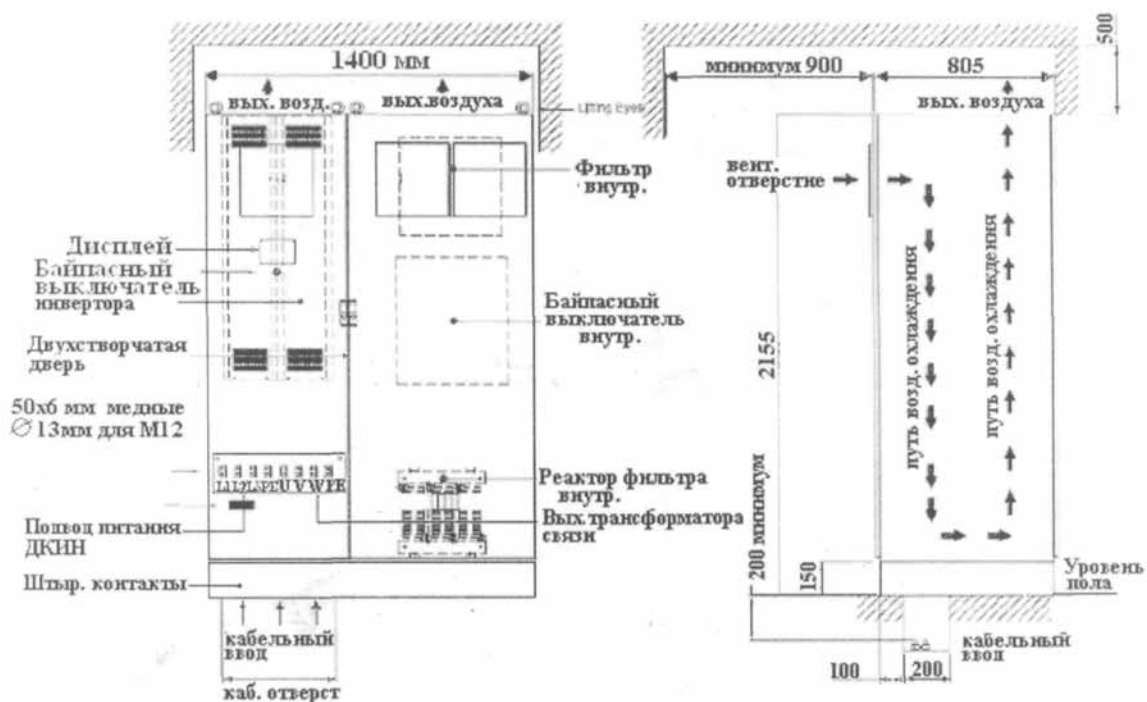


Рис. 9. Габаритные размеры ДКИН на ток 700 А и напряжение 380 В

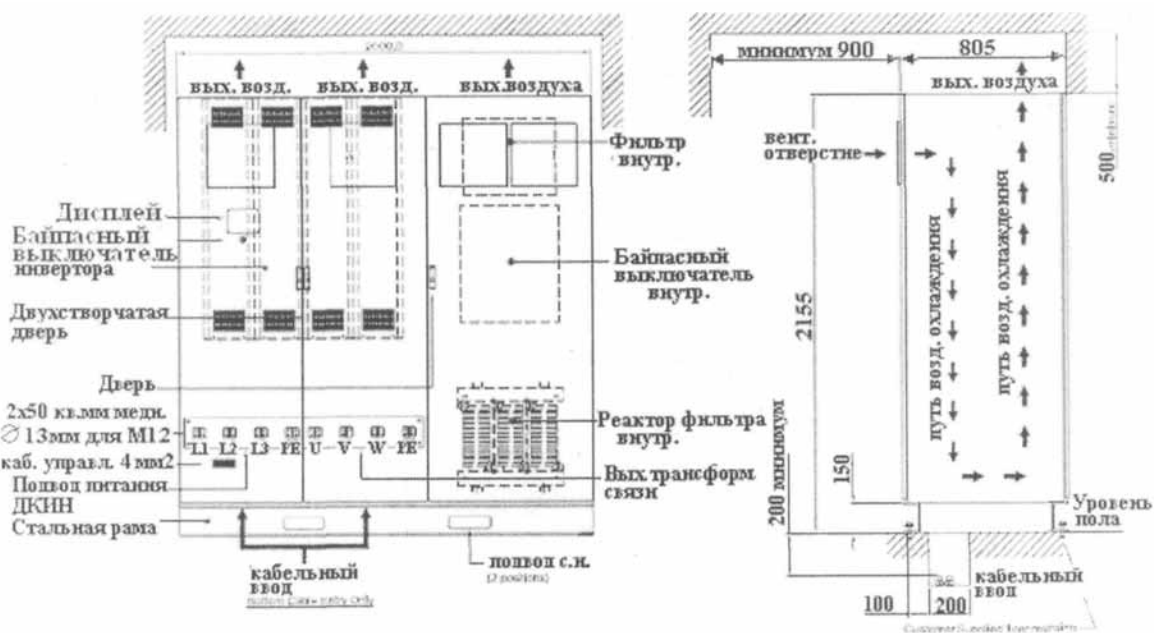


Рис. 10. Габаритные размеры ДКИН на ток 1500 А и напряжение 380 В

снабжения». Домашний адрес: 127566, г. Москва, ул. Римского-Корсакова, д. 18, кв. 166, тел. (095) 402-26-29

Пупин Валерий Михайлович – канд. техн. наук, доцент кафедры электроснабжения промышленных предприятий Чувашского государственного университета; 1955 г.р. В 1977 г. закончил Чувашский государственный университет им. И.Н. Ульянова по специальности

автоматика и телемеханика. В 1984 защитил в МЭИ на кафедре электроснабжения промышленных предприятий кандидатскую диссертацию на тему: «Разработка методов расчета и исследование устойчивости узла промышленной комплексной нагрузки и режимов двигателей серии ТДС». Домашний адрес: 128009, г. Москва, бул. Дмитрия Донского, д. 11, кв. 199, тел. (499) 501-81-17.

**Р.Ф. Раскулов,**  
**ведущий конструктор**  
**ОАО «Свердловский завод**  
**трансформаторов тока»,**  
**г. Екатеринбург.**

## ВЛИЯНИЕ ТОКОВ КОРОТКОГО ЗАМЫКАНИЯ НА ПОГРЕШНОСТИ ТРАНСФОРМАТОРОВ ТОКА

Активное внедрение автоматизированных систем коммерческого учета электроэнергии в России сопровождается множеством вопросов о точности этого учета, на которую влияет большое число самых разнообразных факторов. Один из них, выявлен в процессе испытаний на Свердловском заводе трансформаторов тока.

Измерительные трансформаторы тока (ТТ) в процессе эксплуатации подвергаются воздействию многочисленных внешних факторов, которые оказывают влияние на их метрологические характеристики.

Одним из таких факторов являются токи короткого замыкания. При коротком замыкании ток, протекающий через ТТ, характеризуется следующими особенностями:

- \* большая кратность тока, протекающего через первичную обмотку. Ток короткого замыкания может превышать номинальный первичный ток в сотни раз;
- \* наличие апериодической составляющей в кривой тока;
- \* при отключении тока короткого замыкания ток, протекающий через ТТ, отключается не в момент перехода тока через ноль.

Все эти особенности могут привести к насыщению магнитопровода ТТ вплоть до максимальной индукции насыщения. После ликвидации короткого замыкания, при работе в сети переменного тока магнитопровод ТТ через некоторое время размагнитится и погрешности восстановятся. Время размагничивания зависит как от внешних факторов

– значения первичного тока, мощности вторичной нагрузки, так и от конструктивных особенностей ТТ – материала магнитопровода, числа первичных витков и др.

### ПРОГРАММА ИСПЫТАНИЙ ТТ

В испытательном центре ОАО «СЗТТ» были проведены исследования влияния остаточного намагничивания после протекания токов короткого замыкания на погрешности ТТ. Исследования проводились на ТТ типа ТОП-0,66-100/5 класса напряжения 0,66 кВ и ТПОЛ-10-300/5 класса напряжения 10 кВ. ТТ класса точности 0,5 имеют магнитопроводы из электротехнической стали, а класса точности 0,2S – магнитопроводы из аморфного сплава.

Испытывалось по пять ТТ класса точности 0,5 и по три ТТ класса точности 0,2S каждого типа для случая максимально возможного насыщения магнитопровода.

Исследование влияния остаточного намагничивания после протекания токов КЗ проводилось по следующей методике:

- 1 Магнитопровод ТТ размагничивался согласно [1], и определялись токовые и угловые погрешности ТТ в диапазоне первичного тока от 0,5 до 120% номинального первичного тока при номинальной мощности вторичной нагрузки с  $\cos \varphi = 0,8$ .
- 2 От источника постоянного тока через вторичную обмотку ТТ, при разомкнутой первичной обмотке, подавался постоянный ток, соответствующий максимальной ин-

дукции насыщения. Затем ток отключался выключателем и магнитопровод ТТ оставался в насыщенном состоянии.

- 3 Определались токовые и угловые погрешности ТТ с намагниченным магнитопроводом по методике [1].
- 4 Магнитопровод снова насыщался согласно п. 1. На установке для определения погрешностей ТТ устанавливался первичный ток, равный 120% номинального первичного тока, и определялось время, при котором погрешности намагниченного ТТ восстановятся до погрешностей размагниченого ТТ.

Время размагничивания определялось также при токе 100, 50, 20 и 5% номинального первичного тока. Если время восстановления погрешностей превышало 8 ч, то эксперименты прекращались.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЙ

На рисунках 1–4 приведены графики зависимости токовой и угловой погрешности от первичного тока (математическое ожидание) для вышеупомянутых ТТ класса точности 0,5. На графиках линией желтого цвета показаны пределы допускаемой погрешности по стандарту [2] для класса точности 0,5.

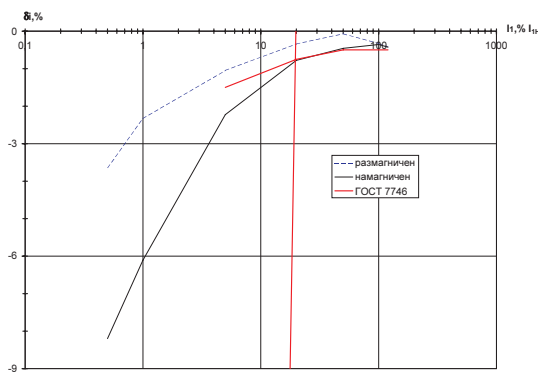


Рис. 1 Зависимость токовой погрешности ТТ Топ-0,66-100/5 от первичного тока при намагничивании

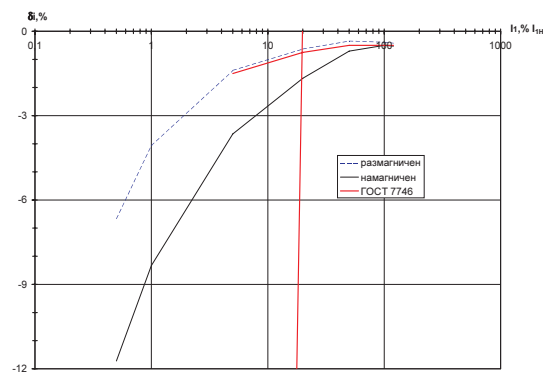


Рис. 3 Зависимость токовой погрешности ТТ ТПОЛ-10-300/5 от первичного тока при намагничивании

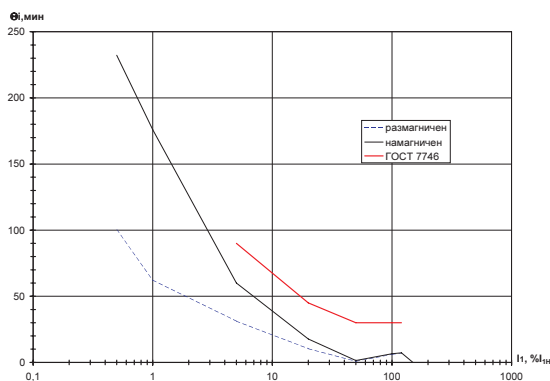


Рис. 2 Зависимость угловой погрешности ТТ Топ-0,66-100/5 от первичного тока при намагничивании

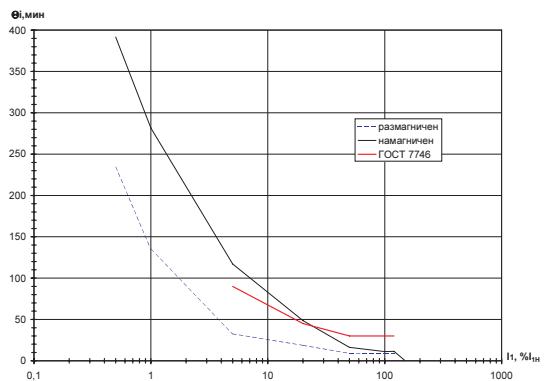


Рис. 4 Зависимость угловой погрешности ТТ ТПОЛ-10-300/5 от первичного тока при намагничивании

Из графиков видно, что при намагничивании Топ-0,66 токовая погрешность становится более отрицательной и выходит из пределов допускаемой стандартом [2] погрешности для класса точности 0,5. При намагничивании ТПОЛ-10 токовая и угловая погрешности выходят из пределов допускаемых стандартом [2] погрешностей для класса точности 0,5.

Исследования показали, что остаточное намагничивание оказывает значительное влияние на погрешности ТТ с магнитопроводом из электротехнической стали. Погрешности всех испытанных ТТ в состоянии намагничивания не соответствуют классу точности 0,5.

Наибольшее влияние намагничивание оказывает на погрешности ТТ в области малых первичных токов (менее 20% номинального). При работе ТТ при первичном токе 100 и 120% номинального первичного тока и при номинальной мощности вторичной нагрузки время размагничивания составляет примерно 1 минуту для ТТ Топ -0,66 и 30 минут для ТПОЛ-10.

При первичном токе 50% номинального первичного тока токовая погрешность в течение примерно 10 секунд резко уменьшается, после чего процесс замедляется и в дальнейшем погрешность во времени меняется медленно

и доходит до первоначальной за 30 минут для ТОП-0,66 и 3 часа для ТПОЛ-10.

При токах 20 и 5% номинального первичного тока намагничивание практически не происходит и погрешности не восстанавливаются за время более 8 часов.

## МЕТОДЫ РАЗМАГНИЧИВАНИЯ

Для намагничивания магнитопровода ТТ по стандарту [1] применяются три основных метода.

- ✱ Вторичную обмотку замыкают на резистор мощностью 250 Вт и сопротивлением 10 Ом и пропускают через первичную обмотку номинальный ток, который затем плавно уменьшают до значения не более 2% номинального.
- ✱ Через первичную обмотку при разомкнутой вторичной пропускают ток 10% номинального и плавно снижают до значения не более 0,2% номинального.
- ✱ Через вторичную обмотку при разомкнутой первичной пропускают ток 10% номинального и плавно снижают до значения не более 0,2% номинального.

Все эти методы нереализуемы при эксплуатации ТТ, так как либо требуют размыкания вторичной обмотки, что может привести к повреждению ТТ, либо не обеспечивают намагничивания, так как первичный ток, как правило, не достигает номинального. Третий метод вообще требует отключения ТТ и применения дополнительного источника питания.

Становится очевидно, что для исключения влияния намагничивания после протекания токов короткого замыкания необходимо применять ТТ классов точности 0,5S и 0,2S с магнитопроводами из аморфных или нанокристаллических сплавов.

На рисунках 5–8 приведены графики зависимости токовой и угловой погрешности от первичного тока (математическое ожидание) для вышеупомянутых ТТ класса точности 0,2S с магнитопроводами из аморфного сплава. На графиках линией желтого цвета показаны пределы допускаемой погрешности по стандарту [2] для класса точности 0,2S. Из рисунков видно, что на погрешности ТТ класса точности 0,2S остаточное намагничивание практически не влияет.

## ВЫВОДЫ

Погрешности ТТ после протекания токов КЗ могут выходить из класса точности.

При эксплуатации ТТ с магнитопроводом из электротехнической стали могут оставаться в насыщенном состоянии длительное время, что может приводить к недоучету электроэнергии.

Для коммерческого учета электроэнергии необходимо использовать ТТ классов точности 0,5S и 0,2S с магнитопроводами из аморфных или нанокристаллических сплавов, не подверженные влиянию токов короткого замыкания.

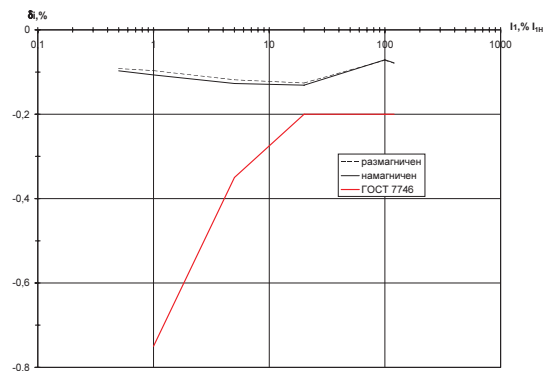


Рис. 5 Зависимость токовой погрешности ТТ ТОП-0,66-100/5 -0,2S от первичного тока при намагничивании

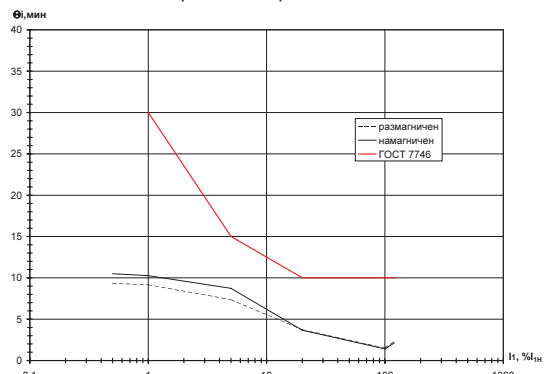


Рис. 6 Зависимость угловой погрешности ТТ ТОП-0,66-100/5 -0,2S от первичного тока при намагничивании

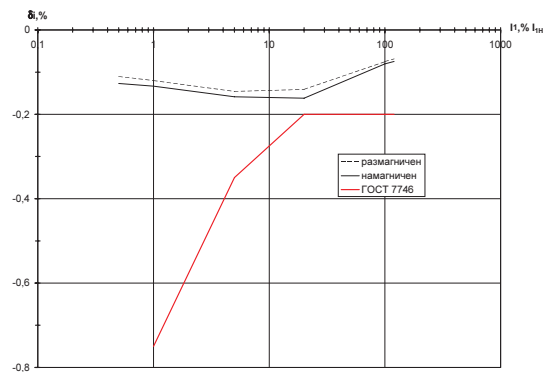


Рис. 7 Зависимость токовой погрешности ТТ ТПОЛ-10-300/5 -0,2S от первичного тока при намагничивании

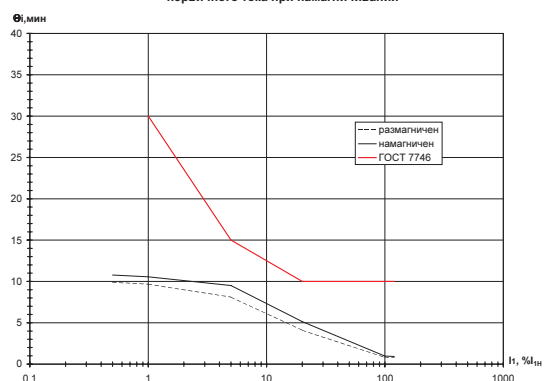


Рис. 8 Зависимость угловой погрешности ТТ ТПОЛ-10-300/5 -0,2S от первичного тока при намагничивании



В. Харечко,  
Ю. Харечко

## АВТОМАТИЧЕСКИЕ ВЫКЛЮЧАТЕЛИ – ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ<sup>1</sup>

*Стандартная время-токовая зона – время-токовая зона, в которой должны находиться время-токовые характеристики автоматических выключателей.*

В п. 8.6.1 стандарта МЭК 60898 1995 г. установлены требования к так называемой стандартной время-токовой зоне. Однако это понятие не было определено в стандарте (в стандарте МЭК 60898-1 2003 г. также нет его определения). Из требований стандарта МЭК 60898 1995 г. следует, что характеристика расцепления автоматических выключателей должна быть такой, что они гарантировали адекватную защиту цепи без преждевременного срабатывания. Зона время-токовой характеристики (характеристики расцепления) автоматического выключателя определена условиями и значениями, установленными в таблице 6. Эта таблица относится к автоматическому выключателю, смонтированному в соответствии с эталонными условиями, оперирующему при эталонной температуре калибровки 30 °С с допустимым отклонением (+5/0) °С. Испытание может быть произведено при любой подходящей температуре, результаты отсылаются к 30 °С, используя информацию, данную изготовителем. В любом случае изменение испытательного тока таблицы 6 не должно превышать 1,2 % на К изменения температуры калибровки. Если автоматические выключатели маркированы для температуры калибровки, отличной от 30 °С, они проверяются для этой отличной температуры. Изго-

товитель должен быть готовым дать информацию относительно изменения характеристики расцепления для температур калибровки, отличающихся от эталонного значения.

В п. 8.6.1 ГОСТ Р 50345 это понятие имеет другое наименование – «нормальная время-токовая характеристика». Однако применение указанного наименования вместо наименования «стандартная время-токовая зона», которое ранее использовалось в стандарте МЭК 60898 1995 г. и используется в настоящее время в стандарте МЭК 60898-1 2003 г., существенно искажает смысл понятия. Время-токовая характеристика автоматического выключателя представляет собой кривую, указывающую время расцепления конкретного автоматического выключателя в зависимости от значения сверхтока в его главной цепи. Стандартная время-токовая зона является зоной (полосой), заключенной между двумя пограничными время-токовыми характеристиками, в которой должны находиться время-токовые характеристики доброкачественных автоматических выключателей. Поэтому в новой редакции ГОСТ Р 50345 или в другом стандарте, его заменяющем, ошибочное название «нормальная время-токовая характеристика» следует изменить на правильное наименование – «стандартная время-токовая зона».

Параметры стандартных время-токовых зон, представленные в таблице 13 (в ГОСТ Р 50345 эта таблица имеет но-

<sup>1</sup> Окончание, начало в журналах № 9-12, 2005 г., № 1-3, 2006 г.

мер б), установлены для контрольной температуры калибровки, равной 30 °С. Проверку характеристики расцепления автоматического выключателя можно проводить при температуре окружающего воздуха, которая отлична от 30 °С, корректируя соответствующим образом испытательные токи. Однако увеличение или уменьшение испытательных токов (против нормативных токов, указанных в табл. 8) не должно превышать 1,2 % на 1 °С соответственно уменьшения или увеличения температуры, при которой выполняется проверка, относительно контрольной температуры калибровки. Изменение температуры окружающего воздуха сказывается на характеристике расцепления автоматического выключателя. Однако, как отмечается в стандарте, изменение температуры окружающего воздуха от – 5 до + 40 °С не должно сопровождаться существенным ее изменением.

**Таблица 13. Параметры стандартной время-токовой зоны автоматического выключателя<sup>2</sup>**

| Испытание | Тип мгновенного расцепления <sup>1</sup> | Испытательный ток    | Начальное состояние   | Пределы времени расцепления или нерасцепления   | Требуемый результат |
|-----------|--|----------------------|-----------------------|---|---------------------|
| a         | B, C, D                                  | 1,13 I <sub>n</sub>  | Холодное <sup>2</sup> | t ≥ 1 ч (при I <sub>n</sub> ≤ 63 А)<br>t ≥ 2 ч (при I <sub>n</sub> > 63 А)                | Без расцепления     |
| b         | B, C, D                                  | 1,45 I <sub>n</sub>  | Сразу за «а»          | t < 1 ч (при I <sub>n</sub> ≤ 63 А)<br>t < 2 ч (при I <sub>n</sub> > 63 А)                | Расцепление         |
| c         | B, C, D                                  | 2,55 I <sub>n</sub>  | Холодное              | 1 с < t < 60 с (при I <sub>n</sub> ≤ 32 А)<br>1 с < t < 120 с (при I <sub>n</sub> > 32 А) | Расцепление         |
| d         | B  | 3,00 I <sub>n</sub>  | Холодное              | t ≥ 0,1 с   | Без расцепления     |
|           | C  | 5,00 I <sub>n</sub>  |                       |   |                     |
|           | D  | 10,00 I <sub>n</sub> |                       |   |                     |
| e         | B <sup>3</sup>                           | 5,00 I <sub>n</sub>  | Холодное              | t < 0,1 с   | Расцепление         |
|           | C  | 10,00 I <sub>n</sub> |                       |   |                     |
|           | D  | 50,00 I <sub>n</sub> |                       |   |                     |

Со стандартной время-токовой зоной тесно связаны следующие характеристики автоматического выключателя, значения которых используются при его испытаниях:

- ❖ условное время, равное 1 ч для автоматического выключателя с номинальным током до 63 А включительно и 2 ч – с номинальным током выше 63 А;
- ❖ условный ток нерасцепления I<sub>nt</sub>, равный 1,13 I<sub>n</sub>;

- ❖ условный ток расцепления I<sub>t</sub>, равный 1,45 I<sub>n</sub>;
- ❖ стандартный диапазон токов мгновенного расцепления для типа мгновенного расцепления B – свыше 3 I<sub>n</sub> до 5 I<sub>n</sub>, типа C – свыше 5 I<sub>n</sub> до 10 I<sub>n</sub>, типа D – свыше 10 I<sub>n</sub> до 50 I<sub>n</sub>.

Параметры стандартной время-токовой зоны автоматического выключателя, представленные в табл. 13, имеют логические ошибки для испытаний «а» и «d». Действительно, если следовать логической связи между временем расцепления и результатом автоматического оперирования, то, с одной стороны, автоматические выключатели при испытании «а» не должны срабатывать в течение любого времени, превышающего условное время, равное одному или двум часам. При испытании «d» автоматические выключатели не должны размыкаться в течение времени более 0,1 с. То есть при указанных в табл. 13 испытательных токах автоматические выключатели могут не размыкаться в течение суток, недели, месяца, года. Нельзя признать допустимым подобное «быстродействие» автоматического выключателя для испытания «d», когда через его главную цепь протекает, например, электрический ток, равный десятикратному номинальному току.

С другой стороны, указанные параметры стандартной время-токовой зоны «допускают» срабатывание автоматических выключателей за промежуток времени, меньший условного времени при испытании «а», и 0,1 с – при испытании «d». Иными словами, автоматический выключатель может разомкнуть свои главные контакты мгновенно. Такое быстродействие автоматического выключателя, особенно при испытании «а», вряд ли допустимо.

В то же время, из требований к проведению проверки характеристики расцепления автоматического выключателя, которые представлены в подразделе 9.10 «Проверка характеристики расцепления» ГОСТ Р 50345, следует иная интерпретация стандартной время-токовой зоны (в отличие от представленной в таблице 13). Рассмотрим указанные нормативные требования более подробно.

Пропускание условного тока нерасцепления I<sub>nt</sub>, равно 1,13 I<sub>n</sub>, через все полюсы автоматического выключате-

<sup>2</sup> В стандартах МЭК 60898 и МЭК 60898-1 эта таблица называется «Время-токовые характеристики оперирования», а в ГОСТ Р 50345 - «Время-токовые рабочие характеристики». В то же время в стандартах МЭК 60898 и МЭК 60898-1 указано, что зона время-токовой характеристики автоматического выключателя определена условиями и значениями, установленными в рассматриваемой таблице. Следовательно, эта таблица задает параметры нескольких стандартных время-токовых зон для автоматических выключателей. Например, для автоматических выключателей, имеющих номинальные токи до 32 А, более 32 до 63 А и более 63 А и один и тот же тип мгновенного расцепления в таблице заданы параметры четырех стандартных время-токовых зон.

<sup>3</sup> В головке таблицы 6 ГОСТ Р 50345 записано иначе: «Тип защитной характеристики». Однако в тексте стандарта отсутствуют какие-либо разъяснения того, что следует понимать под типом защитной характеристики. Буквами «B», «C» и «D» в стандарте обозначены типы мгновенного расцепления автоматических выключателей.

<sup>4</sup> Испытания при «холодном» начальном состоянии автоматического выключателя выполняют при контрольной температуре калибровки без предварительного пропуска электрического тока через его главную цепь.

<sup>5</sup> В таблице 6 ГОСТ Р 50345 для испытания «е» вместо типов мгновенного расцепления B, C и D ошибочно указаны типы A, B и C.

ля, находящегося в холодном начальном состоянии, в течение условного времени не должно приводить к его расцеплению. По завершению этой проверки в течение 5 с электрический ток через автоматический выключатель плавно увеличивают до условного тока расцепления  $I_t$ , равного  $1,45 I_n$ . При указанном испытательном токе автоматический выключатель должен расцепиться в течение условного времени.

Иными словами, при пропуске через главную цепь автоматического выключателя электрического тока, равного  $1,13 I_n$ , не должно происходить его расцепления в течение одного или двух часов. То есть в таблице 6 ГОСТ Р 50345 и в соответствующей ей табл. 13 настоящей статьи для результата испытания «а» «без расцепления» время нерасцепления должно быть задано следующим образом:  $t \leq 1$  ч (при  $I_n \leq 63$  А) и  $t \leq 2$  ч (при  $I_n > 63$  А)<sup>6</sup>.

Информация, приведенная в табл. 13 для испытания «b», соответствует требованиям, изложенным в подразделе 9.10 рассматриваемого стандарта.

При пропуске электрического тока, равного  $2,55 I_n$ , через все полюсы автоматического выключателя, начиная от холодного состояния, он должен расцепиться в течение промежутка времени не менее 1 с и не более 60 с при номинальном токе автоматического выключателя до 32 А включительно или 120 с при номинальном токе свыше 32 А. Процитированные требования подраздела 9.10 стандарта также хорошо согласуются с данными рассматриваемой таблицы для испытания «с».

Если, начиная от холодного состояния, через все полюсы автоматического выключателя пропускают электрический ток, равный  $3 I_n$ ,  $5 I_n$  и  $10 I_n$  соответственно для типов мгновенного расцепления В, С и D, то расцепление автоматического выключателя должно происходить за время не менее 0,1 с. При пропуске через все полюсы автоматического выключателя, начиная от холодного состояния, электрического тока, равного  $5 I_n$ ,  $10 I_n$  и  $50 I_n$  (соответственно для типов мгновенного расцепления В, С и D), он должен расцепиться за время менее 0,1 с.

Результатом испытания «d» в таблице 6 ГОСТ Р 50345 (табл. 13 статьи) должно быть указано «расцепление», так как при появлении электрических токов в главных цепях ав-

томатических выключателей, равных  $3 I_n$ ,  $5 I_n$  и  $10 I_n$ , должно происходить их расцепление за время более 0,1 с. Однако здесь следует указать не только минимальное, но и максимальное время, в течение которого автоматические выключатели должны расцепиться. Максимальное время определяется граничными значениями стандартной время-токовой зоны расцепителя сверхтока с обратно-зависимой выдержкой времени, параметры которой представлены в таблице 6 стандарта (см. табл. 13) для испытаний «а», «b» и «с».

Иными словами, в таблице 6 стандарта для испытания «d» следует указать как минимальное, так и максимальное время расцепления для автоматических выключателей с типом мгновенного расцепления В, С и D при испытательных токах, соответственно равных  $3 I_n$ ,  $5 I_n$  и  $10 I_n$ . Минимальное время соответствует времени мгновенного расцепления, а максимальное время – верхнему пределу стандартной время-токовой зоны расцепителя сверхтока с обратно-зависимой выдержкой времени. Интервал времени расцепления для испытания «d» должен быть ограничен с двух сторон:  $0,1 \text{ с} < t < XX \text{ с}$ <sup>7</sup>.

Подтверждает высказанное предложение информация, которая содержится в изменениях, внесенных в 1996 г. в стандарт Германии DIN VDE 0641 часть 11. Стандарт DIN VDE 0641 часть 11 устанавливает требования к автоматическим выключателям бытового и аналогичного назначения. Он разработан на основе европейского стандарта EN 60898 и поэтому в основном соответствует стандарту МЭК 60898.

Внесенные в стандарт DIN VDE 0641 часть 11 изменения уточняют временные параметры стандартной время-токовой зоны автоматических выключателей для испыта-

**Таблица 14. Параметры стандартных время-токовых зон автоматического выключателя**

| Испытание | Тип мгновенного расцепления | Испытательный ток | Начальное состояние | Пределы времени расцепления или нерасцепления   | Требуемый результат |
|-----------|-----------------------------|-------------------|---------------------|---|---------------------|
| d         | В                           | $3,00 I_n$        | Холодное            | $0,1 \text{ с} < t < 45 \text{ с} (I_n \leq 32 \text{ А})$<br>$0,1 \text{ с} < t < 90 \text{ с} (I_n > 32 \text{ А})$ | Расцепление         |
|           | С                           | $5,00 I_n$        |                     | $0,1 \text{ с} < t < 15 \text{ с} (I_n \leq 32 \text{ А})$<br>$0,1 \text{ с} < t < 30 \text{ с} (I_n > 32 \text{ А})$ |                     |
|           | D                           | $10,00 I_n$       |                     | $0,1 \text{ с} < t < 4 \text{ с} (I_n \leq 32 \text{ А})$<br>$0,1 \text{ с} < t < 8 \text{ с} (I_n > 32 \text{ А})$   |                     |

<sup>6</sup> В аналогичной таблице 7 стандарта МЭК 60898-1 2003 г. результатом испытания «а» указано: «без расцепления». Пределы времени нерасцепления заданы так:  $t \leq 1$  ч (при  $I_n \leq 63$  А) и  $t \leq 2$  ч (при  $I_n > 63$  А). То есть в стандарте МЭК 60898-1 2003 г. анализируемая логическая ошибка устранена. Таблица 7 стандарта МЭК 60898-2 2003 г. (для типов мгновенного расцепления В и С) содержит ту же логическую ошибку для испытания «а», которая имела в таблице 6 стандарта МЭК 60898 1995 г.

<sup>7</sup> В таблице 7 стандарта МЭК 60898-2 2003 г. для испытания «d» установлен противоположный результат: «расцепление». Пределы времени расцепления указаны в стандарте корректно для типа мгновенного расцепления В и С.

В таблице 7 стандарта МЭК 60898-1 2003 г., в которой установлены параметры стандартной время-токовой зоны, результатом испытания «d» указано «нет расцепления». Предел времени нерасцепления задан в стандарте иначе:  $t \leq 0,1$  с. Однако подобное задание параметров стандартной время-токовой зоны для испытания «d» имеет логическую ошибку. Автоматический выключатель при предусмотренных стандартом испытательных токах может расцепиться в течение секунды, минуты, часа, суток, недели, месяца и даже года.

ния «d» (табл. 14), а также корректируют методику проверки время-токовых характеристик автоматических выключателей при испытательных токах, равных  $3 I_n$ ,  $5 I_n$  и  $10 I_n$ . Указанные изменения соответствуют аналогичным изменениям, внесенным в 1996 г. в европейский стандарт EN 60898.

В таблице 7 стандарта МЭК 60898-2 2003 г. представленные выше параметры стандартной время-токовой зоны автоматических выключателей уточнены для постоянного тока (табл. 15), а также исправлены временные параметры для испытания «d».

| Испытание | Тип мгновенного расцепления <sup>8</sup> | Испытательный ток |          | Начальное состояние | Пределы времени расцепления или нерасцепления   | Требуемый результат |
|-----------|--|-------------------|----------|---------------------|---|---------------------|
|           |  | Пер.              | Пост.    |                     |   |                     |
| a         | В, С                                     | $1,13 I_n$        |          | Холодное            | $t \geq 1$ ч ( $I_n \leq 63$ А)<br>$t \geq 2$ ч ( $I_n > 63$ А)   | Без расцепления     |
| b         | В, С                                     | $1,45 I_n$        |          | Сразу за «а»        | $t < 1$ ч ( $I_n \leq 63$ А)<br>$t < 2$ ч ( $I_n > 63$ А)   | Расцепление         |
| c         | В, С                                     | $2,55 I_n$        |          | Холодное            | $1 \text{ с} < t < 60 \text{ с}$ ( $I_n \leq 32$ А)<br>$1 \text{ с} < t < 120 \text{ с}$ ( $I_n > 32$ А)    | Расцепление         |
| d         | В  | $3 I_n$           | $4 I_n$  | Холодное            | $0,1 \text{ с} < t < 45 \text{ с}$ ( $I_n \leq 32$ А)<br>$0,1 \text{ с} < t < 90 \text{ с}$ ( $I_n > 32$ А) | Расцепление         |
|           | С  | $5 I_n$           | $7 I_n$  |                     | $0,1 \text{ с} < t < 15 \text{ с}$ ( $I_n \leq 32$ А)<br>$0,1 \text{ с} < t < 30 \text{ с}$ ( $I_n > 32$ А) |                     |
| e         | В  | $5 I_n$           | $7 I_n$  | Холодное            | $t < 0,1 \text{ с}$   | Расцепление         |
|           | С  | $10 I_n$          | $15 I_n$ |                     |   |                     |

Время-токовая характеристика доброкачественного автоматического выключателя бытового назначения должна находиться в пределах его стандартной время-токовой зоны. Проверку время-токовой характеристики следует производить в строгом соответствии с требованиями, изложенным в подразделах 9.10 ГОСТ Р 50345 и стандарта МЭК 60898-1. Любые отступления от указанных норм при испытании автоматического выключателя неминуемо влекут за собой некорректные результаты, основываясь на которых нельзя сделать вывод о его пригодности к использованию в электроустановке здания.

**Ток отключения** – ток в полюсе автоматического выключателя в момент инициирования дуги в течение отключения.

В стандарте МЭК 60050-441 термин «отключающий ток (коммутационного устройства или плавкого предохранителя)» определен так: «ток в полюсе коммутационного устройства или в плавком предохранителе в момент инициирования дуги в течение процесса отключения». В примечании к определению разъяснено, что для переменного тока, ток выражается как симметричное действующее значение компоненты переменного тока.

В стандарт МЭК 60947-1 2004 г. наименование и определение термина заимствованы из МЭС. В ГОСТ Р 50030.1

использован термин «ток отключения (коммутационного аппарата или плавкого предохранителя)», который определен следующим образом: «ток в одном полюсе коммутационного аппарата или в плавком предохранителе в момент возникновения дуги в процессе отключения». В примечании к определению разъяснено, что «для переменного тока это симметричное действующее значение периодической составляющей».

В стандарте МЭК 60898-1 2003 г. термин «отключающий ток» определен следующим образом: «ток в полюсе автоматического выключателя в момент инициирования дуги в течение отключающего оперирования».

В ГОСТ Р 50345 этот термин имеет наименование «ток отключения» и похожее определение – «ток в полюсе выключателя в момент возникновения дуги при отключении».

**Ток срабатывания** – минимальный электрический ток в главной цепи автоматического выключателя, при котором срабатывает его расцепитель сверхтока.

В стандарте МЭК 60947-1 2004 г. термин «ток оперирования (реле или расцепителя сверхтока)» определен следующим образом: «значение тока, при и выше которого реле или расцепитель должны оперировать».

В ГОСТ Р 50030.1 использован термин «ток срабатывания (максимального реле или расцепителя тока)», который определен следующим образом: «минимальное значение тока, при котором срабатывает реле или расцепитель».

В стандарте МЭК 60898-1 2003 г. рассматриваемый термин не определен. Нет этого термина и в ГОСТ Р 50345.

Расцепитель сверхтока автоматического выключателя начинает срабатывать при достижении электрическим током в его главной цепи какого-то минимального значения. Ток срабатывания определяется индивидуальной время-токовой характеристикой автоматического выключателя. Любой сверхток, превышающий ток срабатывания, вызывает автоматическое срабатывание автоматического выключателя в течение промежутка времени, определяемого его время-токовой характеристикой.

**Ожидаемый ток** – электрический ток, который будет протекать в цепи, если каждый полюс автоматического выключателя заменить проводником с пренебрежимо малым полным сопротивлением.

В стандарте МЭК 60050-441 термин «ожидаемый ток (цепи и по отношению к коммутационному устройству или плавкому предохранителю)» определен так: «ток, который протекал бы в цепи, если бы каждый полюс коммутационного устройства или плавкого предохранителя был заменен проводником ничтожного полного сопротивления». В примечании к определению сказано, что метод, используемый для оценки и представления ожидаемого тока, определяется в уместном стандарте на изделие.

<sup>8</sup> В головке таблицы 7 стандарта МЭК 60898-2 записано иначе: «Тип». Однако в тексте стандарта отсутствуют какие-либо разъяснения того, что следует под этим понимать. Буквами «В» и «С» в стандарте обозначены типы мгновенного расцепления автоматических выключателей.



В стандарте МЭК 60050-442 «Международный электротехнический словарь. Часть 442. Электрические аксессуары» термин «ожидаемый ток» определен следующим образом: «ток, который протекал бы в цепи, если бы каждый главный токовый путь коммутационного устройства и устройства защиты от сверхтока, если это имеет место, был заменен проводником ничтожного полного сопротивления». В примечании к определению сказано, ожидаемый ток может быть оценен таким же способом, как реальный ток, например, ожидаемый ток отключения, ожидаемый пиковый ток, ожидаемый дифференциальный ток и так далее.

В стандарт МЭК 60947-1 2004 г. наименование и определение термина заимствованы из стандарта МЭК 60050-441. В ГОСТ Р 50030.1 использован термин «ожидаемый ток (цепи по отношению к коммутационному аппарату или плавкому предохранителю)», который определен следующим образом: «ток, который протекал бы в цепи, если бы каждый полюс коммутационного аппарата или плавкого предохранителя был заменен проводником с пренебрежимо малым полным сопротивлением». В примечании к определению разъясняется, что «метод оценки и выражения ожидаемого тока должен быть уточнен в соответствующем стандарте на аппарат».

В стандарте МЭК 60898-1 2003 г. термин «ожидаемый ток (цепи, и по отношению к автоматическому выключателю)» определен следующим образом: «ток, который протекал бы в цепи, если бы каждый полюс автоматического выключателя был заменен проводником с пренебрежимо малым полным сопротивлением». В примечании к определению сказано, что ожидаемый ток может быть оценен таким же способом, как реальный ток, например, ожидаемый ток отключения, ожидаемый пиковый ток.

В ГОСТ Р 50345 этот термин имеет наименование «ожидаемый ток (цепи, и применительно к автоматическому выключателю)» и похожее определение – «ток, который протекал бы в цепи, если бы каждый полюс автоматического выключателя был заменен проводником с ничтожно малым сопротивлением». В примечании к определению сказано, что «ожидаемый ток можно квалифицировать также, как действительный, например: ожидаемый ток отключения, ожидаемый пиковый ток».

**Ожидаемый ток включения (для полюса коммутационного устройства)** – ожидаемый ток, возникающий в установленных условиях.

В стандарте МЭК 60050-441 термин «ожидаемый ток включения (для полюса коммутационного устройства)» определен так: «ожидаемый ток в случае, когда инициируется при установленных условиях». В примечании к определению сказано, что определенные условия могут иметь отношение к способу инициирования, например, идеальным коммутационным устройством или к моменту инициирования, например, приводящему к максимальному ожидаемому пиковому току в цепи переменного тока, или к наивыс-

шей скорости нарастания. Спецификация этих условий задается в уместном стандарте на изделие.

В стандарт МЭК 60947-1 2004 г. наименование и определение термина заимствованы из МЭС. В ГОСТ Р 50030.1 использован термин «ожидаемый ток включения (для полюса коммутационного аппарата)», который определен следующим образом: «ожидаемый ток, возникающий в установленных условиях». В примечании к определению разъяснено, что «установленные условия могут касаться способа возникновения, например при применении идеального коммутационного аппарата, или момента возникновения, например обуславливающего максимальный ожидаемый пиковый ток в цепи переменного тока, или максимальной скорости нарастания. Условия уточняются в стандартах на соответствующие аппараты».

**Ожидаемый ток отключения (для полюса коммутационного устройства или плавкого предохранителя)** – ожидаемый ток, оцениваемый в момент, соответствующий моменту инициирования отключения.

В стандарте МЭК 60050-441 термин «ожидаемый ток отключения (для полюса коммутационного устройства или плавкого предохранителя)» определен так: «ожидаемый ток, оцениваемый для времени, соответствующем моменту инициирования процесса отключения». В примечании к определению сказано, что спецификации, имеющие отношение к моменту инициирования процесса отключения даются в уместном стандарте на изделие. Для механических коммутационных устройств или плавких предохранителей, это обычно определено как момент инициирования дуги в течение процесса отключения.

В стандарт МЭК 60947-1 2004 г. наименование и определение термина заимствованы из МЭС. В ГОСТ Р 50030.1 использован термин «ожидаемый ток отключения (для полюса коммутационного устройства или плавкого предохранителя)», который определен следующим образом: «ожидаемый ток, оцениваемый в момент, соответствующий началу процесса отключения». В примечании к определению разъясняется, что «данные, касающиеся начального момента процесса размыкания, приводятся в стандарте на соответствующий аппарат. Для контактных коммутационных аппаратов или плавких предохранителей это обычно момент возникновения дуги в процессе отключения».

**Ожидаемый пиковый ток** – пиковое значение ожидаемого тока в переходный период после его инициирования.

В стандарте МЭК 60050-441 термин «ожидаемый пиковый ток» определен так: «пиковое значение ожидаемого тока в течение переходного периода после инициирования». В примечании к определению сказано, что определение предполагает, что ток включен идеальным коммутационным устройством, то есть с мгновенным переходом от бесконечного к нулевому полному сопротивлению. Для цепей, где ток может протекать несколькими различными путями, например, многофазных цепей, это дальше предпо-

лагают, что ток включается одновременно во всех полюсах даже, если рассматривается ток только в одном полюсе.

В стандарт МЭК 60947-1 2004 г. наименование и определение термина заимствованы из МЭС. В ГОСТ Р 50030.1 также использован термин «ожидаемый пиковый ток», который определен следующим образом: «пиковое значение ожидаемого тока в переходный период после его появления». В примечании к определению разъясняется, что «это определение подразумевает, что ток включается идеальным коммутационным аппаратом, т. е. с мгновенным переходом от бесконечного к нулевому значению полного сопротивления. Для цепей, в которых ток может проходить по нескольким различным путям, например многофазных цепей, предполагается также, что ток включается одновременно во всех полюсах, даже если рассматривается ток только в одном полюсе».

В стандарте МЭК 60898-1 2003 г. использован такой же термин, определение которого заимствовано из МЭС. В ГОСТ Р 50345 этот термин имеет наименование «ожидаемый пиковый ток» и похожее определение – «пиковое значение ожидаемого тока во время переходного периода после его возникновения». В примечании к определению разъясняется, что «это определение подразумевает, что ток включается идеальным автоматическим выключателем, т. е. с мгновенным переходом от бесконечного к нулевому значению полного сопротивления. Для цепей, в которых ток может проходить по нескольким различным путям, например многофазных цепей, предполагается так же, что ток включается одновременно во всех полюсах, даже если рассматривается ток только в одном полюсе».

**Максимальный ожидаемый пиковый ток (цепи переменного тока)** – *ожидаемый пиковый ток, инициированный в момент, обуславливающий его наибольшее значение.*

В стандарте МЭК 60050-441 термин «максимальный ожидаемый пиковый ток (цепи переменного тока)» определен так: «ожидаемый пиковый ток, когда инициирование тока имеет место в момент, который приводит к наибольшему возможному значению». В примечании к определению сказано, что для многополюсного автоматического выключателя в многофазной цепи максимальный ожидаемый пиковый ток относится только к одному полюсу.

В стандарте МЭК 60898-1 2003 г. использованы наименование и определение термина, заимствованные из МЭС. В ГОСТ Р 50345 этот термин имеет наименование «максимальный ожидаемый пиковый ток (цепи переменного тока)» и следующее определение: «ожидаемый пиковый ток, возникающий в момент, обуславливающий его наибольшее значение». Примечание к определению гласит: «в многополюсном автоматическом выключателе, входящем в многофазную цепь, максимальный ожидаемый пиковый ток относится только к одному полюсу».

**Включающая способность** – *значение ожидаемого тока включения, который способен включить коммутационный аппарат при установленном напряжении при предписанных условиях использования и поведения.*

В стандарте МЭК 60050-441 термин «включающая способность (коммутационного устройства)» определен так: «значение ожидаемого тока включения, который коммутационное устройство способно включить при установленном напряжении при предписанных условиях использования и поведения». В примечании к определению разъяснено, что напряжение устанавливается и условия предписываются в уместном стандарте на изделие.

На основе этой информации в стандарте МЭК 60050-442 определен термин «включающая способность»: «значение ожидаемого тока, который коммутационное устройство способно включить при установленном напряжении при предписанных условиях использования и поведения».

В стандарт МЭК 60947-1 2004 г. наименование и определение термина заимствованы из стандарта МЭК 60050-441. В ГОСТ Р 50030.1 использован термин «включающая способность (коммутационного аппарата)», который определен следующим образом: «значение ожидаемого тока включения, который способен включать коммутационный аппарат при установленном напряжении в предписанных условиях эксплуатации и поведения». В примечании к определению разъяснено, что «напряжение устанавливается и условия предписываются в стандарте на соответствующий аппарат».

**Отключающая способность** – *значение ожидаемого тока отключения, который коммутационное устройство или плавкий предохранитель способен отключить при установленном напряжении при предписанных условиях использования и поведения.*

В стандарте МЭК 60050-441 термин «отключающая способность (коммутационного устройства или плавкого предохранителя)» определен так: «значение ожидаемого тока отключения, который коммутационное устройство или плавкий предохранитель способен отключить при установленном напряжении при предписанных условиях использования и поведения». В примечании к определению разъяснено, что напряжение устанавливается и условия предписываются в уместном стандарте на изделие. Для переменного тока ток выражается как симметричное действующее значение переменной составляющей.

На основе этой информации в стандарте МЭК 60050-442 определен термин «отключающая способность»: «значение ожидаемого тока, который коммутационное устройство способно отключить при установленном напряжении при предписанных условиях использования и поведения».

В стандарт МЭК 60947-1 2004 г. наименование и определение термина заимствованы из стандарта МЭК 60050-441. В ГОСТ Р 50030.1 использован термин «отключающая способность (коммутационного аппарата или плавкого предохранителя)», который определен следующим образом: «значение ожидаемого тока отключения, который способен отключать коммутационный аппарат или плавкий предохранитель при установленном напряжении в предписанных условиях эксплуатации и поведения». В примечаниях к определению разъяснено, что «напряжение устанавливается

и условия предписываются в стандарте на соответствующий аппарат. Для переменного тока это симметричное действующее значение периодической составляющей».

**Включающая способность при коротком замыкании** – включающая способность, для которой предписанные условия включают в себя короткое замыкание на выводах коммутационного устройства.

В стандарте МЭК 60050-441 термин «включающая способность при коротком замыкании» определен так: «включающая способность, для которой предписанные условия включают в себя короткое замыкание на выводах коммутационного устройства».

В стандарт МЭК 60947-1 2004 г. наименование и определение термина заимствованы из МЭС. В ГОСТ Р 50030.1 использован термин «наибольшая включающая способность», который определен следующим образом: «включающая способность, для которой к числу предписанных условий относится короткое замыкание на выводах коммутационного аппарата».

В новой редакции ГОСТ Р 50030.1 или в стандарте, его заменяющем, вместо термина «наибольшая включающая способность» следует использовать термин «включающая способность при коротком замыкании».

**Отключающая способность при коротком замыкании** – отключающая способность, для которой предписанные условия включают в себя короткое замыкание на выводах коммутационного устройства.

В стандарте МЭК 60050-441 термин «отключающая способность при коротком замыкании» определен так: «отключающая способность, для которой предписанные условия включают в себя короткое замыкание на выводах коммутационного устройства».

В стандарт МЭК 60947-1 2004 г. наименование и определение термина заимствованы из МЭС. В ГОСТ Р 50030.1 использован термин «наибольшая отключающая способность», который определен следующим образом: «отключающая способность, для которой к числу предписанных условий относится короткое замыкание на выводах коммутационного аппарата».

В новой редакции ГОСТ Р 50030.1 или в стандарте, его заменяющем, вместо термина «наибольшая отключающая способность» следует использовать термин «отключающая способность при коротком замыкании».

**Включающая и отключающая способность при коротком замыкании** – переменная составляющая ожидаемого тока, выраженная его действующим значением, который автоматический выключатель предназначен включать, проводить в течение его времени размыкания и отключать при определенных условиях.

В стандарте МЭК 60050-442 термин «(включающая и отключающая) способность при коротком замыкании» определен так: «переменная составляющая ожидаемого тока, выраженный его действующим значением, который автоматический выключатель разработан включать, прово-

дить в течение его время размыкания и отключать при определенных условиях».

В стандарте МЭК 60947-2 2003 г. термин «отключающая (или включающая) способность при коротком замыкании» определен следующим образом: «отключающая (или включающая) способность, для которой предписанные условия включают короткое замыкание».

В ГОСТ Р 50030.2 использован термин «наибольшая отключающая (или включающая) способности», который определен следующим образом: «отключающая (или включающая) способность, для которой предписанные условия содержат короткое замыкание».

В стандарте МЭК 60898-1 2003 г. термин «(включающая и отключающая) способность при коротком замыкании» определен следующим образом: «переменная составляющая ожидаемого тока, выраженная его действующим значением, который автоматический выключатель разработан включать, проводить в течение его времени размыкания и отключать при определенных условиях».

В ГОСТ Р 50345 этот термин назван «наибольшая включающая и отключающая способность» и определен следующим образом «переменная составляющая ожидаемого тока, выраженная его действующим значением, которую выключатель может включать, проводить в течение времени отключения и отключать при указанных условиях».

Используемый в настоящее время в национальной нормативной документации термин «наибольшая включающая и отключающая способность» следует заменить термином «включающая и отключающая способность при коротком замыкании» для того, чтобы национальная терминология в большей степени соответствовала терминологии стандартов МЭК.

**Наибольшая включающая и отключающая способность** – см. включающая и отключающая способность при коротком замыкании.

В ГОСТ Р 50345 используется термин «наибольшая включающая и отключающая способность». В первоисточнике – стандарте МЭК 60898 1995 г. – этот термин имеет иное наименование – «(включающая и отключающая) способность при коротком замыкании». Для устранения расхождений в наименованиях одного и того же термина, в новой редакции ГОСТ Р 50345 или в стандарте, его заменяющем, рассматриваемый термин следует поименовать включающей и отключающей способностью при коротком замыкании.

**Предельная отключающая способность при коротком замыкании  $I_{cu}$**  – отключающая способность, для которой предписанные условия соответственно установленной последовательности испытаний не предусматривают способности автоматического выключателя проводить в течение условного времени электрический ток, равный 0,85 его тока нерасцепления.

В стандарте МЭК 60050-442 термин предельная отключающая способность при коротком замыкании» определен так: «отключающая способность, для которой предписан-

ные условия согласно определенной последовательности испытания не включают способность автоматического выключателя проводить 0,85 его тока нерасцепления в течение условного времени».

В стандарте МЭК 60947-2 2003 г. термин «предельная отключающая способность при коротком замыкании» определен следующим образом: «отключающая способность, для которой предписанные условия согласно определенной последовательности испытания не включают способность автоматического выключателя непрерывно проводить его номинальный ток».

В ГОСТ Р 50030.2 использован термин «предельная наибольшая отключающая способность», который определен следующим образом: «отключающая способность, для которой согласно предписанным условиям, в соответствии с установленным циклом испытаний, не предполагают способности данного выключателя длительно проводить свой номинальный ток».

В стандарте МЭК 60898-1 2003 г. термин «предельная отключающая способность при коротком замыкании» определен следующим образом: «отключающая способность, для которой предписанные условия согласно определенной последовательности испытания не включают способность автоматического выключателя проводить 0,85 его тока нерасцепления в течение условного времени».

В ГОСТ Р 50345 этот термин имеет наименование «предельная наибольшая отключающая способность» и похожее определение – «отключающая способность, для которой предписанные условия соответственно указанному циклу испытаний не предусматривают способности выключателя проводить в течение условного времени ток, равный 0,85 его тока нерасцепления».

Используемый в настоящее время в национальной нормативной документации термин «предельная наибольшая отключающая способность» следует заменить термином «предельная отключающая способность при коротком замыкании» для того, чтобы национальная терминология в большей степени соответствовала терминологии стандартов МЭК.

**Предельная наибольшая отключающая способность** – см. предельная отключающая способность при коротком замыкании.

В ГОСТ Р 50345 используется термин «предельная наибольшая отключающая способность». В первоисточнике – стандарте МЭК 60898 1995 г. – этот термин имеет иное наименование – «предельная отключающая способность при коротком замыкании». Для устранения расхождений в наименованиях одного и того же термина, в новой редакции ГОСТ Р 50345 или в стандарте, его заменяющем, вместо термина «предельная наибольшая отключающая способность» следует использовать термин «предельная отключающая способность при коротком замыкании».

**Номинальная коммутационная способность при коротком замыкании  $I_{cn}$**  – значение предельной отключающей способности при коротком замыкании, установленное изготовителем для автоматического выключателя.

щей способности при коротком замыкании, установленное изготовителем для автоматического выключателя.

В стандарте МЭК 60898-1 2003 г. термин «номинальная способность при коротком замыкании ( $I_{cn}$ )» определен так: «значение предельной отключающей способности при коротком замыкании, установленной автоматическому выключателю производителем». В примечании к определению сказано, что автоматический выключатель, имеющий заданную номинальную способность при коротком замыкании, имеет соответствующую рабочую способность при коротком замыкании ( $I_{cs}$ ).

В стандарте МЭК 60898-1 под способностью при коротком замыкании понимается (включающая и отключающая) способность при коротком замыкании, то есть коммутационная способность автоматического выключателя при коротком замыкании. Поэтому рассматриваемую характеристику автоматического выключателя следует назвать номинальной коммутационной способностью при коротком замыкании.

В ГОСТ Р 50345 этот термин имеет наименование «номинальная отключающая способность ( $I_{cn}$ )» и следующее определение: «значение предельной наибольшей отключающей способности, установленное для выключателя». Примечание к определению гласит: «данной номинальной отключающей способности выключателя соответствует определенная рабочая отключающая способность».

Имеющие место существенные различия в наименовании рассматриваемого термина и его определении следует устранить при подготовке к изданию новой редакции ГОСТ Р 50345 или стандарта, его заменяющего.

Характеристика «номинальная коммутационная способность при коротком замыкании» определяет максимальный ток короткого замыкания, который автоматический выключатель должен гарантированно включить, проводить определенное время и отключить при заданных стандартом условиях, например, при установленном в стандарте диапазоне коэффициентов мощности (см. табл. 14 ГОСТ Р 50345). Автоматический выключатель, тем более, должен отключить любой ток короткого замыкания, значение которого не превышает его номинальной коммутационной способности при коротком замыкании.

Для понимания характера поведения автоматического выключателя после отключения им максимального тока короткого замыкания обратимся к требованиям п. 9.12.11.4 «Испытание при токах св. 1500 А» ГОСТ Р 50345.

Каждый автоматический выключатель должен обеспечить одно отключение испытательной электрической цепи с ожидаемым током короткого замыкания, равным номинальной коммутационной способности при коротком замыкании, а также одно включение с последующим автоматическим отключением электрической цепи, в которой протекает указанный испытательный ток.

После проведения этого испытания автоматический выключатель не должен иметь повреждений, ухудшающих его эксплуатационные свойства, а также должен выдер-



жать установленные стандартом испытания на электрическую прочность и проверку характеристики расцепления.

Рассматриваемая характеристика автоматического выключателя используется для согласования ее численного значения с токами короткого замыкания в электроустановке здания. Значение номинальной коммутационной способности при коротком замыкании должно превышать или быть равным максимальному току короткого замыкания в месте установки автоматического выключателя.

Для автоматических выключателей бытового назначения в ГОСТ Р 50345 установлены следующие значения номинальной коммутационной способности при коротком замыкании:

- в диапазоне сверхтока до 10000 А включительно – стандартные значения номинальной коммутационной способности при коротком замыкании, равные 1500, 3000, 4500, 6000, 10000 А;
- в диапазоне сверхтока свыше 10000 А до 25000 А включительно – предпочтительное значение номинальной коммутационной способности при коротком замыкании, равное 20000 А.

**Номинальная отключающая способность** – см. номинальная коммутационная способность при коротком замыкании.

В ГОСТ Р 50345 используется термин «номинальная отключающая способность». В первоисточнике – стандарте МЭК 60898 1995 г. – этот термин имеет иное наименование – «номинальная способность при коротком замыкании». При этом под способностью при коротком замыкании понимается (включающая и отключающая) способность при коротком замыкании, то есть коммутационная способность автоматического выключателя при коротком замыкании. Для устранения расхождений в наименованиях одного и того же термина, в новой редакции ГОСТ Р 50345 или в стандарте, его заменяющем, вместо термина «номинальная отключающая способность» следует использовать термин «номинальная коммутационная способность при коротком замыкании».

**Рабочая отключающая способность при коротком замыкании  $I_{cs}$**  – отключающая способность, для которой предписанные условия соответственно установленной последовательности испытаний предусматривают способность автоматического выключателя проводить в течение условного времени электрический ток, равный 0,85 его тока нерасцепления.

В стандарте МЭК 60050-442 термин рабочая отключающая способность при коротком замыкании определен так: «отключающая способность, для которой предписанные условия согласно определенной последовательности испытания включают способность автоматического выключателя проводить 0,85 его тока нерасцепления в течение условного времени».

В стандарте МЭК 60947-2 2003 г. термин «рабочая отключающая способность при коротком замыкании» опре-

делен следующим образом: «отключающая способность, для которой предписанные условия согласно определенной последовательности испытания включают способность автоматического выключателя непрерывно проводить его номинальный ток».

В ГОСТ Р 50030.2 термину дано наименование «рабочая наибольшая отключающая способность» и похожее определение: «отключающая способность, для которой согласно предписанным условиям, в соответствии с установленным циклом испытаний, предполагают способность данного выключателя длительно проводить свой номинальный ток».

В стандарте МЭК 60898-1 2003 г. термин «рабочая отключающая способность при коротком замыкании» определен так: «отключающая способность, для которой предписанные условия согласно определенной последовательности испытания включают способность автоматического выключателя проводить 0,85 его тока нерасцепления в течение условного времени».

В ГОСТ Р 50345 этот термин имеет наименование «рабочая наибольшая отключающая способность» и следующее определение: «отключающая способность, для которой предписанные условия соответственно указанному циклу испытаний предусматривают способность выключателя проводить в течение условного времени ток, равный 0,85 тока нерасцепления».

Используемый в настоящее время в национальной нормативной документации термин «рабочая наибольшая отключающая способность» следует заменить термином «рабочая отключающая способность при коротком замыкании» для того, чтобы национальная терминология в большей степени соответствовала терминологии стандартов МЭК.

Номинальной коммутационной способности при коротком замыкании  $I_{cn}$  автоматического выключателя бытового назначения соответствует определенная рабочая отключающая способность при коротком замыкании  $I_{cs}$ . В ГОСТ Р 50345 между номинальной коммутационной способностью при коротком замыкании автоматического выключателя и его рабочей отключающей способностью при коротком замыкании установлено соотношение, представленное в табл. 16. Указанная информация приведена в таблице 15 рассматриваемого стандарта. Однако соотношение между этими характеристиками автоматического выключателя в стандарте задано с помощью коэффициента, равного  $K = I_{cs}/I_{cn}$ .

**Таблица 16. Соотношение между рабочей отключающей способностью при коротком замыкании и номинальной коммутационной способностью при коротком замыкании**

| Номинальная коммутационная способность при коротком замыкании $I_{cn}$ | Рабочая отключающая способность при коротком замыкании $I_{cs}$ |
|--|---|
| $I_{cn} \leq 600$ А  | $I_{cs} = I_{cn}$   |
| $600 \text{ А} < I_{cn} \leq 10000$ А                                  | $I_{cs} = 0,75 I_{cn}$ , но не менее 6000 А                     |
| $I_{cn} > 10000$ А   | $I_{cs} = 0,5 I_{cn}$ , но не менее 7500 А                      |

Рабочая отключающая способность при коротком замыкании значительно меньше номинальной коммутационной способности при коротком замыкании (при  $I_{сн} > 6000$  А). Поэтому каждый автоматический выключатель способен отключить электрический ток, равный рабочей отключающей способности при коротком замыкании, большее число раз, чем электрический ток, равный номинальной коммутационной способности при коротком замыкании.

Однополюсный и двухполюсный автоматические выключатели должны обеспечить два отключения испытательной электрической цепи с ожидаемым током короткого замыкания в ней, равным рабочей отключающей способности при коротком замыкании, и одно включение указанной электрической цепи с последующим ее автоматическим отключением. Трехполюсный и четырехполюсный автоматические выключатели должны обеспечить одно отключение электрической цепи, в которой протекает указанный испытательный ток, а также два ее включения с последующим автоматическим отключением.

После проведения указанного испытания автоматический выключатель не должен иметь повреждений, ухудшающих его эксплуатационные свойства. Каждый автоматический выключатель также должен выдержать предписанные стандартом испытания на электрическую прочность и проверку его характеристики расцепления.

В требованиях стандарта МЭК 60364-5-53 «Электрические установки зданий. Часть 5-53. Выбор и монтаж электрического оборудования. Разделение, коммутация и управление» 2002 г. указано, что когда стандарт, охватывающий защитное устройство, определяет и номинальную рабочую отключающую способность при коротком замыкании, и номинальную предельную отключающую способность при коротком замыкании, допустимо выбирать защитное устройство на основе предельной отключающей способности при коротком замыкании для максимальных характеристик короткого замыкания. Однако условия эксплуатации могут сделать желательным выбор защитного устройства по рабочей отключающей способности при коротком замыкании, например, когда защитное устройство устанавливается на вводе электроустановки. Поэтому значение рабочей отключающей способности при коротком замыкании автоматического выключателя целесообразно выбирать так, чтобы оно превышало или было равным максимальному току короткого замыкания в месте его установки.

**Рабочая наибольшая отключающая способность** – см. рабочая отключающая способность при коротком замыкании.

В ГОСТ Р 50345 используется термин «рабочая наибольшая отключающая способность». В первоисточнике – стандарте МЭК 60898 1995 г. – этот термин имеет иное наименование – «рабочая отключающая способность при коротком замыкании». Для устранения расхождений в наименованиях одного и того же термина, в новой редакции ГОСТ Р 50345 или в стандарте, его заменяющем, вместо

термина «рабочая наибольшая отключающая способность» следует использовать термин «рабочая отключающая способность при коротком замыкании».

**Интеграл Джоуля ( $I^2t$ )** – интеграл квадрата силы тока по заданному интервалу времени:

$$I^2t = \int_{t_0}^{t_1} i^2 dt.$$

В стандарте МЭК 60050-441 термин «интеграл Джоуля ( $I^2t$ )» определен так: «интеграл квадрата тока по заданному интервалу времени». К определению термина дана следующая формула:

$$I^2t = \int_{t_0}^{t_1} i^2 dt.$$

В стандарт МЭК 60947-1 2004 г. наименование и определение рассматриваемого термина заимствованы из МЭС. В ГОСТ Р 50030.1 термину дано наименование «интеграл Джоуля ( $I^2t$ )», похожее определение: «интеграл квадрата силы тока по данному интервалу времени» и приведена такая же формула.

В стандарте МЭК 60898-1 2003 г. определен термин « $I^2t$  (интеграл Джоуля)» – «интеграл квадрата тока по заданному интервалу времени». Определение термина дополнено приведенной выше формулой.

В ГОСТ Р 50345 этот термин определен похоже: «интеграл квадрата силы тока по данному интервалу времени» и дополнен такой же формулой.

Так называемый «интеграл Джоуля» – интеграл квадрата силы тока по заданному интервалу времени ( $t_0, t_1$ ) – определяют по указанной выше формуле.

Значения интеграла Джоуля, рассчитанные для конкретных значений электрического тока, протекающего через главную цепь автоматического выключателя, используют для определения характеристики  $I^2t$  автоматического выключателя, которая представляет собой кривую, отражающую максимальные значения  $I^2t$  как функцию ожидаемого тока в указанных условиях эксплуатации.

**Характеристика  $I^2t$**  – кривая, отражающая максимальные значения  $I^2t$  автоматического выключателя как функцию ожидаемого тока в указанных условиях эксплуатации.

В стандарте МЭК 60050-442 термин «характеристика  $I^2t$  коммутационного устройства» определен так: «кривая, дающая максимальные значения  $I^2t$  как функцию ожидаемого тока при установленных условиях оперирования».

В стандарте МЭК 60947-2 2003 г. термин «характеристика  $I^2t$  автоматического выключателя» определен следующим образом: «информация (обычно кривая), дающая максимальные значения  $I^2t$ , отнесенные ко времени отключения, как функцию ожидаемого тока (действующее значение симметричной составляющей для переменного тока) вплоть до максимального ожидаемого тока, соответствующего номинальной отключающей способности при коротком замыкании и соотнесенного с ней напряжения».

В ГОСТ Р 50030.2 использован термин «характеристика  $I^2t$  автоматического выключателя», который определен следующим образом: «информация (как правило, в виде кривой), представленная максимальными, по времени отключения, значениями  $I^2t$  как функция ожидаемого тока (действующее значение симметричной составляющей для переменного тока) от пикового значения ожидаемого тока, удовлетворяющего номинальной отключающей способности при коротком замыкании и соответствующем напряжении».

В стандарте МЭК 60898-1 2003 г. термин «характеристика  $I^2t$  автоматического выключателя» определен следующим образом: «кривая, дающая максимальные значения  $I^2t$  как функцию ожидаемого тока при установленных условиях оперирования».

В ГОСТ Р 50345 этот термин имеет наименование «характеристика  $I^2t$  выключателя» и похожее определение – «кривая, отражающая максимальные значения  $I^2t$  как функцию ожидаемого тока в указанных условиях эксплуатации».

Характеристика  $I^2t$  автоматического выключателя представляет собой кривую, отражающую максимальные значения  $I^2t$  как функцию ожидаемого тока в указанных условиях эксплуатации.

Эта характеристика позволяет оценить способность автоматического выключателя ограничивать ожидаемый сверхток в защищаемых им электрических цепях. Некоторые виды электрооборудования, например, устройства защитного отключения без встроенной защиты от сверхтока, имеют ограничения по значению характеристики  $I^2t$ . Поэтому при проектировании электроустановок зданий с помощью рассматриваемой характеристики проводится проверка возможности использования автоматических выключателей для обеспечения защиты подобного электрооборудования от токов короткого замыкания.

Характеристика  $I^2t$  применяется также для определения возможности обеспечения селективной работы при коротких замыканиях двух последовательно включенных автоматических выключателей или плавкого предохранителя и автоматического выключателя.

Значения характеристики  $I^2t$  для конкретных электрических токов – так называемый «интеграл Джоуля» – интеграл квадрата силы тока по данному интервалу времени ( $t_0, t_1$ ) – определяют по следующей формуле:

$$I^2t = \int_{t_0}^{t_1} i^2 dt.$$

Рассматриваемая характеристика положена в основу классификации автоматических выключателей, устанавливающей способность автоматических выключателей ограничивать ожидаемые сверхтоки в защищаемых ими электрических цепях. Автоматические выключатели подразделяются на три класса ограничения электроэнергии. Харак-

теристика «класс ограничения электроэнергии<sup>9</sup>» и значения характеристики  $I^2t$ , по которым автоматические выключатели могут быть отнесены к определенному классу, не предусмотрены ни в ГОСТ Р 50345, ни в его прототипе – стандарте МЭК 60898 1995 г.

В стандарте МЭК 60898-1 2003 г. также не предусмотрена классификация автоматических выключателей по характеристике  $I^2t$ , однако отмечается, что в дополнение к характеристике  $I^2t$ , обеспеченной производителем, автоматические выключатели могут быть классифицированы согласно их характеристике  $I^2t$ . В стандарте также указано, что по требованию производитель должен сделать доступным характеристику  $I^2t$  (см. 3.5.13). Производитель может указать классификацию  $I^2t$  и соответственно маркировать автоматические выключатели.

Классификация автоматических выключателей по характеристике  $I^2t$  установлена в европейском стандарте EN 60898. В таблице 17 представлены максимальные значения характеристики  $I^2t$  автоматических выключателей по классам ограничения электроэнергии, значения которых заимствованы из изменения<sup>10</sup>, внесенного в стандарт Германии DIN VDE 0641 часть 11 в 1994 г.

**Таблица 17. Предельные значения характеристики  $I^2t$  для автоматических выключателей,  $A^2c$**

| Номинальная коммутационная способность при коротком замыкании, А | Класс ограничения электроэнергии                        |        |        |       |        |
|--|---|--------|--------|-------|--------|
|  | Тип мгновенного расцепления автоматического выключателя |        |        |       |        |
|  | 1   | 2      | 3      | В     | С      |
| Номинальный ток до 16 А включительно                             |   |        |        |       |        |
| 3000   |   | 31000  | 37000  | 15000 | 18000  |
| 4500   | Предельные значения не установлены                      | 60000  | 75000  | 25000 | 30000  |
| 6000   |   | 100000 | 120000 | 35000 | 42000  |
| 10000  |   | 240000 | 290000 | 70000 | 84000  |
| Номинальный ток свыше 16 А до 32 А включительно                  |   |        |        |       |        |
| 3000   |   | 40000  | 50000  | 18000 | 22000  |
| 4500   | Предельные значения не установлены                      | 80000  | 100000 | 32000 | 39000  |
| 6000   |   | 130000 | 160000 | 45000 | 55000  |
| 10000  |   | 310000 | 370000 | 90000 | 110000 |

Современные автоматические выключатели бытового назначения, имеющие номинальный ток до 32 А и типы мгновенного расцепления В и С, как правило, соответствуют третьему классу ограничения электроэнергии. Их маркируют знаком **3**. Такие автоматические выключатели представляют собой токоограничивающие автоматические выключатели. Их целесообразно применять для защиты от сверхтока групповых электрических цепей электроустановок зданий с целью максимального снижения негативного влияния токов короткого замыкания на проводники и другое электрическое оборудование, образующее эти электрические цепи.

<sup>9</sup> Указанная характеристика автоматического выключателя «класс ограничения электроэнергии» может иметь иное наименование в новой редакции ГОСТ Р 50345 или в другом стандарте, его заменяющем.

<sup>10</sup> Указанное изменение, внесенное в стандарт Германии DIN VDE 0641 часть 11, соответствует изменению A11 европейского стандарта EN 60898, утвержденному в 1994 г.

**Г. Ф. Быстрицкий  
(МЭИ)**

## КОТЕЛЬНЫЕ УСТАНОВКИ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

### ПАРОВЫЕ КОТЛЫ

В промышленных котельных, снабжающих промпредприятия паром низкого давления (до 1,4 МПа) на нужды технологии и отопления применяются паровые котлы, производимые отечественной промышленностью, до 50 т/ч. Котлы выпускаются для сжигания твердого, жидкого и газообразного топлива.

Основным типом паровых котлов, широко распространенных в различных отраслях промышленности, в коммунальном и сельском хозяйстве, где пар используется для технологических и отопительно-вентиляционных нужд, а

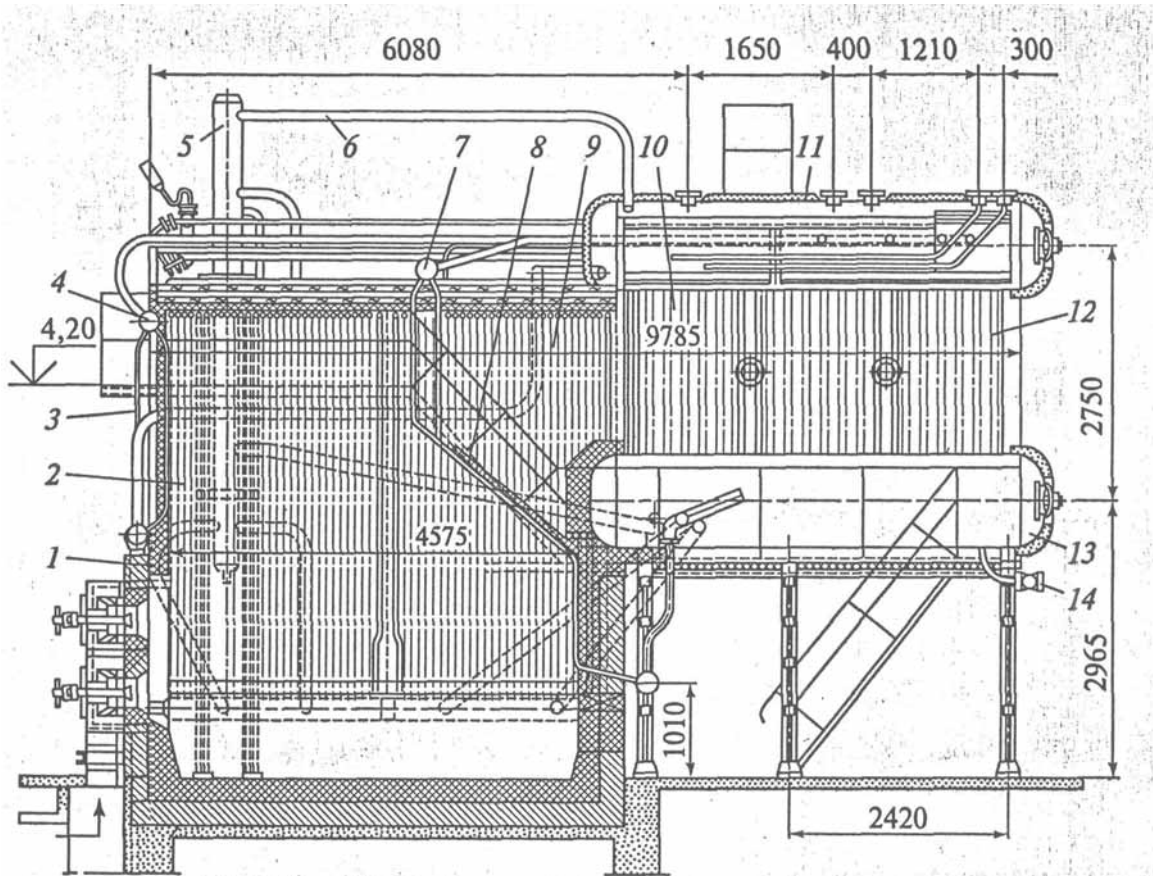
также на электростанциях малой мощности, являются вертикально-водотрубные котлы ДКВР (двухбарабанный котле вертикальный, реконструированный).

Общий вид котла показан на рис. 1, а основные типоразмеры и характеристики в табл. 1. Кроме котлов ДКВР получили распространение паровые газомазутные котлы малой и средней мощности серии Е(ДЕ) и Е(ГМ), производительностью 4–25 т/ч и 35–75 т/ч, давлением насыщенного и перегретого пара 1,4–3,9 МПа, температурой 380–440°C. Основные данные котлов Е(МГ) даны в табл. 2.

**Таблица 1. Основные данные паровых котлов ДКВР, производства «Уралкотломаш» (на жидком и газообразном топливе)**

| Обозначения | Паропроизводительность, т/ч | Давление пара, МПа (кг/см <sup>2</sup> ) | Температура, С | КПД, %      |       | Размеры, мм |        |       | Масса, кг |
|-------------|-----------------------------|--|----------------|-------------|-------|-------------|--------|-------|-----------|
|             |                             |  |                | (газ/мазут) | Длина | Ширина      | Высота |       |           |
| ДКВР-2,5-13 | 2,5                         | 1,3(13)                                  | 194            | 90,0/88,8   | 4120  | 3200        | 4343   | 7068  |           |
| ДКВР-4-13   | 4,0                         | 1,3(13)                                  | 194            | 90,0/88,8   | 5410  | 3430        | 4345   | 7800  |           |
| ДКВР-6,5-13 | 6,5                         | 1,3(13)                                  | 194            | 91,0/89,5   | 6520  | 3820        | 4345   | 12200 |           |
| ДКВР-10-13  | 10,0                        | 1,3(13)                                  | 194            | 91,0/89,5   | 6860  | 3830        | 6315   | 16000 |           |
| ДКВР-10-13  | 10,0                        | 1,3(13)                                  | 225            | 90/88       | 6860  | 3830        | 6315   | 17000 |           |
| ДКВР-10-23  | 10,0                        | 2,3(23)                                  | 220            | 91/89       | 6860  | 3830        | 6315   | 17000 |           |
| ДКВР-10-23  | 10,0                        | 2,3(23)                                  | 370            | 90/89       | 6860  | 3830        | 6315   | 17000 |           |
| ДКВР-10-39  | 10,0                        | 3,9(39)                                  | 247            | 89          | 7050  | 3450        | 6660   | 30500 |           |
| ДКВР-10-39  | 10,0                        | 3,9(39)                                  | 470            | 89          | 7050  | 3450        | 6660   | 30500 |           |
| ДКВР-20-13  | 20,0                        | 1,3(13)                                  | 194            | 92/90       | 9775  | 3215        | 7660   | 43700 |           |
| ДКВР-20-13  | 20,0                        | 1,3(13)                                  | 250            | 91/89       | 9775  | 3215        | 7660   | 44400 |           |
| ДКВР-20-13  | 20,0                        | 2,3(13)                                  | 370            | 91/89       | 9775  | 3215        | 7660   | 44400 |           |





**Рис. 1. Котел ДКВР-20 с топкой для сжигания газа и мазута в облегченной обмуровке.**  
 1 - водоотводящие трубы; 2 - экранные трубы; 3 - циркуляционные трубы; 4, 7 - коллекторы;  
 5 - циклон; 6 - труба; 8 - перегородки; 9 - камера догорания; 10 - пароперегреватель; 11 - верхний барабан; 12 - пучок; 13 - нижний барабан; 14 - клапан.

**Таблица 2. Технические характеристики паровых газомазутных котлов типа Е(ГМ) паропроизводительностью 35-75 т/ч**

| Наименование   | Марка котла                       |                                 |                                       |                                  |                                       |   |
|--|-----------------------------------|---------------------------------|---------------------------------------|----------------------------------|---------------------------------------|---|
|  | Е-35-ГМ<br>(БГМ-35М)<br>Газ/мазут | Е-50-1,4ГМ<br>(ГМ-50-14)<br>Газ | Е-50-1,4ГМ<br>(ГМ-50-14/250)<br>Мазут | Е-50-4,0ГМ<br>(БМ-35РФ)<br>Мазут | Е-50-4,0ГМ<br>(ГМ-50-14)<br>Газ/мазут | Е-75-3,9ГМ<br>(БКЗ-75-39ГМА)<br>Газ/мазут |
| 1  | 2                                 | 3                               | 4                                     | 5                                | 6                                     | 7   |
| Номинальная производительность, т/ч                        | 35/40                             | 50                              | 50                                    | 50                               | 50                                    | 75  |
| Давление пара, МПа (кгс/см <sup>2</sup> )                  | 4,0(40)                           | 1,4(14)                         | 1,4(14)                               | 4,0(40)                          | 4,0(40)                               | 4,0(40)                                   |
| Температура, °С:   |                                   |                                 |                                       |                                  |                                       |   |
| перегретого пара   | 440                               | -                               | 250                                   | 440                              | 440                                   | 440                                       |
| питательной воды   | 145                               | 100                             | 100                                   | 145                              | 145                                   | 145                                       |
| уходящих газов   | 158/178                           | 126                             | 155                                   | 185                              | 188/216                               | 127/180                                   |
| Расчетный кпд (брутто), %                                  | 90,8/90,7                         | 92                              | 91                                    | 90                               | 89,6/88,2                             | 92,4/90,36                                |
| Гарантийный кпд (брутто), %                                | -/88,0                            | -                               | 90                                    | 98                               | 87,0/86,0                             | -/89,0                                    |
| Сопrotивление газового тракта, кПа (кгс/см <sup>2</sup> )  | 0,27(270)/<br>0,23(230)           | 3,14<br>(314)                   | 3,32<br>(332)                         | 1,22<br>(122)                    | 0,17(170)/<br>0,19(190)               | -/0,67(67)                                |
| Сопrotивление воздушного тракта, кПа (кгс/м <sup>2</sup> ) | 2,92(292)/<br>2,93(293)           | 3,00<br>(300)                   | 3,15<br>(315)                         | 3,09<br>(309)                    | 3,16(316)/<br>3,2(320)                | -/3,26(326)                               |
| Габаритные размеры котла, мм:                              |                                   |                                 |                                       |                                  |                                       |   |
| высшая отметка котла                                       | 15180                             | 14954                           | 14954                                 | 15800                            | 15570                                 | 19375                                     |
| ширина по осям колонн каркаса                              | 5740                              | 6320                            | 6320                                  | 5310                             | 5930                                  | 6810                                      |
| глубина по осям колонн каркаса                             | 9850                              | 14204                           | 14204                                 | 12280                            | 9778                                  | 9900                                      |
| Масса котла в объеме заводской поставки, т                 | 128                               | 142                             | 164                                   | 173,3                            | 258                                   | 259,0                                     |

## ВОДОГРЕЙНЫЕ КОТЛЫ

Для централизованного теплоснабжения крупных промышленных предприятий, городов и отдельных районов применяются стальные водогрейные котлы большой тепловой мощности.

Водогрейные котлы предназначены для получения горячей воды заданных параметров, главным образом, для отопления. Они работают по прямоточной схеме с постоянным расходом воды. Конечная температура нагрева определяется условиями поддержания стабильной температуры в жилых и рабочих помещениях, обогреваемых отопительными приборами, через которые и циркулирует вода, нагретая в водогрейном котле. Поэтому при постоянной поверхности отопительных приборов температуру воды, подаваемой в них, повышают при снижении температуры окружающей среды. Обычно воду тепловой сети в котлах подогревают от 70 ... 104 до 150 ... 170°C. В последнее время имеется тенденция к повышению температуры подогрева до 180 ... 200°C.

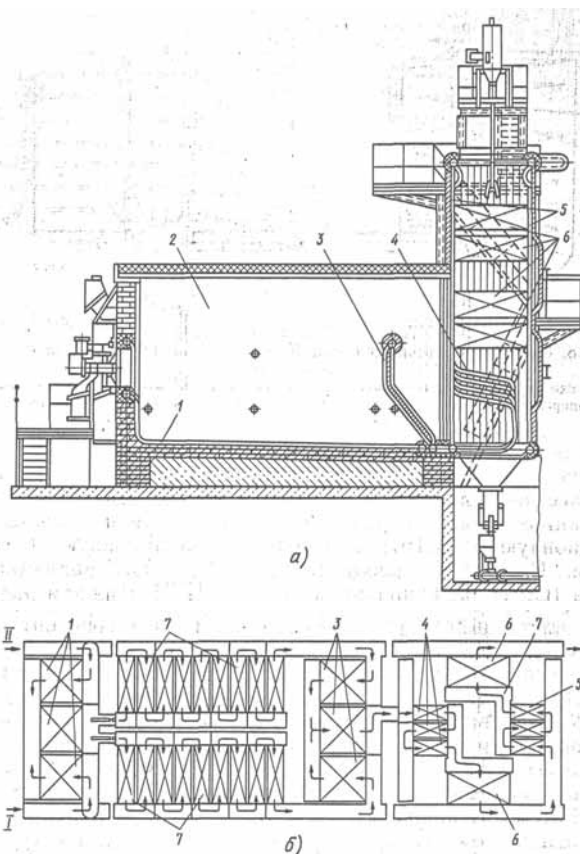
Во избежание конденсации водяных паров из уходящих газов и связанной с этим наружной коррозии поверхностей нагрева температура воды на входе в агрегат должна быть выше точки росы для продуктов сгорания. В этом случае температура стенок труб в месте ввода воды также будет не ниже точки росы. Поэтому температура воды на входе не должна быть ниже 60°C при работе котла на природном газе, 70°C при работе на малосернистом мазуте и 110°C при использовании высокосернистого мазута. Поскольку в теплосети вода может охлаждаться до температуры ниже 60°C, перед входом в агрегат к ней подмешивается некоторое количество уже нагретой в котле (прямой) воды.

Наиболее широкое распространение получили газомазутные котлы типов КВГМ и ПТВТ.

Котлы типа КВГМ (рис. 2) тепловой мощности 4; 6,5; 10; 20 и 30 Гкал/ч (4,8–35 МВт) имеют горизонтально располо-

**Таблица 3. Технические характеристики водогрейных котлов типа КВГМ**

| Наименование                                      | Марка котла    |                |                |
|---|----------------|----------------|----------------|
|   | КВГМ-10        | КВГМ-20        | КВГМ-30        |
| Теплопроизводительность, ккал/ч                   | 10 x 106       | 20 x 106       | 30 x 106       |
| Рабочее давление, МПа (кгс/см <sup>2</sup> )      | 1,0-2,5(10-25) | 1,0-2,5(10-25) | 1,0-2,5(10-25) |
| Температура воды, °С:                             |                |                |                |
| на выходе   | 70             | 70             | 70             |
| на входе  | 150            | 150            | 150            |
| Расход воды, т/ч                                  | 123,5          | 247,0          | 370            |
| Гидравлическое сопротивление, кгс/см <sup>2</sup> | 1,5            | 2,3            | 1,0            |
| Коэффициент полезного действия, %:                |                |                |                |
| на природном газе                                 | 91,8           | 91,5           | 91,8           |
| на сернистом мазуте                               | 88,5           | 88,85          | 88,6           |
| Температура уходящих газов, °С:                   |                |                |                |
| на природном газе                                 | 185            | 190            | 195            |
| на сернистом мазуте                               | 230            | 240            | 240            |
| Расход топлива:                                   |                |                |                |
| на газ, м <sup>3</sup> /М                         | 1290           | 2580           | 3680           |
| на мазуте, кг/ч                                   | 1200           | 2450           | 3870           |



**Рис. 2. Водогрейный котел КВГМ-20 (а) и схема его водяного тракта (б).**

**1, 3, 7 - подовофронтной, задний и боковые экраны; 2 - топка; 4 - фестон; 5 - экраны конвективной шахты; 6 - конвективные пучки; I, II - потки воды.**

женную топку и поверхности нагрева с прямоточным принудительным движением воды (технические характеристики см. табл. 3).

Котлы типа ПТВМ теплопроизводительностью 30–180 Гкал/ч (35–210 МВт) выполняют с П-образной и башенной компоновкой (рис. 3). Водогрейные котлы ПТВМ-50, ПТВМ-100 и ПТВМ-180 выполняемые только с башенной компоновкой, имеют экранированную топку и расположенные над ней конвективные поверхности (технические характеристики см. табл. 4). Простейшая конфигурация котла и небольшое сопротивление конвективных пакетов позволили работать с естественной тягой, не требующей установки дымососов.

Для нужд отопления и горячего водоснабжения жилых, производственных и административных зданий применяются котлы стальные водогрейные КСВ ЗАО «Запсигазпрома», завод-изготовитель «Сибмет».

Котел стальной водогрейный КСВ представляет собой трехходовой жаротрубнодымогарный котел, работающий с наддувом. Под избыточным давлением, обеспечиваемым



**ВЕНТИЛЬНЫЕ РАЗРЯДНИКИ ОТ ООО «КАМТЭК-ЭНЕРГО»**

**Технические характеристики РВО-6У1**

Разрядники предназначены для защиты от грозových перенапряжений изоляции электрооборудования переменного тока частоты 50 Гц с номинальным напряжением 6 и 10 кВ в сетях с изолированной и заземленной нейтралью.

Разрядники РВО-6У1 и РВО-10У1 соответствуют ТУ 3414-005-40774473-01.

На разрядники получен сертификат соответствия требованиям безопасности № РОСС RU.MBO2. В 00532, выданный ассоциацией «ЭНЕРГОСЕРТ».

Разрядники предназначены для эксплуатации в районах с умеренным климатом при температуре окружающего воздуха: от -45 до +40°С.

Высота установки над уровнем моря не более 1000м. Относительная влажность воздуха при t +25°С до 100%.

Разрядник состоит из искровых промежутков и нелинейных резисторов, заключенных в герметично закрытую фарфоровую покрывку, которая защищает внутренние элементы разрядника от воздействий внешней среды и обеспечивает стабильность характеристик.

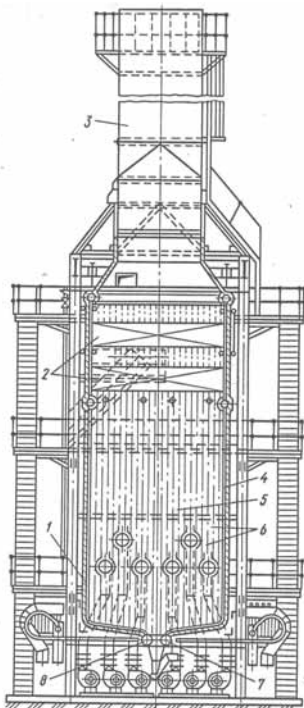
Рабочий резистор разрядника изготовлен из спецмассы «Вилит» и обладает нелинейной вольтамперной характеристикой.

| Класс напряжения сети, кВ   | РВО-6У1  | РВО-10У1   |
|---|--|------------|
| Пробивное напряжение при частоте 50 Гц в сухом состоянии и под дождем, действующее значение, кВ<br>а) не менее<br>б) не более       | 16<br>19   | 26<br>30,5 |
| Импульсное пробивное напряжение (при предударном времени от 2 до 20 мкс), кВ, не более  | 32   | 48         |
| Остающееся напряжение при импульсе тока с длительностью фронта 8 мкс, не более:<br>с амплитудой тока 3 кА<br>с амплитудой тока 5 кА | 25<br>27   | 43<br>45   |
| Номинальный разрядный ток, кА   | 5  | 5          |
| Ток утечки при постоянном напряжении, равном номинальному, мкА, не более  | 6  | 6          |
| Номинальное напряжение разрядника, кВ   | 7,5  | 12,7       |
| Пропускная способность  | - 20 импульсов тока волной 16/40 мкс с амплитудой 300кА<br>-20 прямоугольных импульсов тока длительностью 2000 мкс с амплитудой 75 А |            |
| Ток утечки, мкА не более  | 6  | 6          |
| Длина пути утечки, см не более  | 25   | 42         |

**Технические характеристики РВО-6Н**

Разрядники вентильные типа РВО-6Н и РВО-10Н предназначены для защиты от грозových перенапряжений изоляции электрооборудования переменного тока частоты 50Гц с номинальным напряжением сети 6 и 10кВ с любой системой заземления нейтрали.

Разрядники рассчитаны на длительную работу, как на открытом воздухе, так и в закрытых помещениях. Разрядники применя-



**Рис. 3. Водогрейный котел ПТВМ-50.**  
1, 4, 6 - задний, фронтальной и боковые экраны; 2 - конвективные поверхности; 3 - дымовая труба; 5 - топка; 7 - нижний коллектор фронтального экрана; 8 - нижний коллектор заднего экрана.

**Таблица 4. Технические характеристики водогрейных котлов типа ПТВМ**

| Наименование                                      | Марка котла              |              |              |              |
|---|--------------------------|--------------|--------------|--------------|
|   | КВ-ГМ-30-150М (ПТВМ-30М) | ПТВМ-50      | ПТВМ-100     | ПТВМ-180     |
| Теплопроизводительность, Гкал/ч (МВт)             | 30(34,8)                 | 50(58,2)     | 100(116,3)   | 180(209)     |
| Давление, МПа (кгс/см <sup>2</sup> )              | 2,5(25)                  | 2,5(25)      | 2,5(25)      | 2,5(25)      |
| Температура воды, °С на входе:                    |                          |              |              |              |
| в пиковом режиме                                  | 104                      | 104          | 104          | 110          |
| в основном режиме                                 | 70                       | 70           | 70           | 70           |
| на выходе   | 150                      | 150          | 150          | 150          |
| Расход воды т/ч:                                  |                          |              |              |              |
| в пиковом режиме                                  | 495                      | 1250         | 2140         | 4420         |
| в основном режиме                                 | 375                      | 618          | 1235         | 2210         |
| Расчетный кпд котла (брутто) при работе, %:       |                          |              |              |              |
| на газе   | 88,7                     | 92,5         | 92,6         | 91,7         |
| на мазуте   | 87,7                     | 91,1         | 91,3         | 90,9         |
| Компоновка котла                                  | П-образная               | Башенная     |              |              |
| Количество газомазутных горелок, шт.              | 6                        | 12           | 16           | 20           |
| Количество дутьевых вентиляторов и дымососов, шт. | 2                        | 12           | 16           | 20           |
|   | вентилятора и 1 дымосос  | вентиляторов | вентиляторов | вентиляторов |
| Габаритные размеры, мм:                           |                          |              |              |              |
| Длина   | 5030                     | 5160         | 6900         | 14400        |
| Ширина  | 4740                     | 5180         | 5180         | 7300         |
| Высота  | 5140                     | 13500        | 14450        | 29000        |

вентилятором, подается воздух для горения, продукты сгорания отводятся из жаровой трубы через поворотную камеру в огневые трубы 2-го хода, и далее через дымогонные трубы 3-го хода в сажевую коробку, расположенную в задней части котла, откуда они поступают в дымовую трубу (см. рис. 4).

В качестве топлива можно использовать газ или мазут. Срок службы котла 15 лет (технические данные см. табл. 5).

**МОДУЛЬНЫЕ КОТЕЛЬНЫЕ УСТАНОВКИ**

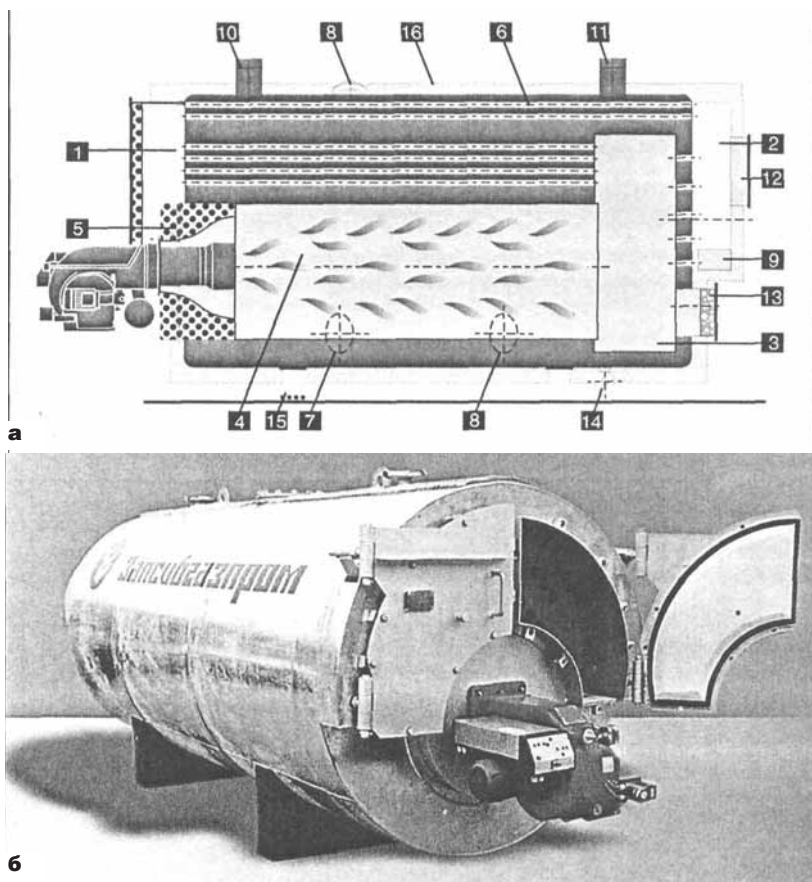
В последнее время ЗАО «Уралкотломаш» разработало конструкторскую документацию и организовало производство булочных модульных котельных с водогрейными котлами типа КВГМ-1,1, КВГМ-2,5 и ВК-21, МКУ-5.

Выпускаются 2-а базовых варианта блочных модульных котельных:

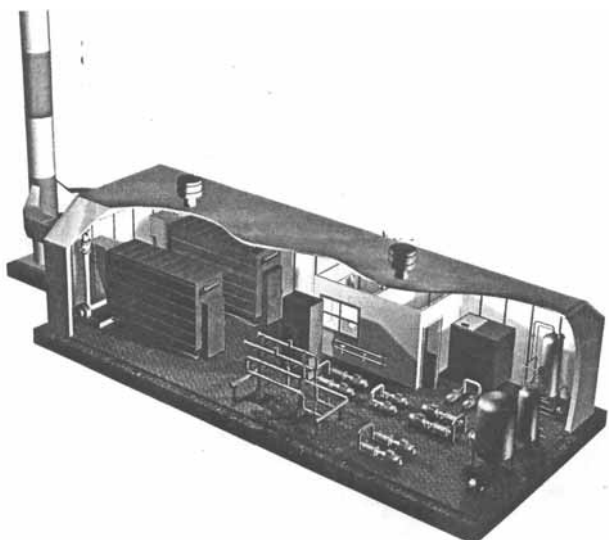
- 1 производителем 2,2 МВт с двумя котлами КВГМ-1,1;
- 2 производителем 4,2-5 МВт с двумя котлами КВГМ-2,5, ВК-21.

Общий вид модульной котельной установки представлен на рис. 5.





**Рис. 4. Водогрейный котел КСВ: а) – 1 - передняя крышка; 2 - сажевая коробка; 3 - поворотная камера; 4 - жаровая труба; 5 - горелочный конус с обмуровкой; 6 - дымогарные трубы; 7 - смотровой люк; 8 - смотровой люк; 9 - люк для очистки; 10 - прямой патрубок; 11 - обратный патрубок; 12 - патрубок дымохода; 13 - взрывной клапан; 14 - дренаж; 15 - основание; 16 - изоляция; б) – внешний вид**



**Рис. 5. Общий вид модульной котельной установки**

ются на высоте до 1000м. над уровнем моря при температуре от минус 50 до плюс 55С.

Разрядники типа РВО-6Н и РВО-10Н аналогичны по своей конструкции и различаются лишь высотой фарфоровой покрывки, количеством последовательных резисторов и искровых промежутков, размещенных внутри покрывки.

Фарфоровая покрывка предназначена для защиты внутренних элементов разрядника от воздействий внешней среды с целью обеспечения стабильности характеристик разрядников. Внешняя форма и размеры покрывок таковы, что при испытательных напряжениях не происходит перекрытия по наружной поверхности разрядника.

Резисторы изготовлены из специальной массы «Вилит», основным компонентом которой является карбид кремния (SiC) и обладают нелинейной вольтамперной характеристикой. Многократный искровой промежуток состоит из нескольких единичных искровых промежутков. Единичный искровой промежуток образован двумя фасонными латунными электродами, разделенными изолирующей прокладкой из слюдопласта.

Искровой промежуток подобран так, что пробивается всякий раз, как только напряжение на защищаемом участке превышает предельно допустимый уровень.

Защитное действие разрядника обусловлено тем, что при воздействии перенапряжения, превышающего пробивное напряжение искрового промежутка разрядника происходит его пробой, а протекающий через разрядник импульсный ток вследствие нелинейности рабочего резистора не создает опасного для оборудования напряжения.

Ток, следующий за пробоем искрового промежутка и протекающий через разрядник под действием напряжения промышленной частоты, называемый сопровождающим током, прерывается искровым промежутком при первом переходе через нулевое значение.

| Наименование параметров   | Нормируемые значения      |         |
|---|---------------------------|---------|
|   | РВО-6Н                    | РВО-10Н |
| Номинальное напряжение сети, кВ   | 6                         | 10      |
| Номинальное напряжение разрядника, кВ   | 7,5                       | 12,7    |
| Номинальный разрядный ток, кА   | 5                         | 5       |
| Пробивное напряжение при частоте 50Гц в сухом состоянии и под дождем, кВ            | а) не менее               | 16      |
|   | б) не более               | 19      |
|   |                           | 26      |
| Импульсное пробивное напряжение при предельном времени от 2 до 20 мкс, кВ, не более |                           | 32      |
|   |                           | 48      |
| Остающееся напряжение при волне импульсного тока 8/20 мкс, кВ, не более             | а) с амплитудой тока 3 кА | 25      |
|   | б) с амплитудой тока 5 кА | 27      |
|   |                           | 45      |
| Ток утечки при выпрямленном напряжении равном номинальному, мкА, не более           | 6                         | 6       |

ООО «Камтэк-Энерго»



# ТЕПЛОСНАБЖЕНИЕ

Основные преимущества модульных котельных:

- ⇨ отсутствуют значительные капитальные затраты на строительство здания под котельную;
- ⇨ не требуется привлечения специальной техники и рабочих для подготовки фундамента под котельную;
- ⇨ сборка котельной из модулей на монтаже занимает во много раз меньше времени, чем поузловой монтаж в здании;

⇨ капитальные затраты на сборку котельной из модулей во много раз меньше, чем при монтаже отдельными узлами в здании;

⇨ гарантируется быстрый ввод котельной в эксплуатацию, т. к. модули котельной проходят проверку на заводе-изготовителе.

Технические характеристики модульных котельных установок даны в табл. 6.

**Таблица 5. Технические характеристики водогрейных котлов КСВ**

| Наименование показателя   | КСВ-0,2           | КСВ-0,25          | КСВ-0,4           | КСВ-0,5           | КСВ-1,0            | КСВ-2,0            | КСВ-3,0            |
|---|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| Номинальная теплопроизводительность, МВт (Гкал/ч)                     | 0,2               | 0,25              | 0,4               | 0,5(0,43)         | 1,0(0,86)          | 2,0(1,72)          | 3,0(2,58)          |
| Коэффициент полезного действия, %, не менее                           | 91                | 91                | 92                | 92                | 92                 | 92                 | 92                 |
| Минимальная температура воды на входе, °С                             | 70                | 70                | 70                | 70                | 70                 | 70                 | 70                 |
| Максимальная температура воды на входе, °С                            | 115               | 115               | 115               | 115               | 115                | 115                | 115                |
| Гидравлическое сопротивление, МПа (кгс/см <sup>2</sup> ), не более    | 0,007/0,07        | 0,01/0,1          | 0,015/0,15        | 0,019/0,19        | 0,01/0,1           | 0,01/0,1           | 0,01/0,1           |
| Максимальное рабочее давление воды, МПа (кгс/см <sup>2</sup> )        | 0,5/5             | 0,5/5             | 0,5/5             | 0,5/5             | 0,6/6              | 0,6/6              | 0,6/6              |
| Расход топлива (природный газ), м <sup>3</sup> /ч                     | 22                | 27                | 44                | 55                | 110                | 220                | 330                |
| Расход воды, м <sup>3</sup> /ч, не менее                              | 4,6               | 5,75              | 9,2               | 11,5              | 19,08              | 32,4               | 52,2               |
| Объем котла, м <sup>3</sup>   | 0,25              | 0,28              | 0,6               | 0,7               | 3,5                | 5,31               | 7,6                |
| Поверхность нагрева котла, м <sup>2</sup>                             | 5,66              | 6,72              | 10,8              | 12,2              | 37,57              | 68,69              | 96,26              |
| Температура наружной поверхности кожуха (теплоизоляции), °С, не более | 45                | 45                | 45                | 45                | 45                 | 45                 | 45                 |
| Исполнение котла (по стороне обслуживания)                            | прав./лев         | прав./лев         | прав./лев         | прав./лев         | прав./лев          | прав./лев          | прав./лев          |
| Габаритные размеры, м, не более                                       | 1,54X0,8<br>X1,16 | 1,74X0,8<br>X1,16 | 2,34X1,0<br>X1,33 | 2,54X1,0<br>X1,33 | 4,34X1,72<br>X1,93 | 4,66X2,18<br>X2,28 | 4,95X2,49<br>X2,66 |
| Масса котла, кг, не более   | 270               | 490               | 1000              | 1100              | 4100               | 6200               | 11500              |
| Категория размещения котла по ГОСТ 15150-69                           | 3                 | 3                 | 3                 | 3                 | 3                  | 3                  | 3                  |
| Климатическое исполнение котла по ГОСТ 15150-69                       | УХЛ4              | УХЛ4              | УХЛ4              | УХЛ4              | УХЛ4               | УХЛ4               | УХЛ4               |
| Горелка   | Р30               | Р30               | Р60               | Р60               | Р72                | Р91                | Р520               |

## ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ И ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ КОТЛОВ

| Наименование, параметры  | Ед. измерения     | Фактическая величина | Нормированная величина по ГОСТ                   |
|--|-------------------|----------------------|--|
| Температура продуктов сгорания на выходе котла FT                    | °С                | 165,7                | П. 1,6 ГОСТ 10617-83 не менее 160                |
| Содержание оксида углерода в сухих уходящих газах CO                 | Мг/м <sup>3</sup> | 0                    | ГОСТ 10617-83 не более 130                       |
| Содержание оксидов азота в сухих уходящих газах NO <sub>x</sub>      | Мг/м <sup>3</sup> | 127                  | ГОСТ 10617-83 не более 300                       |
| Потери теплоты от химической неполноты сгорания на выходе топки      | %                 | 0                    | П. 1,6,4 ГОСТ 21204-97 не более 0,4              |
| Содержание кислорода в сухих уходящих газах O <sub>2</sub>           | %                 | 2,7                  | Теоретическая величина 4,0                       |
| Содержание диоксидов углерода в сухих уходящих газах CO <sub>2</sub> | %                 | 10,4                 | Теоретическая величина 11,8 (при работе на газе) |

**Таблица 6. Водогрейные котлы ВК-21, КВГМ-1,1, КВГМ-2,5 и МКУ-5, МКУ-7,5**

| Наименование котла                                 | ВК-21       | КВ-ГМ 1,1   | КВ-ГМ 2,5   | МКУ-5       | МКУ-7,5     |
|--|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Теплопроизводительность, МВт (Гкал/ч)              | 2,0(1,72)   | 1,1(0,946)  | 2,5(2,15)   | 5(4,3)      | 7,5(6,45)   |
| Давление теплоносителя, МПа (кгс/см <sup>2</sup> ) | 0,6(6,0)    | 0,6(6,0)    | 0,6(6,0)    | 0,6(6,0)    | 0,6(6,0)    |
| Температура воды, °С                               |             |             |             |             |             |
| на входе, не менее                                 | 60          | 70          | 70          | 70          | 70          |
| на выходе, не более                                | 115         | 95          | 95          | 95          | 95          |
| Топливо  | Газ, диз.т. | Газ, диз.т. | Газ, диз.т. | Газ, диз.т. | Газ, диз.т. |
| Расчетный КПД, %                                   | 91          | 94,5        | 94,3        | 94,5        | 94,3        |
| Габаритные размеры, мм:                            |             |             |             |             |             |
| Длина  | 3580        | 4100        | 4100        | 18000       | 18000       |
| Ширина   | 1810        | 1200        | 1200        | 9000        | 9000        |
| Высота   | 2340        | 1680        | 2200        | 3200        | 3200        |
| Масса в объеме поставки, кг                        | 5500        | 4300        | 5500        | -           | -           |





Малые паровые и водогрейные котлы производства АО «Уралкотломаш» и ОАО «Теком» представлены в табл. 7 и табл. 8

**Таблица 7. Малые паровые котлы АО «Уралкотломаш» и ОАО «Теком»**

| Тип котла     | Вид топлива | Производительность, т/ч | Температура пара, °С | Расчетный КПД, % | Объем топочной камеры, м <sup>3</sup> | Горелка | Габариты (длина x ширина x высота) |
|---------------|-------------|-------------------------|----------------------|------------------|---------------------------------------|---------|------------------------------------|
| Е-1,0-0,9     | Мазут, газ  | 1,0                     | 174                  | 89,5             | 2                                     | РГМГ-1  | 4200x2300x2900                     |
| Е-1,6-0,9 ГМН | Мазут, газ  | 1,6                     | 174                  | 89,0             | 2                                     | РГМГ-2  | 4200x2850x2450                     |
| Е-2,5-0,9 ГМН | Мазут, газ  | 2,5                     | 174                  | 89,5             | 4,3                                   | РГМГ-2  | 5350x2850x2450                     |

**Таблица 8. Малые водогрейные котлы АО «Уралкотломаш» (на природном газе и легком дизельном топливе)**

| Модель котла | Мощность, кВт | Мак рабочее давление, кг/см <sup>2</sup> | Диапазон регулир. температур, °С | Расход горячей воды, л/мин | Расход топлива, газ, м <sup>3</sup> /ч; диз.т., кг/ч | Температура, °С | КПД, % | Габариты (длина x ширина x высота) |                |
|--------------|---------------|--|----------------------------------|----------------------------|--|-----------------|--------|------------------------------------|----------------|
| KB2Y-035     | 16-42         | отопление                                | 3,0                              | 35-92                      | 16   | 1,6-4,3         | 115    | 94,0                               | 650x420x1000   |
|              |               | ГВС                                      | 4,0                              | 30-65                      | -  | 1,4-3,1         | -      | -                                  | -              |
| KB2Y-050     | 26-72         | отопление                                | 3,0                              | 35-92                      | 26   | 1,7-7,5         | 125    | 93,5                               | 650x650x1100   |
|              |               | ГВС                                      | 4,0                              | 30-65                      | -  | 2,2-6,8         | -      | -                                  | -              |
| KB2Y-150     | 60-170        | отопление                                | 3,0                              | 35-92                      | 65   | 5,9-16,9        | 135    | 93,0                               | 1510x650x1150  |
|              |               | ГВС                                      | 4,0                              | 30-65                      | -  | 4,0-15,0        | -      | -                                  | -              |
| KB2Y-400     | 140-350       | отопление                                | 3,0                              | 35-92                      | 78   | 13,0-37,4       | 137    | 92,5                               | 1510x6740x1260 |
|              |               | ГВС                                      | 4,0                              | 30-65                      | -  | 12,0-29,6       | -      | -                                  | -              |

В заключении следует отметить, что приведенные выше типоразмеры и характеристики паровых и водогрейных котлов промышленных предприятий позволяют правильно ориентироваться при необходимости выбора котельных установок.

### Литература

1. Г. Ф. Быстрицкий. «Энергосиловое оборудование промышленных предприятий». Издательский центр «Академия», Москва, 2-издание, стереотипное, 2005.
2. Материалы заводов-изготовителей котельного оборудования.

## ВЫСОКОВОЛЬТНЫЕ ПРЕДОХРАНИТЕЛИ ПКТ, ПКН.

Высоковольтные предохранители ПКТ предназначены для защиты силовых трансформаторов, воздушных и кабельных линий, предохранители ПКН предназначены для защиты трансформаторов напряжения на номинальные напряжения от 3 до 35 кВ.

Предохранители ПКТ с кварцевым наполнителем являются токоограничивающими. Отключение тока короткого замыкания в предохранителях с кварцевым песком обеспечивается за счет интенсивной деионизации дуги, возникающей на месте пролегания плавкой вставки, в узких щелях между песчинками наполнителя. Срабатывание патрона определяется в предохранителях ПКТ 101, ПКТ 102, ПКТ 103 и ПКТ 104 по указателю срабатывания, выдвигающемуся наружу под воздействием пружины после перегорания нихромовой проволоки, а в предохранителях серии ПКН 001 - по отсутствию показаний приборов, включенных в цепь трансформатора напряжения.

Предохранитель ПКН, ПКТ 101, ПКТ 102, ПКТ 103, ПКТ 104 является комплектом, который состоит из следующих элементов и поставляется в разобранном виде:

- ❖ патрон (заменяемый элемент) ПН, ПТ 1.1, ПТ 1.2, ПТ 1.3, ПТ 1.4 – 1 шт.
- ❖ контакт (др. названия: губка, пинцет) К01, К02, К03, К04 – 2 шт.
- ❖ опорный изолятор ИО-6-3,75, ИО-10-3,75, ОНС-10-300 – 2 шт, изоляторы устанавливаются на специальном цоколе или непосредственно на элементах конструкции распределительного устройства.

Предохранители ПКТ 101 и ПКН 001 категории размещения 1 отличаются от предохранителей этих же категории размещения 3 формой опорных изоляторов и наличием в патроне дополнительных деталей, герметизирующих внутреннюю полость патрона.

Не допускается применение предохранителей ПКТ в сетях с напряжением, меньшим номинального напряжения предохранителя.

Предохранители ПКН 001-10 могут применяться для цепей с номинальным напряжением 3 и 6 кВ.

АВК-Энерго

## НОВОЕ ПОКОЛЕНИЕ ЭЛЕКТРОСЧЕТЧИКОВ «ЭНЕРГОМЕРА»

Новый однофазный электросчетчик СЕ101 предназначен для однотарифного учета электроэнергии в двухпроводных це-



## ВОДОТРУБНЫЕ КОТЛЫ ТРЕТЬЕГО ПОКОЛЕНИЯ ОТ ОАО «ДОРОГОБУЖКОТЛОМАШ»

В начале этого столетия перед отделом главного конструктора ОАО «Дорогобужкотломаш» встал вопрос о разработке водогрейного водотрубного котла принципиально новой конструкции. Во-первых, почему «водотрубного котла»?

У жаротрубных (иногда их называют газотрубными) котлов есть один «минус», перечеркивающий все плюсы этой конструкции – высокие требования (по сравнению с котлами водотрубной конструкции) к качеству котловой воды. Эти требования сопоставимы с требованиями к качеству питательной воды для паровых котлов. Так, ОАО «Дорогобужкотломаш» декларирует значение общей жесткости воды для своих жаротрубных котлов не более 100 мкг-экв/л, и это еще не предел: в технической литературе встречаются значения требуемой жесткости котловой воды в пределах 15 – 100 мкг-экв/л для надежной и безаварийной эксплуатации котлов жаротрубной конструкции.

Более жесткие требования к качеству питательной воды объясняются большими удельными тепловыми потоками в жаровой трубе и поворотной камере и очень малыми скоростями (на порядок меньше по сравнению с водотрубными котлами) теплоносителя в жаротрубных котлах.

И в результате таких высоких тепловых потоков и малых скоростей движения воды на поверхности жаровых труб и трубных решеток наблюдается пристенное кипение. При кипении воды на поверхности металла образуются отложения, действующие как теплоизоляция и значительно затрудняющие передачу тепла от металла к воде. В среднем, один миллиметр отложений увеличивает температуру

стенки примерно на 100-120 °С, и при толщине накипи в несколько миллиметров металл теряет свою прочность, «течет», и на жаровых трубах и трубных решетках в местах локального перегрева появляются вздутия, деформации металла, образованные давлением воды; трубные решетки коробятся, нарушается плотность сварных швов приварки дымогарных труб к трубным решеткам.

Необходимо отметить еще одну, хотя далеко и не основную проблему жаротрубных котлов. Наличие большого объема воды (для сравнения: водяные объемы жаротрубного котла серии «ДОРОГОБУЖ» мощностью 2 Гкал и водотрубного этой же мощности составляют 1,9 м<sup>3</sup> и 0,9 м<sup>3</sup> соответственно) делает котел «вяло» реагирующим на потребность в тепле. Характерное для таких котлов длительное время нагрева приводит на практике к необходимости поддерживать высокую температуру большой массы воды в течение какого-то периода времени в ожидании потребности в тепле. А стоимость топлива, идущего на поддержание этого «горячего резерва» может достигать значительной величины. Так же, нагреваемая воды несет в себе опасность, как источник энергии. Соответственно чем больше ее объем, тем взрывоопаснее эксплуатация котлоагрегата.

Во-вторых, почему «котлы принципиально новой конструкции»?

Тщательный анализ отечественного рынка теплоснабжения, а также богатый опыт эксплуатации как водотрубных котлов малой мощности предыдущего поколения (котлы серии «ДКМ») так и котлов жаротрубной конструкции

потребовали от конструкторского отдела завода предложить котел, который бы сочетал в себе только "плюсы" этих двух конструкций:

- ✎ для водотрубных котлов – это надежность и долговечность при использовании обычных методов водоподготовки;
- ✎ для жаротрубных котлов – это компактность, возможность работы с современными длинофакельными горелочными устройствами, высокая автоматизация и т.д.

Итогом этой работы стала появление водогрейных водотрубных котлов новой серии «СМОЛЕНСК» (фото).



**Водогрейный водотрубный котел серии «СМОЛЕНСК»**

В котлах данной серии применена трехходовая горизонтальная схема движения продуктов сгорания с оригинальной компоновкой внутреннего пространства: конвективная часть расположена над топочной частью, что позволило применить современные длинофакельные горелочные устройства отечественных и импортных производителей без существенного увеличения длины котлов (котлы сопоставимы по своим габаритным размерам с жаротрубными реверсивными котлами такой же мощности). С фронта котлов расположена открываемая (на любую сторону) фронтальная камера, на которой устанавливается горелочное устройство. Данное решение позволило осуществить легкий доступ в топочное пространство котлов для внутреннего осмотра и технического обслуживания. В ходе разработки конструкции новых котлов специалисты отдела главного конструктора столкнулись с необходимостью иметь варианты котлов в двух режимах (95 – 70 и 115 – 70 °С) без конструктивных изменений трубной системы.

Данная проблема была успешно решена, и в настоящее время котлы всей серии могут эксплуатироваться в 2-х режимах без изменения конструкции котла (изменяются только трубопроводы подвода/отвода сетевой воды).

После проведения полномасштабных стендовых испытаний головного образца (котел КВ-ГМ-2,32-95Н) котлы

всей серии «СМОЛЕНСК» (мощностью 1,16 (1,0); 2,32 (2,0) и 3,48(3,0) МВт(Гкал) дополнили номенклатурный ряд котлов, выпускаемых ОАО «ДКМ».

И уже осенью 2004 г котлы заняли свое место в котельных г.Моздока («СМОЛЕНСК-1»), г.Белгорода (котлы «СМОЛЕНСК-2» и «СМОЛЕНСК-3»), г.Рославля (котлы «СМОЛЕНСК»). Хотелось бы поподробнее остановиться на последних 2-х объектах.

В котельной «Белгородэнерго» взамен трех котлов КСВ-1,86 выпуска 70-х годов прошлого столетия были установлены котлы КВ-ГМ-2,32-95Н («СМОЛЕНСК-2») и КВ-ГМ-3,48-95Н («СМОЛЕНСК-3»), оснащенные импортными газовыми горелочными устройствами. Следует отметить, что котлы были установлены (с частичной заменой тепломеханического оборудования) в существующее здание с открытой схемой теплоснабжения и существующей водоподготовкой.

Котлы в период отопительного сезона 2004-2005 годов показали себя надежными и высоко эффективными агрегатами, подтвердив и заявленную заводом-изготовителем номинальную мощность, и аэродинамическое и гидравлическое сопротивления, а фактическое значение коэффициента полезного действия котла «СМОЛЕНСК-2» составило 94,92 %; котла «СМОЛЕНСК-3» - 94,20 %.

В котельной «ЦРБ» г. Рославль, Смоленской области 3 котла КВ-ГМ-3,48-95Н «СМОЛЕНСК-3», работающие на газовом топливе были установлены во вновь построенное здание котельной с открытой схемой теплоснабжения. И в г.Рославль котлы оправдали возложенные на них надежды, обеспечив в период эксплуатации бесперебойное снабжение теплом население целого района. И в этой котельной котлы подтвердили все свои технические характеристики (а фактические значения коэффициента полезного действия котлов составили 94,35 – 94,9 % вместо заявленных 94 %).

Но конструкторы завода не останавливаются на достигнутых характеристиках и проводят постоянную работу по модернизации котлов, направленную в первую очередь на повышение удобства эксплуатации и обслуживания. Так, по результатам эксплуатации были модернизированы фронтальные камеры котлов всей серии

«СМОЛЕНСК», и в настоящее время все котлы этой серии выпускаются с новыми фронтальными камерами, в тепловой изоляции которых применяются только современные высокоэффективные материалы отечественных производителей.

Успех серии заставил задуматься о расширении типоряда. Так в 2006 г выйдут в серийное производство «СМОЛЕНСК-7» и «СМОЛЕНСК-10»

#### Используемая литература:

*Особенности водного режима при эксплуатации современных жаротрубных водогрейных котлов. Васильев А.В. Новости теплоснабжения*

*По материалам ОАО «Дорогобужкотломаш»*

О.Г. Салашенко,  
с.н.с. УралВТИ

## НОВЫЕ МЕТОДЫ ВОДОПОДГОТОВКИ ДЛЯ ТЕПЛОСЕТИ

Экономичность и надежность работы тепловых сетей в значительной степени зависит от состояния подготовки подпиточной воды. Водоподготовка призвана предотвратить образование отложений и коррозии в теплотрассах и оборудовании тепловых сетей. Коррозия оборудования определяет срок службы оборудования и теплотрасс, оказывает влияние на повреждаемость и объем ремонтных работ. Кроме того, коррозия напрямую влияет на экономичность тепловых сетей за счет увеличения потерь воды и заноса поверхностей нагрева продуктами коррозии.

Основным средством подавления коррозии является деаэрация воды. Деаэрация обеспечивает удаление кислорода, являющимся основным коррозионным агентом и повышением щелочности воды (рН) за счет удаления углекислоты. На небольших тепловых сетях во многих случаях деаэрация воды практически отсутствует из-за сложности конструкции и эксплуатации деаэрационных установок. До настоящего времени для деаэрации воды использовали различные виды термических деаэраторов: атмосферные деаэраторы, вакуумные деаэраторы, щелевые деаэраторы, кавитационные струйные деаэраторы. Последние два фактически являются вариантами вакуумной деаэрации.

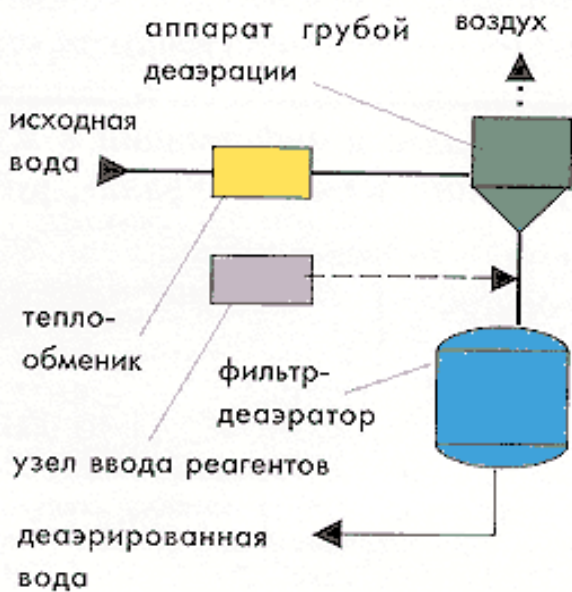
Наиболее эффективны и надежны атмосферные деаэраторы, но для их работы необходим пар, который на водогрейных котельных чаще всего отсутствует. Кроме того температура подогрева воды в деаэраторах 104 °С, но в теплое время года такие температуры не нужны. Вакуумные деаэраторы сами по себе простое оборудование, но имеют

сложную и капризную инфраструктуру. Для их работы необходимы: эжектор, промбак, насосы, бак деаэрированной воды. Необходимо также размещение деаэраторов на достаточно высоких отметках, которыми не все котельные располагают. В связи с этим перспективным является использование для деаэрации воды химического метода на основе блок-фильтров. Преимущество блок-фильтра по сравнению с традиционной вакуумной деаэрацией заключается в следующем:

- ▶ блок-фильтр работает при избыточном давлении и с подогревом до 40-60 °С (сохранив низкие температуры деаэрации, блок-фильтр позволяет избавиться от проблем связанных с эжекторами, вакуумными насосами, размещением оборудования на соответствующих отметках и т.д.);
- ▶ диапазон изменения нагрузок 0 - 150 %, скорость изменения нагрузки значения не имеет. Это позволяет отказаться от баков запаса деаэрированной воды и дополнительных насосов, при этом исключается повторное поступление кислорода в воду;
- ▶ блок-фильтр имеет небольшие габариты и может быть легко размещен в любом помещении, на любой отметке;
- ▶ нет разрыва струи. При достаточном давлении исходной воды, насосы в схеме не используются.

Технологическая схема блок-фильтра приведена на рисунке 1.

Блок-фильтр работает следующим образом. Исходная вода подогревается в теплообменнике до 30 - 40 °С и по-



**Рис. 1.**

ступает в аппарат грубой деаэрации. В аппарате грубой деаэрации за счет эффекта высаливания концентрация кислорода снижается с 8 - 4 мг/л до 1 мг/л. После аппарата грубой деаэрации воду обрабатывают сульфитом натрия и едким натром. Сульфит натрия позволяет глубоко удалить кислород из воды, едкий натр - уголекислоту. Процесс связывания кислорода сульфитом натрия протекает в фильтре деаэратора. При избытке сульфита натрия фильтр «поглощает» его, при избытке кислорода фильтр связывает его ранее «поглощенным» сульфитом натрия. Поэтому колебания нагрузки оказывает мало влияния на качество воды. Фильтр деаэратор выполнен саморегенерируемым, останова на регенерацию не требуется.

Предотвращение образования отложений обеспечивается двумя методами: обработкой воды на натрий-катионных фильтрах и обработкой воды ингибиторами накипеобразования. Натрий-катионирование надежный и эффективный метод предотвращения отложений, но требует значительных эксплуатационных затрат и большого расхода поваренной соли.

Обработка воды ингибиторами накипеобразования значительно проще, дешевле. Необходим только бак емкостью 1 - 2 м<sup>2</sup> и насос-дозатор (или любое другое дозирующее устройство). Расход ингибитора ИОМС-1 для установки производительностью 50 т/ч составляет 0,5 - 1,5 т/год (в пересчете на 100 % реагент).

Механизм предотвращения образования отложений ингибитором заключается в следующем. В пересыщенном растворе любого кристаллообразующего вещества идет процесс постоянного образования и распада зародышей кристаллов. Существует некий критический размер зародышей при достижении которого они не распадаются, а вы-

растают до нормальных размеров. Ингибитор накипеобразования адсорбируется на поверхности зародыша и препятствует его росту до критического размера. В результате зародыш растворяется и твердая фаза (накипь) не образуется. Раствор находится в пересыщенном, но стабильном состоянии. Эффективность метода определяется: концентрацией кристаллообразующего вещества и температурой раствора. Существует концентрация вещества при которой зародыши дорастают до критического размера при любой концентрации ингибитора, т.е. при достаточно высокой концентрации вещества избежать кристаллизацию (образования накипи) невозможно. С повышением температуры предел пересыщения раствора для большинства веществ вырастает, и в тоже время ингибирующие свойства реагента снижаются. Поэтому с повышением температуры эффективность метода снижается. При использовании ингибитора необходимо всегда учитывать качество воды и температуру ее подогрева.

Кроме ингибирующего эффекта большинство ингибиторов обладают и определенным моющим эффектом. Однако моющий эффект проявляется при значительно больших концентрациях ингибитора, чем при ингибировании кристаллообразования. Поэтому при больших концентрациях ингибитора возможна отмывка продуктов коррозии с поверхности трубопроводов и появления свищей в резьбовых соединениях и также занос водогрейного оборудования продуктами коррозии. Эта проблема появляется, в основном, в начальный период использования ингибитора. Поэтому при переходе на технологию обработки воды ингибитором необходимо соблюдать определенную осторожность, повышая концентрацию постепенно.

В настоящее время используется большой перечень ингибиторов накипеобразования. Перечень включает как моно продукт (ИОМС, НТФ, ОЭРФ), так и композиции с различными фирменными названиями. Моно продукты близки по своей эффективности, композиции обычно включают ПАВ, который существенно повышают эффективность ингибитора. Поэтому при низком качестве воды (высокой карбонатной жесткости), когда моно продукты не справляются с предотвращением отложений необходимо использовать композиции.

В последнее время на рынке появились ингибиторы накипеобразования содержащие цинк (ИОМС-Zn, ОЭДФ-Zn). Цинк известный ингибитор коррозии и его применение насчитывает десятилетия. Сочетание ингибитора накипеобразования с цинком позволяет несколько снизить уровень коррозии в теплосети, однако, это не решает полностью проблемы коррозии и не исключает деаэрацию подпиточной воды. Кроме того цинк относится к токсичным веществам. В части ингибирования накипеобразования ИОМС-Zn, ОЭДФ-Zn практически не отличаются от моно продуктов.

При нормативной организации деаэрации воды и ингибировании отложений можно обеспечить безаварийный и безнакипный период работы теплосети до 10 - 20 лет.



**М. Вакар,  
ООО «Далва Консалтинг»**

## КОМПЛЕКСНЫЕ РЕШЕНИЯ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ СЖАТОГО ВОЗДУХА

Сжатый воздух (СжВ) сегодня является вторым по важности источником энергии после электричества для очень многих промышленных предприятий. СжВ начинает свой путь в компрессоре, охлаждается, проходит стадию очистки и осушки, по сети доставляется до точек потребления, где и совершает полезную работу. На каждом этапе производства СжВ затрачиваются материальные и энергетические ресурсы, в результате его стоимость возрастает.

При применении этого источника энергии в металлургическом производстве необходимо обеспечивать стабильность ряда параметров: давления, объема, температуры, точки росы. В случае когда стабильность данных параметров не обеспечивается, показатели бесперебойности, надежности, долговечности и эффективности работы пневмоисполнительных механизмов значительно снижаются.

Поскольку пневмоисполнительные механизмы сложно исключить из всего комплекса производства, их нестабильная работа влияет на эффективность всего процесса производства в целом.

По оценкам многих крупных предприятий, лишь 60% произведенного СжВ поступает основным потребителям. Остальные 40% производимого СжВ, а значит и потраченной для этого электроэнергии, теряются из-за следующих факторов:

\* утечек в воздухопроводе, изношенных пневмопроводах;

\* несанкционированно открытых дренажных кранов: чаще всего это отрезок воздухопровода, через который вместе с отводимой водомасляной эмульсией в атмосферу поступает драгоценный сжатый воздух;

\* прочих источников утечек сжатого воздуха.

В конечном итоге эти непроизводительные потери удорожают само производство.

В качестве примера можно привести следующий расчет. Через отверстие диаметром в 1 мм при давлении 6 бар в атмосферу поступает 65 л/мин СжВ, при диаметре отверстия 10 мм в атмосферу поступает 6,5 м<sup>3</sup>/мин (390 м<sup>3</sup>/час) СжВ. На производство этого объема потребляется ориентировочно 37 кВт·ч. С учетом того, что на заводе длина воздухопровода может измеряться километрами, можно только догадываться, сколько электроэнергии тратится впустую.

Сжатый воздух, при халатном отношении к его использованию, из источника энергии может превратиться для потребителей в источник проблем. Это регулярный ремонт воздухопровода, частый выход из строя пневмоисполнительных механизмов, прогрев (в зимний период) замерзшего воздухопровода, а следовательно, прямое выделение капельного конденсата в огромных количествах внутри воздухопровода. Перечисленные затруднения приводят к тому, что на основную стоимость производства накладываются дополнительные затраты, которых можно было бы избежать.

**Таблица 1. Требования к качеству воздуха**

| Применение                           | Классы качества воздуха |       |                             |
|--------------------------------------|-------------------------|-------|-----------------------------|
|                                      | Частицы                 | Влага | Остаточное содержание масла |
| Обычный сжатый воздух                | 4                       | 4     | 5                           |
| Транспорт гранулированных материалов | 3                       | 4     | 3                           |
| Транспорт порошкообразных веществ    | 2                       | 3     | 1                           |
| Транспорт пищи и напитков            | 2                       | 3     | 1                           |
| Прессы                               | 4                       | 4     | 5                           |
| Упаковочные машины                   | 4                       | 3     | 3                           |
| Металлорежущие станки                | 4                       | 3     | 5                           |
| Большие пневмодвигатели              | 4                       | 4/1   | 5                           |
| Малые пневмодвигатели                | 3                       | 3/1   | 3                           |
| Ручной пневмоинструмент              | 4                       | 5/4   | 5/4                         |
| Дрели                                | 4                       | 5/2   | 5                           |
| Пистолеты распылители                | 3                       | 3/2   | 3                           |
| Пневмоцилиндр                        | 3                       | 3     | 5                           |
| Строительная промышленность          | 4                       | 5     | 5                           |
| Добывающая промышленность            | 4                       | 5     | 5                           |
| Пленочная индустрия                  | 1                       | 1     | 1                           |

Модернизация компрессорных станций, комплексов подготовки СжВ — единственное верное и необходимое решение вопроса снижения затрат на применение СжВ на производстве. Срок окупаемости комплекса подготов ки СжВ сравнительно невысок: от 1 до 3 лет в зависимости от исполнения инже нерного решения.

Применение современных центробеж и спроектированный комплекс подго товки СжВ позволяет использовать про изведенный СжВ на 100%. При этом обеспечиваются ста бильные параметры, что продлевает жизненный цикл пнев моисполнительных механизмов. В целом оптимально рас считанное решение вопроса подготовки СжВ и его реализа ция могут сэкономить до 70% за трат на его производство!

Подобные решения уже не первый год применяются на многих металлургических и алюминиевых производствах. Их эффективность можно определить косвенным путем, а именно по частоте ремонта пневмоисполнительных меха низмов, сроку их работы и смете затрат.

Компания Donaldson Ultrafilter AG (рос сийское предста вительство — фирма «Далва консалтинг») отлично зареко мендовала себя в металлургической промышленности на таких предприяти ях, как SAPA (Швеция), Elkem Aluminium, Elkem Mangan (Норвегия), Huta Aluminium «Konin», Austria Aluminium (Германия), Alfer Aluminium (Германия), Tyssen Krupp Stahl GmbH (Германия), Выксунский металлургический завод (Россия), Николаевский глиноземный завод (Ук раина), ИРКАЗ (Россия), Пикалевский Глинозем (Россия), ВСМПО (Россия). Это далеко неполный перечень заводов, на которых были найдены индивидуальные эффективные реше ния по подготовке СжВ.

На первой стадии проектирования пневмосистемы предприятия рассчитывается необходимое максимальное давление и общий расход СжВ. Реше ниезадач второго

этапа связано с определением целесообразности объеди нения потребителей в одну или не сколько линий в зависи мости от необ ходимого давления и качества воздуха, кото рое обеспечивается системой фильтрации и осушки.

Нередко различные потребители сжа того воздуха тре буют различного давления. Например, для прессы нужно 12 бар, для краскопульта и распылителя — 6 бар и т.д. Объе динение их в од нулинию с необходимым верхним преде лом давления крайне неэкономично, поскольку стоимость выработки высокобарного воздуха обычно высока. Каж дый избыточный 1 бар давления увеличивает удельные энергозатраты на 6—8%.

## РАЗДЕЛЯЙ И ЭКОНОМЬ

Каким может быть оптимальное решение? Возможны два варианта. Если потребители СжВ с требованиями к дав лению, отличающимися от требований к остальному обору дованию, немногочисленны, можно провести децентрали зацию пневмосистемы, включив в ее состав компрессоры стандарта «Work place». В других случаях прибегают к по строению пневмосистемы из двух или более линий. Для та ких случаев в теории и практике компрессоростроения есть два правила. Первое: можно объединять в одну линию по токи СжВ, отличающиеся по давлению не более чем на 1 бар. Второе: если поток более низкого качества (здесь имеется в виду и давление, и степень очистки СжВ) соста вляет более 15% от общего потока, пневмолинии следует разделить, в остальных случаях разделение линий не все гда оправдано экономически. Подчеркнем, что, говоря о «правиле 15%», мы учитываем не только давление, но и ка чество воздуха. Может случиться так, что потребители воз духа с примерно одинаковым давлением совершенно несо вместимы по своим требованиям к размеру частиц и оста точному содержанию масла, температуре точки росы и т.д. Учитываемые на практике требования к качеству воздуха для некоторых видов оборудования и технологий представ лены в табл. 1. В качестве критериев качества сжатого воз духа использованы данные Pneurop 6611 и DIN ISO 8571, представленные в табл. 2.

Было бы неэкономичным создавать общую пневмоли нию в расчете на самое высокое качество воздуха. Часто именно по этой причине и производят СжВ различной сте пени очистки по от дельности, и разделение происходит на основе «правила 15%».

## КАПЛИ ВОДЫ

При сжатии компрессор вместе с воздухом всасывает все примеси: пыль, влагу, пары масла, химикатов и т.д. За грязнения, которые были распределе ны в 10 м<sup>3</sup>, концент рируются в 1 м<sup>3</sup> сжатого воздуха. В нем они присутствуют даже несмотря на фильтры, встраиваемые на входе ком прессора, то есть на всасывании. Поэтому в пневмосисте ме необходимы средства очистки, такие как циклонные се параторы, конденсатоотводчики, рефрижераторные и ад сорбционные осушители, различные фильтры. Наиболее

**Таблица 2. Классы качества сжатого воздуха**

| Класс | Размер частиц<br>мкм | Концентрация,<br>мг/м <sup>3</sup> | Содержание масла,<br>мг/м <sup>3</sup> | Точка росы,<br>°С |
|-------|----------------------|------------------------------------|--|-------------------|
| 1     | 0,1                  | 0,1                                | 0,01                                   | -70               |
| 2     | 1                    | 1                                  | 0,1                                    | -40               |
| 3     | 5                    | 5                                  | 1                                      | -20               |
| 4     | 40                   | 10                                 | 5                                      | 3                 |
| 5     | —                    | —                                  | 25                                     | 7                 |
| 6     | —                    | —                                  | —                                      | 10                |

серьезную проблему представляет влажность, поскольку в воде растворяются практически все примеси, содержащиеся в воздухе. По лучившаяся в результате этого раствора агрессивная смесь вызывает коррозию в компрессоре и трубопроводах, а окисляющиеся частицы и продукты коррозии переносятся к оборудованию, потребляющему СЖВ, вызывая его преждевременный износ.

Как правило, влага в самом компрессоре не конденсируется благодаря повышенной температуры воздуха в процессе сжатия. Производители компрессоров учитывают это явление и проектируют машины для рабочих температур около 80 °С.

Влага в СЖВ — это капли жидкости и пар. Отделение капельной влаги происходит в циклонном сепараторе, установленном на выходе компрессора. СЖВ с капельками воды попадает в циклон, где он вовлекается во вращательное движение с высокой скоростью. Под воздействием центробежных сил капельки жидкости оседают на стенках сепаратора и стекают в коллектор, оборудуемый конденсатоотводчиком. При проектировании рекомендуется расположить циклонный сепаратор с требуемой пропускной способностью так, чтобы он был доступен для обслуживания.

Появление конденсата связано и с утечками воздуха из компрессора, ресивера, осушителя и фильтров. Для слива конденсата применяют различные устройства: ручные, поплавковые, таймерные и электронные. Основным преимуществом электронных систем является встроенная система измерения уровня жидкости в приемной камере, благодаря которой они не допускают ни малейшей потери СЖВ, открывая клапан только для слива жидкости. Низкая стоимость делает наиболее популярными поплавковые и таймерные устройства.

Конденсатоотводчики обязательно комбинируются с концевыми охладителями, фильтрами, осушителями, а также устанавливаются в местах возможного выпадения конденсата.

## СБОР И ОБРАБОТКА КОНДЕНСАТА

Основная масса компрессоров работает со смазкой и охлаждением маслом, что неизбежно приводит к загрязнению им конденсата. Экологические нормы постоянно ужесточаются, поэтому все компрессорные фирмы предлагают водномасляные сепараторы для обработки конденсата перед сбросом его в канализацию. В их работу заложены три принципа: флотация, абсорбция и мембранная фильтрация. В простых и дешевых системах конденсат сбрасывается

во флотационную камеру, где отделяется крупнопористое масло, далее протекает сквозь волокнистый материал, поглощающий частички масляной эмульсии, и окончательно очищается в угольной секции. Естественно, такая система требует периодической смены пакетов картриджа с волокнистым материалом и активированным углем. В более дорогих системах после флотации окончательная очистка производится высоконапорной микрофильтрацией через пористую керамическую мембрану. Серия ultraaqua auto clean® фирмы Donaldson Ultrafilter с самоочищающейся мембраной предназначена для компрессорных станций от 90 кВт до 3 МВт.

## ОСУШКА ВОЗДУХА

При сжатии в компрессоре воздух сильно нагревается, поэтому во вспомогательное оборудование включают охладители и доохладители. Собственно осушка начинается после циклонного сепаратора, где влага, содержащаяся в сжатом воздухе в виде пара, не могла быть удалена механическим путем.

## ОСУШКА С ОХЛАЖДЕНИЕМ

Главная цель процесса осушки с охлаждением — понизить температуру СЖВ до уровня конденсации находящейся в нем в виде пара жидкости. Температура, при которой начинает конденсироваться содержащийся в сжатом воздухе водяной пар, называется «точкой росы».

Рефрижераторные осушители, как правило, полностью собраны и укомплектованы изготовителем. Существуют рефрижераторные осушители различных размеров, отличающиеся мощностью, объемным расходом, температурой точки конденсации влаги. Диапазон производительности по объемному расходу таких осушителей (например, фирмы Donaldson Ultrafilter) лежит в пределах от 10 до 25000 м<sup>3</sup>/час и более. Очевидно, что с увеличением объемного расхода увеличивается потребность и в мощности встроенной холодильной машины. Основные параметры, учитываемые при выборе рефрижераторного осушителя, таковы: объемный расход воздуха, давление на входе, температура на входе, температура на выходе, точка росы под давлением, температура окружающей среды/хладагента, потребляемая мощность, перепад давления.

Считается, что использование рефрижераторных осушителей экономически выгодно в 90% случаев. Эксплуатационные расходы и затраты энергии при этом способе осушки ниже, чем при использовании других процессов осушения СЖВ.

Однако применение осушителей, основанных на принципе охлаждения, имеет свои ограничения. При отрицательных температурах (если температура окружающей среды ниже температуры замерзания воды) для надежной защиты трубопроводов и клапанов от замерзания необходимо использовать адсорбционный осушитель. При одном и том же объемном расходе воздуха осушитель потребляет меньше энергии с ростом рабочего давления и при повы-

шении точки росы. Больше энергии потребляется с ростом температуры сжатого воздуха на входе и с ростом температуры хладагента. Для определения необходимой точки росы полезно учитывать минимальную температуру окружающей среды, в которой будет находиться линия сжатого воздуха. Если температура точки росы всего на несколько градусов ниже минимальной температуры окружающего воздуха, то образование конденсата в оборудовании исключено. Выбор слишком низкой точки росы ведет к повышенным затратам и не всегда оправдан экономически.

При проектировании пневмосистем с рефрижераторными осушителями следует иметь в виду, что высокая температура в компрессорной станции может быть причиной снижения их производительности по сравнению с заявленной изготовителем.

## АДСОРБЦИЯ

В отличие от рефрижераторных осушителей воздух при адсорбционной осушке не охлаждается. Влага удерживается на поверхности гранул осушающего вещества — адсорбента. Сам процесс адсорбции не требует затрат энергии, она необходима только для восстановления (регенерации) адсорбента, то есть для удаления осаждаемой на его поверхности влаги. Так как для процесса регенерации необходимо время, адсорбционный осушитель состоит из двух сосудов: в одном воздух осушается, а в другом адсорбент регенерируется.

Для восстановления адсорбента на практике используются два способа: холодная и горячая регенерация.

При холодной регенерации часть по току сжатого осушенного воздуха направляется в сосуд с адсорбентом, где он поглощает и выносит влагу. Этот воздух — отработанный, и в систему он больше не возвращается. Поэтому при проектировании пневмосистемы осушитель учитывают в качестве дополнительного потребителя сжатого воздуха. Чередующиеся циклы регенерации длятся от 3 до 10 минут.

Конструкция осушителей с холодной регенерацией надежна и проста, и они могут быть спроектированы для достижения более низких (до 80 °С) значений точки росы, чем осушители, использующие для восстановления адсорбента горячий способ. Однако они нуждаются в большом объеме СЖВ, что приводит к увеличению эксплуатационных расходов. К сказанному можно добавить, что потери СЖВ на регенерацию адсорбента — величина достаточно постоянная, но ее доля в общем объеме потребляемой энергии может существенно меняться. Обычно на регенерацию адсорбента расходуется около 15% от номинальной производительности осушителя с холодной регенерацией. При оптимальной загрузке компрессора (например, 1000 м<sup>3</sup>/час) потери составят те же 15% от всей потребляемой энергии. Если же общая потребность в СЖВ снизилась вдвое, то доля потерь составит уже 30—45%. По этому целесообразно выключать осушитель (точнее, остановить смену циклов) при остановках компрессора или при его работе в режиме холостого хода. Практически все мо-



дели осушителей Donaldson Ultrafilter снабжены такой функцией. Именно для того, чтобы свести фактический расход сжатого воздуха к оптимальным значениям, осушителю необходим блок управления.

При горячей регенерации для осушки адсорбента используется горячий воздух. Адсорбционные осушители с горячей регенерацией, как правило, имеют самостоятельную систему продувки адсорбента — специально для того, чтобы исключить потребление СЖВ от компрессора. При этом процессе, в зависимости от типа адсорбента, необходима температура от 150 до 300 °С.

Если в осушителях с холодной регенерацией используется алюмогель или так называемая активированная глина, в «горячих» осушителях применяют силикаты, силикагель или двуокись кремния. Адсорбционная емкость, то есть способность поглощать влагу, резко падает с увеличением температуры. Например, при одном и том же расходе СЖВ размер осушителя, рассчитанного на входную температуру 45 °С, окажется в 2 раза большим (и такой осушитель будет в 2 раза дороже), чем для температуры в 35 °С! В этом случае выгоднее поставить дополнительный охладитель после компрессора. Силикаты более чувствительны к температуре входящего воздуха. Верхний предел использования осушителей с горячей регенерацией составляет 40—45 °С. Адсорбент может выдерживать от 2000 до 4000 циклов регенерации. Промежуток времени между автоматическими циклами регенерации составляет от 4 до 8 часов.





На способность адсорбента поглощать влагу влияют: окисление, вызывающее утрату влагопоглощающих свойств; уменьшение поверхности гранул адсорбента; загрязнение масляными частицами.

Эксплуатация адсорбционных осушителей с горячей регенерацией более экономична, и при больших расходах СжВ (начиная с 300—1000 м<sup>3</sup>/мин) дополнительные инвестиции на более дорогое оборудование окупаются за срок менее 1,5 лет.

При выборе адсорбционного осушителя учитывают его эксплуатационные параметры: точку росы под давлением, максимальную температуру сжатого воздуха на входе, максимальный объемный расход сжатого воздуха и минимальное рабочее давление.

Чем ниже необходимая точка росы под давлением, тем больше энергии требуется для ее достижения. Эта энергия в основном определяет стоимость осушки. Для большинства технологических процессов и оборудования более чем достаточно точки росы 25 °С. Более того, вполне приемлема температура и на 2—3 градуса выше. Но осушка при такой температуре обычно применяется в том случае, если речь идет о компрессоре «все в одном». Если же говорить о протяженных пневмопроводах — неотъемлемой составляющей компрессорных цехов, то для них предпочтительнее более низкие значения точки росы. Иначе резко возрастает вероятность коррозии в пневмопроводах и оборудовании.

О важности роли температуры СжВ на входе дают представление такие цифры: возрастание температуры с 35 до 45 °С, то есть всего на 10 °С, приводит к увеличению влаги в сжатом воздухе на 70%.

Максимальный объемный расход (иначе говоря, пропускная способность) влияет на уровень давления. Следствием выбора слишком маленького осушителя являются потери давления при больших потоках СжВ. В отношении рабочего давления существует такая зависимость: при меньшем давлении необходим больший осушитель, и наоборот. Речь в этом случае идет об одном и том же количестве СжВ.

Donaldson Ultrafilter имеет в своей программе несколько серий осушителей с различной конфигурацией цикла горячей регенерации. Большое многообразие моделей призвано обеспечить максимально экономичное решение для любых конкретных условий. Для безмасляных компрессоров (турбо и «сухих винтов») применяется модель с регенерацией от тепла компрессии, то есть работающая от «бесплатного» тепла. Некоторые модели гарантированно обеспечивают точку росы 40 °С даже в условиях тропического климата.

Существуют две разновидности блоков управления: таймерные и контроллеры точки росы. Таймерные блоки включают осушитель только тогда, когда компрессор работает с нагрузкой. Периодичность циклов регенерации фиксированная. Контроллеры точки росы регулируют работу осушителя на основе оценки качества сжатого воздуха на выходе, а конкретнее — точки росы. Такие контроллеры совершеннее таймерных, и ими практически стандартно комплектуются осушители Donaldson Ultrafilter большого размера, но на малых моделях их пока применяют редко по причине высокой стоимости.

## ФИЛЬТРАЦИЯ

Фильтры и сепараторы, применяемые в технологии очистки сжатого воздуха, могут классифицироваться по различным параметрам:

- \* назначение (всасывающий фильтр, промежуточный, стерильный и т.д.);
- \* способ фильтрации (пористый фильтр, мембранный и т.д.);
- \* фильтрующий материал (тканевый фильтр, бумажный, волоконный, спеченные фильтры из частиц металла, керамики, пластика);
- \* качество (тонкость) фильтрации в зависимости от применяемого фильтрующего элемента.

Например, в классификации фирмы Donaldson Ultrafilter имеются следующие фильтры.

- \* PE — фильтроэлемент для очистки от твердых пылевых частиц сжатого воздуха. Материал — пластик, удерживающая способность для частиц размером более 5 или 25 мкм — 100%.
- \* SB — фильтроэлемент для грубой очистки. Материал — спеченная бронза, регенерируемый, удерживающая способность для частиц более 5 или 25 мкм — 100%.
- \* FF — фильтроэлемент для тонкой очистки сжатого воздуха. Материал — микрофибра, задерживающая 99,999% частиц размером 0,01 мкм. Остаточное содержание





жание масла после фильтрации — 0,1 мг/м<sup>3</sup> (0,1 промилле).

\* MF — фильтроэлемент для тонкой очистки. Материал — микрофибра, задерживающая 99,99998% частиц раз мером 0,01мкм. Остаточное содержание масла составляет 0,03 мг/м<sup>3</sup>.

\* SMF — фильтроэлемент для тонкой очистки. Материал — микрофибра, которая задерживает 99,99999% частиц размером 0,01 мкм, остаточное содержание масла — 0,01 мг/м<sup>3</sup>.

\* АК — фильтроэлемент для устранения запахов. Материал — активированный уголь. Остаточное содержание масла менее 0,003 мг/м<sup>3</sup>.

Корпуса фильтров, в зависимости от требуемой производительности (до 40000 м<sup>3</sup>/час) и рабочего давления, изготавливаются из алюминия, углеродистой или нержавеющей стали. Все они оборудованы индикатором загрязненности фильтроэлемента — дифманометром, а также механическим или электронным конденсаторо-отводчиком. Модификация super-plus® оборудована дифманометром-

кономайзером. Это не сложное, но эффективное устройство на основании записанных в него данных о мощности компрессоров, стоимости электроэнергии и сменных фильтроэлементов показывает экономически оптимальный срок замены элемента. Алгоритм несложен: сравнивается стоимость дополнительной энергии, потраченной компрессором на преодоление сопротивления фильтра, со стоимостью нового фильтрующего элемента.

Строго говоря, из СжВ можно удалить все включения. Вопрос в другом: всегда ли стоит это делать? При проектировании системы фильтрации СжВ следует руководствоваться правилом: очищать столько, сколько нужно, но не более того. Тщательная фильтрация воздуха резко удорожает эксплуатационные расходы. Например, дорогостоящие фильтры очень тонкой очистки быстро засоряются загрязняющими компонентами атмосферного воздуха, в результате чего резко падает давление в системе. Кроме того, если при проектировании системы необходимо предусмотреть только фильтры тонкой очистки, результат будет таким же. Поэтому следует перед тонкой фильтрацией очищать сжатый воздух от более крупных включений.

О том, в какой последовательности лучше располагать оборудование для очистки воздуха, об устройстве компрессорной станции и пневмолиниях, о ресиверах и других компонентах пневмосистем будет рассказано в следующем номере журнала.

В итоге с уверенностью можно сказать следующее: рассматривая СжВ в производстве как энергоноситель, нельзя не учитывать вопросы, связанные с его подготовкой. Лишь решая эти вопросы в комплексе, можно добиться значительного снижения (в некоторых случаях на 70%) затрат на производство СжВ, обеспечить полноценное, грамотное его потребление, что в свою очередь позволяет сократить производственные затраты.

пях переменного тока. **CE101** — это первый прибор нового поколения электросчетчиков производства ОАО «Концерн Энергомера».

Счетчик CE101 соответствует требованиям ГОСТ Р 52320-2005 (МЭК 62052-11:2003) и внесен в Государственный реестр средств измерений РФ.

Серия приборов **5-го поколения**, получившая обозначение **СЕ** обладает улучшенными эксплуатационными характеристиками, высокой надежностью и отвечает всем требованиям современного рынка.

Счетчики серии СЕ полностью соответствуют требованиям стандартов, введенных в 2005 году. В течение 2006 года потребителям будет представлен полный модельный ряд электросчетчиков 5-го поколения. Серийное производство электросчетчика CE101 запланировано на 2-й квартал 2006 года.

<http://www.energomera.ru>

### УРАЛЬСКИЙ КОМПРЕССОРНЫЙ ЗАВОД КООПЕРИРУЕТСЯ С МИРОВЫМ ЛИДЕРОМ РЫНКА ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ И ЭЛЕКТРОНИКИ

Уральский компрессорный завод посетили представители немецкой фирмы EBM-PAPST — мирового лидера по производству вентиляторов, аэродинамической техники, электродвигателей и электроники. Предметом переговоров стала возможность применения продукции немецкого производителя для оснащения компрессорного оборудования производства ОАО «Уралкомпрессор».

Немецкая делегация посетила участок сборки винтовых компрессоров, после чего высказала намерение подготовить рациональные конструктивные и технические предложения по модернизации оборудования. Фирма EBM-PAPST заинтересована в ответном визите в Германию представителей Уральского компрессорного завода для ознакомления с немецким предприятием и его продукцией и налаживания дальнейших контактов. Уральский компрессорный завод заинтересован в дальнейшем сотрудничестве с фирмой EBM-PAPST. По мнению руководства предприятия, нас вполне устраивает их ценовая политика, качество продукции, условия поставки и другие аспекты совместной деятельности. В настоящее время намечен ряд мероприятий на повышение качества изделий и усовершенствования конструктивных узлов продукции завода.

*Элек.ру*



## КРАТКИЙ ОБЗОР ГАЗОДУВОК И ВОЗДУХОДУВОК

Газодувки и воздуходувки – это категория нагнетательных машин, которая по давлению нагнетания является промежуточной между вентиляторами и компрессорами.

В качестве нижней границы давления нагнетания для компрессоров обычно принимают уровень порядка 1,5..3,0 атм (150..300 кПа) по абсолютному или 0,5..2,0 атм. (50..200 кПа) по избыточному давлению. Оборудование с более низким давлением нагнетания относят к **воздуходувкам**, а создающее перепад давлений менее 15 кПа – к вентиляторам.

Газодувки и воздуходувки обычно применяют для транспортировки воздуха или газа и/или взвешенных в них сыпучих веществ (цемента, зерна, муки и т.п.), продувки (аэрации) бассейнов а компрессоры - для нагнетания газа в замкнутый объем.

По принципу действия можно выделить **ротационные (двухроторные) машины** и **турбовоздуходувки**.

### **ДВУХРОТОРНЫЕ РОТАЦИОННЫЕ ГАЗОДУВКИ**

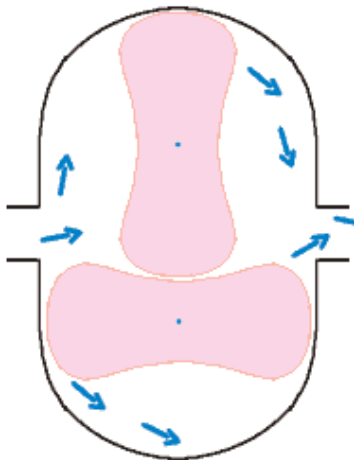
Наиболее распространенным типом газодувок и воздудувок являются ротационные двухроторные объемного действия. В сравнении с газодувками других типов типов двухроторные газодувки отличаются компактностью. Принцип действия такой газодувки показан ниже. Аналогичным образом работают и двухроторные вакуумные насосы. (фото)



В рабочей полости двухроторной машины синхронно вращаются два ротора, которые выполняют роль вращающихся поршней. При вращении они захватывают газ из всасывающего патрубка (на схеме - слева) и перемещают его к нагнетательному патрубку (справа). Как только объем газа, перемещаемый между одним из поршней и корпусом камеры, соединяется с нагнетательным патрубком, происходит резкое (практически адиабатическое) повышение давления до давления нагнетания. Сжатие газа происходит

за счет обратного потока и рабочий перепад давлений всегда равен сопротивлению цепи.

Синхронизация вращения роторов выполняется шестеренчатой передачей, поэтому газодувки такого типа часто называют шестеренчатыми компрессорами.



К этому типу (изобретенному братьями Рутс в 1854 г.) в частности относятся

#### **Газодувки серии 1Г**

Перепад давлений 30..80 кПа (0,3..0,8 атм), производительность от 1,44 до 24 м<sup>3</sup>/мин.

#### **Шестеренчатые компрессоры серии ВФ**

Перепад давлений 30..80 кПа (0,3..0,8 атм), производительность от 0,4 до 37 м<sup>3</sup>/мин.

#### **Шестеренчатые компрессоры серии ЗАФ**

Перепад давлений 25..110 кПа (0,25..1,1 атм), производительность от 1,54 до 40,2 м<sup>3</sup>/мин.

#### **Воздуходувки серии 2AF (2АФ)**

Перепад давлений 10..80 кПа (0,1..0,8 атм), производительность от 1 до 18,2 м<sup>3</sup>/мин.

Выпускаются компанией **Vienube ( Венибе )**, Литва.

#### **Воздуходувки серии Omega**

Перепад давлений 30..100 кПа (0,3..1,0 атм), производительность от 1,28 до 156 м<sup>3</sup>/мин.

Выпускаются компанией **Vienube ( Венибе )**, Литва.

Компрессорный блок оснащен трехлопастными роторами.

#### **Воздуходувки серии DR**

Избыточное давление от 10 до 110 кПа, производительность от 0,3 до 500 м<sup>3</sup>/мин. Выпускаются компанией **SP SPOMAX SA**, Польша. Широко применяются на очистных сооружениях и для пневмотранспортировки сыпучих продуктов.

#### **Воздуходувки типа ВР и газодувки типа ГР**

Избыточное давление от 15 до 100 кПа, производительность от 0,5 до 377 м<sup>3</sup>/мин. В режиме вакуумирования обеспечивают 50%, а некоторые модели - до 90 % вакуума. Климатическое исполнение - У2 или У3 (от -35 °С). Выпускаются концерном «Укрросметалл», Украина

Газодувки, воздуходувки и шестеренчатые компрессоры типа Рутс обеспечивают подачу безмасляного воздуха, так как в рабочую камеру масло не подается. Они отличаются компоновкой, применяемыми при изготовлении материалами, наличием и типом обратных клапанов, ременной или муфтовой передачей, способом уплотнения между рабочей камерой и камерой с шестеренчатым блоком, степенью взрывозащищенности.

### **ТУРБОГАЗОДУВКИ, ТУРБОВОЗДУХОДУВКИ, ТУРБОНАГНЕТАТЕЛИ, ЦЕНТРОБЕЖНЫЕ КОМПРЕССОРЫ**

Это машины динамического типа. Сжатие газа в них происходит за счет отбрасывания газа быстро вращающимся рабочим колесом (турбиной) из центра к периферии.

Не останавливаясь подробно на описании газодувок этого типа, приведем основные характеристики выпускаемых семейств таких газодувок, придерживаясь наименований, указываемых изготовителями.

#### **Турбокомпрессоры серий ТВ и ТГ**

Производительность от 60 до 500 м<sup>3</sup>/мин. Перепад давлений от 0,08 до 0,8 атм. Примеры маркировки: ТГ300-1,6 (производительность 300 м<sup>3</sup>/мин., конечное абсолютное давление - 1,6 кгс/см<sup>2</sup>), ТВ100-1,12 (производительность 100 м<sup>3</sup>/мин. конечное абсолютное давление - 1,12 кгс/см<sup>2</sup>).

#### **Воздуходувки типа ВЦ1**

Производительность от 50 до 200 м<sup>3</sup>/мин. Перепад давлений 0,4..0,77 атм. Заменяют некоторые модели турбокомпрессоров типа ТВ50, ТВ80, ТВ200.

#### **Низконапорные нагнетатели типа ЦНВ**

Производительность от 40 до 330 м<sup>3</sup>/мин. Перепад давлений 0,15..2,40 атм. Заменяют некоторые модели турбокомпрессоров типа ТВ и ТГ.

#### **Центробежные газодувки типа ВД**

Производительность от 15 до 300 м<sup>3</sup>/мин. Перепад давлений (напор) 0,09..0,14 атм.

#### **Центробежные воздуходувки (компрессоры) ЭФ-200**

Производительность от 13 до 45 м<sup>3</sup>/мин. Напорное давление от 10 до 80 кПа

#### **Вихревые воздуходувки (компрессоры) ЭФ-100**

Производительность от 3 до 15 м<sup>3</sup>/мин. Напорное давление до 42 кПа

*По материалам компании «Серво С»*

Янсюкевич В. А.

## МЕТОДИКА ИСПЫТАНИЯ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА

### ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

Рекомендации настоящей методики распространяются на испытания электродвигателей переменного тока всех типов и напряжений, применяемых в электроустановках Ухтинского РНУ.

Испытания электродвигателей переменного тока проводятся для оценки состояния изоляции и выявления образующихся в ней дефектов.

Для изоляции обмоток электрических машин применяется большое количество разнообразных электроизоляционных материалов (бумага, лакоткань, асбест, микалента, миканит, эскапон, лаки, компауды и т.п.), выбор которых определяется условиями работы машины и характеризуется нагревостойкостью, относительной влажностью окружающей среды, регламентным числом пусков и реверсов, механической прочностью, озоностойкостью и другими критериями.

Изоляция электрических машин является наиболее существенной частью, которая определяет надёжность и срок службы машины в основном по причине старения под действием различных факторов.

Основной причиной повреждения изоляции электродвигателей является совместное действие тепловых, механических и электрических воздействий, а также влияние окружающей среды (влажность, загрязнённость, высокая

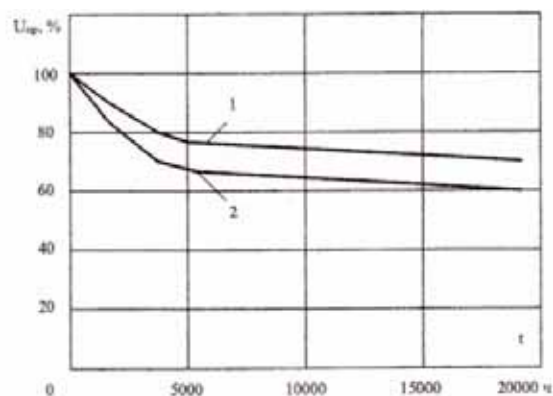


Рис. 1.2 Зависимость электрической прочности (процент от прочности новой изоляции) при 50 Гц от числа часов работы в эксплуатации: 1 - для отечественных машин; 2 - по данным США.

температура и т.д.). Тепловое старение органических составляющих изоляции (смолы, бумага, ткани) сильно снижает электрическую прочность машинной изоляции. Неорганические составляющие (сланца, стекло, асбест) не подвержены тепловому старению при обычных для электродвигателей рабочих температурах. Тепловое старение делает изоляцию уязвимой для механических воздействий. При работе машин их обмотки подвергаются воздействию электрических усилий от действия электромагнитных сил

при нормальных или аварийных режимах, что приводит к их перемещению. Кроме того, обмотки подвержены воздействию сил, возникающих при тепловых расширениях неодинаковых для различных частей.

Для новой изоляции все эти воздействия не представляют большой опасности, но при потере механической прочности, изоляция менее способна противостоять обычным условиям вибрации или ударов, разности тепловых расширений и сжатий меди, стали и конструктивных деталей.

В силу вышесказанного, в процессе эксплуатации прочность изоляции машин снижается (Рис. 1. 2). Как видно из рисунка, прочность изоляции снижается интенсивно в первые годы работы, а затем это снижение уменьшается. Через несколько лет после ввода машины в эксплуатацию прочность её изоляции снижается примерно на 30%.

Уровень прочности изоляции электродвигателей при перенапряжениях характеризуется коэффициентом импульса:

$$U_p = U_{имп}/U_{\sim}$$

где:  $U_{имп}$  – импульсное пробивное напряжение

$U_{\sim}$  – амплитудное значение переменного (выдерживаемого в течение 1 минуты) напряжение

Обычно для новой изоляции среднее значение  $K_p = 1,22-2,0$ . Для состарившейся изоляции при наличии дефектов  $K_p$  снижается до 1,0 и даже 0,5-0,8. Такое же положение имеет место для витковой изоляции.

Наиболее характерными видами дефектов изоляции обмоток электрических машин являются местные дефекты (трещины, расслоения, воздушные включения, местные перегревы, истирания и т.п.), охватывающие незначительную часть площади изоляции.

Оценка качества изоляции обмоток, концевых выводов и других элементов вращающихся машин производится при монтаже и в процессе эксплуатации и включает в себя внешний осмотр, проверку правильности маркировки выводов и полярности обмоток, измерение сопротивления изоляции и коэффициента абсорбции, измерения тока утечки на выпрямленном напряжении, испытание повышенным напряжением промышленной частоты, измерение сопротивления обмоток постоянному току, измерение воздушного зазора между сталью ротора и статора, измерение зазоров в подшипниках скольжения, проверка работы электродвигателя на холостом ходу, измерение вибрации подшипников электродвигателя, измерение разбега ротора в осевом направлении, проверка работы электродвигателя под нагрузкой, проверка исправности стержней короткозамкнутых роторов, испытание возбудителей.

Не все перечисленные выше испытания проводятся персоналом электролаборатории: так измерение вибрации подшипников и измерение разбега ротора в осевом направлении, измерение производится персоналом РММ после проведения балансировки ротора. Данные измерения и работы по проведению балансировки производятся в плановые ремонты электродвигателя, при необходимости после

проведения электрических испытаний изоляции ротора и статора (для синхронных машин), или только статора (для машин с короткозамкнутым ротором).

Работы по измерению воздушного зазора между сталью ротора и статора и измерение зазоров в подшипниках скольжения проводятся персоналом службы механика непосредственно на НПС.

Общий вид электродвигателя переменного тока напряжением 0,4кВ представлен на рисунке 1- 10.

В электроустановках применяются электродвигатели различных типов, размеров и мощности. В качестве электродвигателей магистральных насосных агрегатов используются синхронные электродвигатели типа СТД, мощностью 2500кВт и номинальным напряжением 10кВ. Осталь-

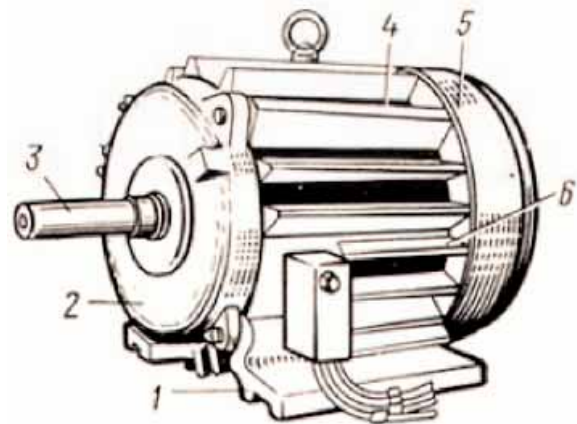


Рис. 1-10. Общий вид закрытой электрической машины:

1 – лапы для крепления, 2 – подшипниковый щит, 3 – вал, 4 – станина, 5 – кожух, 6 – охлаждающие ребра

ные электродвигатели переменного тока работают в механизмах вспомогательных систем.

Основное внимание при проведении испытаний следует уделять электродвигателям магистральных насосных агрегатов т.к. эти электродвигатели находятся в эксплуатации более 25 лет, и, кроме того, стоимость замены вышедшего из строя электродвигателя очень высока.

Электродвигатели вспомогательных систем малы по мощности в сравнении с СТД и менее дороги, несмотря на это обстоятельство, испытание следует проводить своевременно и с достаточной тщательностью.

Электрические испытания электродвигателей должны проводиться специально обученным персоналом с учётом следующих положений:

- ❶ профилактические испытания должны, как правило, совмещаться с текущими и капитальными ремонтами электродвигателя.
- ❷ перед испытаниями электродвигатель следует тщательно осмотреть, изучить заводскую документацию на не-





**РАЗЪЕДИНИТЕЛИ РТ ПРИМЕНЕНЫ В КРУ**

Трехпозиционные разъединители РТ-10/630/20 производства ОАО «ПО Элтехника» применила компания ООО «ПП ШЭЛА» в составе шкафов КРУ-РН-6-РТ. Эти шкафы КРУ предназначены для распределения электрической энергии 6 кВ в сетях с изолированной нейтралью и были введены в эксплуатацию на гипсовом руднике ОАО «Гипс-Кнауф г. Новомосковск» в конце 2005 г.

www.elteh.ru

**ИНТЕРЭЛЕКТРОКОМПЛЕКТ: АВДТ 32: ДВОЙНОЙ МОДУЛЬ, ТРОЙНАЯ ЗАЩИТА**

Новый автоматический выключатель дифференциального тока обеспечивает надежную защиту от синусоидального и пульсирующего постоянного токов. Известно, что поражение электрическим током - один из самых распространенных несчастных случаев, часто приводящих к смертельному исходу.

Как показывает статистика, подавляющее большинство электротравм происходит в случае прикосновения к токоведущим частям, находящимся под напряжением. Вероятность поражения током повышается, если части электрооборудования, в том числе - корпуса электродвигателей и других аппаратов при отсутствии заземления становятся токоведущими при повреждении изоляции.

Надежную защиту человека в подобных ситуациях обеспечивает автоматический выключатель дифференциального тока АВДТ 32 - новинка, которую компания «ИНТЕРЭЛЕКТРОКОМПЛЕКТ» представила в первом квартале этого года. В этом аппарате объединены функции дифференциальной защиты и автоматического выключателя, причем это объединение не привело к значительному увеличению габаритов изделия. Аппарат занимает два стандартных модуля в щитке (36мм). АВДТ 32 представляет собой двухполюсный аппарат с одним полюсом, защищенным от перегрузки и короткого замыкания, и коммутирующий контакт нулевого полюса.

АВДТ32 имеет присоединительные зажимы, к которым можно одновременно подключать гибкие проводники, шину типа PIN (штырь) или типа FORK (вилка). Это не далеко не все преимущества новинки. Так, максимальная отключающая способность аппарата составляет 6000 А, что дает возможность установки изделия на вводе в распределительном устройстве (у аналогичных аппаратов других производителей - всего лишь 3000 А). Еще одним достоинством яв-

го, подготовить приборы и приспособления.

- 3 во время испытания должно производиться непрерывное наблюдение с безопасного расстояния за состоянием электродвигателя.
- 4 заключение о пригодности электродвигателя к эксплуатации производится на основании сравнения данных, полученных при испытании с заводскими данными, данными предыдущих испытаний и требованиями НТД.

Пуск электродвигателя в работу (для измерения тока холостого хода и вибрации подшипников) осуществляется после окончания всех остальных

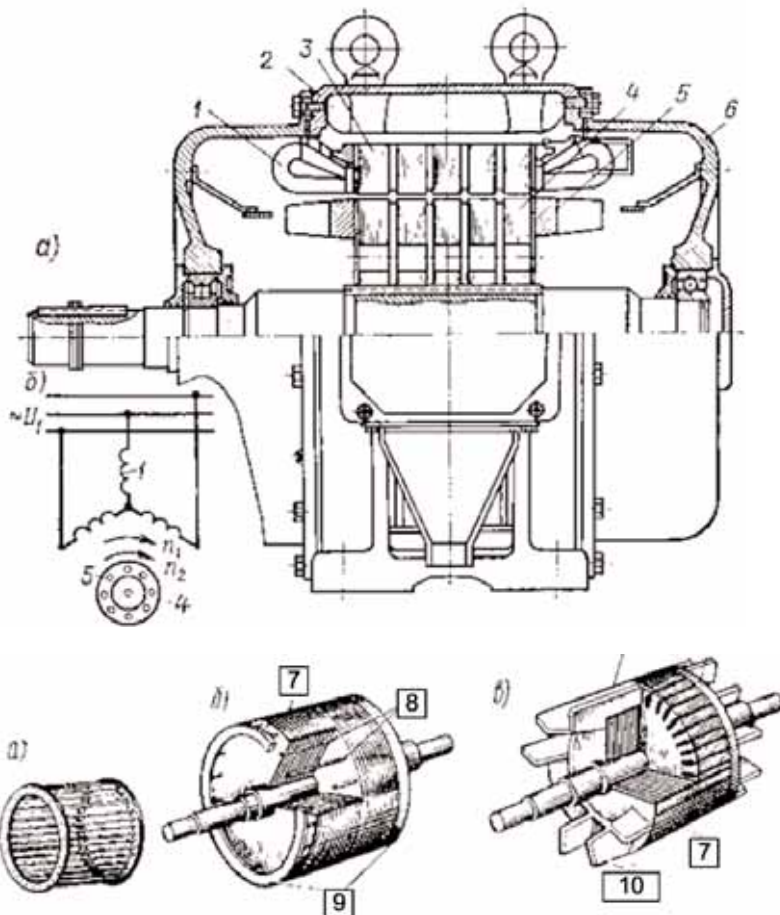
испытаний и обработки полученных при этом материалов.

**ОБЪЕКТ ИСПЫТАНИЯ**

**Асинхронные электродвигатели.**

Конструктивно асинхронные электродвигатели переменного тока подразделяются на два основных типа: с фазным ротором и с короткозамкнутым ротором. Эти типы электродвигателей имеют одинаковую конструкцию статора и отличаются лишь формой выполнения ротора.

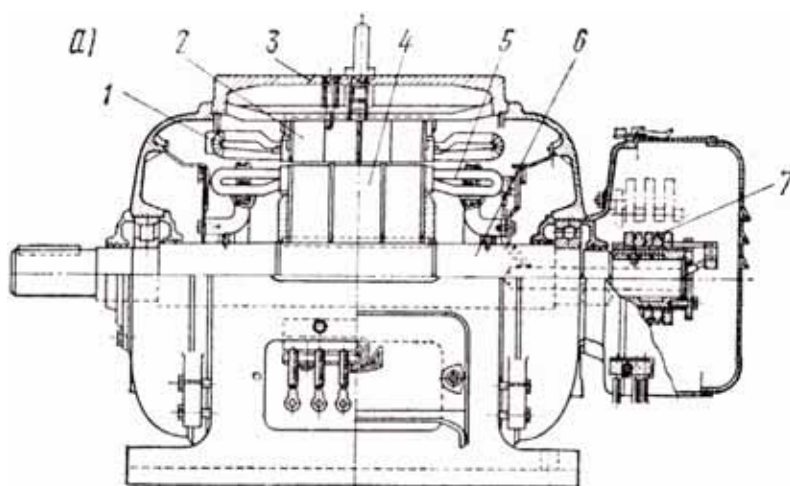
На рисунках 2 и 3 представлены оба типа асинхронных электродвигателей с указанием важнейших конструктивных элементов. Асинхронные электродвигатели напряжением до и выше 1000В конструктивно принципи-



**Рисунок 2. Асинхронный электродвигатель с короткозамкнутым ротором и конструкция ротора.**

**1 - обмотка статора, 2 - станина, 3 - сердечник статора, 4 - сердечник ротора, 5 - обмотка ротора, 6 - подшипниковый щит, 7 - сердечник ротора в увеличенном виде, 8 - стержни, 9 - короткозамкнутые кольца, 10 - лопасти вентилятора.**





**Рисунок 3. Асинхронный электродвигатель с фазным ротором**

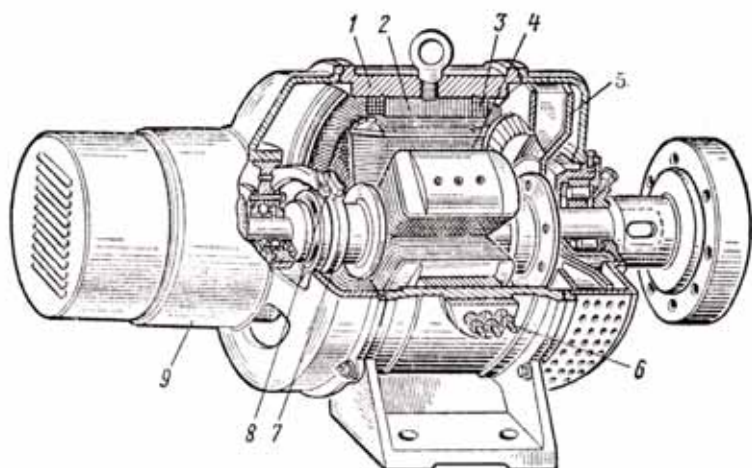
ально не отличаются, всё отличие сводится к усилению изоляции с ростом напряжения статора.

Электродвигатели напряжением выше 1000В выполняют большей мощности, чем электродвигатели напряжением до 1000В. Соответственно высоковольтные электродвигатели имеют большие размеры, что вносит некоторые особенности в порядок проведения их испытания.

**Синхронные электродвигатели:**

Статор синхронного электродвигателя конструктивно выполнен аналогично статору асинхронного электродвигателя. Ротор синхронного

электродвигателя кардинально отличается по конструкции от ротора асинхронного электродвигателя с его замкнутой беличьей клеткой (электродвигатель с короткозамкнутым ротором). Обмотка ротора, которая питается от источника постоянного тока, называют обмоткой возбуждения. Вращающуюся обмотку ротора соединяют с внешним источником тока (возбудителем) посредством контактных колец и щёток, в этом синхронный электродвигатель схож с асинхронным электродвигателем с фазным ротором. Кроме ротора с контактными кольцами синхронные элек-



**Рисунок 4. Устройство явнополюсной синхронной машины.**  
 1 - корпус, 2 - сердечник статора, 3 - обмотка статора, 4 - ротор, 5 - вентилятор, 6 - выводы обмотки статора, 7 - контактные кольца, 8 - щётки, 9 - возбудитель.

ляется характеристика типа «А», то есть сочетание защиты как от синусоидальной, так и от пульсирующей составляющих дифференциального тока.

компания ИНТЕРЭЛЕКТРОКОМПЛЕКТ

**НПО «МИР». НОВЫЙ ПРОДУКТ: СЧЕТЧИК МИР С-01**

Многофункциональные электронные трехфазные счетчики электрической энергии МИР С-01 предназначены для измерения активной и реактивной электрической энергии прямого и обратного направлений, активной, реактивной и полной мощности, коэффициента мощности, среднеквадратических значений напряжения, силы тока и частоты по трем фазам в трехфазных цепях переменного тока и организации многотарифного учета электроэнергии.

Счетчики предназначены для эксплуатации, как в автономном режиме, так и в составе автоматизированных систем контроля и учета электроэнергии (АСКУЭ/АСТУЭ и АСДУЭ).

Преимущества:

- ❖ Счетчик разработан по новым ГОСТ Р 52320-2005, ГОСТ Р 52323-2005 в части измерения активной энергии.
- ❖ Все интерфейсы счетчика – независимы.
- ❖ В счетчике существует возможность ведения двух массивов срезов мощности (коммерческого и технического).
- ❖ Достаточно большой и информативный (по сравнению с другими счетчиками) жидкокристаллический индикатор.
- ❖ Монтаж проводов внешних слаботочных цепей осуществляется при помощи безвинтовых клеммных колодок WAGO.

НПО «МИР»

**АПвБ6Шп(г)-1 и ПвБ6Шп(г)-1 - НОВАЯ ПРОДУКЦИЯ «КАМКАБЕЛЬ»**

На ОАО «КАМКАБЕЛЬ» освоено серийное производство новой марки кабеля с изоляцией из сшитого полиэтилена на напряжение 1 кВ. Кабели АПвБ6Шп(г)-1 и ПвБ6Шп(г)-1 изготавливаются согласно ТУ 16.К71-277-98 и герметизированы от проникновения влаги.

Получено разрешение на применение кабелей в сетях «Московской городской электросетевой компании» и сертификат соответствия ТУ.

Данные кабели применяются взамен кабелей на напряжение 1 кВ с бумажной пропитанной изоляцией, с изоляцией из ПВХ-пластиката. Кабели АПвБ6Шп(г)-1 аналогичны по характеристикам и могут применяться вместо кабелей АПвБ6Шп-1 исп. 3, которые сейчас широко используются в г. Москве.





**Рисунок 4.1 Синхронный электродвигатель с БВУ (безщёточным возбуждением)**

тродвигатели могут снабжаться безщёточными возбужденными устройствами (БВУ). Внешний вид синхронного электродвигателя с БВУ представлен на рисунке 4.1. Принцип работы электродвигателя от конструкции возбужденного устройства не меняется.

БВУ представляет собой небольшой по мощности генератор, который служит для питания ротора электродвигателя постоянным током – током возбуждения. Таким образом, выработанная генератором БВУ электроэнергия используется только для возбуждения синхронного электродвигателя.

Синхронный электродвигатель является обрабатываемой машиной и может работать и как электродвигатель и как генератор. В режиме генератора генерируемое напряжение снимается с обмотки статора машины, при этом обмотка возбуждения выполняет одну и ту же функцию (как для двигателя, так и для генератора). Частота вращения ротора синхронного электродвигателя жестко привязана к частоте питающей сети, что является важнейшим эксплуатационным свойством данного типа машин.

### ОПРЕДЕЛЯЕМЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ.

**Проверка правильности маркировки выводов и полярности обмоток** электродвигателя производится для

**Таблица 1. Допустимые значения сопротивления изоляции и коэффициента абсорбции для обмоток статора электродвигателей.**

| Мощность, номинальное напряжение электродвигателя, вид изоляции   | Критерии оценки состояния изоляции обмотки статора           |                                 |     |      |              |
|---|--|---------------------------------|-----|------|--------------|
|   | Значение сопротивления изоляции (МОм)                        | Значение коэффициента абсорбции |     |      |              |
| Мощность 5МВт и ниже, напряжение выше 1кВ, терморезистивная изоляция  | Не ниже 10МОм на киловольт номинального линейного напряжения |                                 |     |      |              |
| Двигатели с микалентной компаундированной изоляцией, напряжением 1 кВ, мощность от 1 до 5МВт включительно, а также двигатели меньшей мощности наружной установки с такой же изоляцией напряжением свыше 1кВ | T (°C)   | 3кВ                             | 6кВ | 10кВ | Не менее 1,3 |
|   | 10   | 30                              | 60  | 100  | Не менее 1,2 |
|   | 20   | 20                              | 40  | 70   | Не менее 1,2 |
|   | 30   | 15                              | 30  | 50   | Не менее 1,2 |
|   | 40   | 10                              | 20  | 35   | Не менее 1,2 |
|   | 50   | 7                               | 15  | 25   | Не менее 1,2 |
| Напряжением ниже 1кВ, все виды изоляции   | 60   | 5                               | 10  | 17   | Не менее 1,2 |
|   | 75   | 3                               | 6   | 10   | Не менее 1,2 |
|   |  | Не ниже 1МОм                    |     |      | -            |

определения возможных заводских ошибок в соединении обмоток в звезду или в треугольник, а также для сверки маркировки обмоток с паспортными данными (при наличии указаний в паспорте электродвигателя).

Соединение обмоток электродвигателя должно соответствовать схеме соединения – не должно быть встречного включения обмоток (что может привести к повреждению электродвигателя при включении в сеть). Маркировка выводов обмоток может быть любой: ранее в большинстве электродвигателей использовалась маркировка С1-С4 и С2-С5 и С3-С6, но в настоящее время с внедрением большого числа электродвигателей иностранного производства маркировка выводов может быть различной.

**Сопротивление изоляции  $R_{из}$**  является основным показателем состояния изоляции статора и ротора электродвигателя.

Одновременно с измерением сопротивления изоляции обмотки статора определяют коэффициент абсорбции. Измерение сопротивления изоляции ротора проводится у синхронных электродвигателей и электродвигателей с фазным ротором на напряжение 3кВ и выше или мощностью более 1МВт. Сопротивление изоляции ротора должно быть ниже 0,2МОм.

Коэффициент абсорбции в эксплуатации обязательно определять только для электродвигателей напряжением выше 3кВ или мощностью более 1МВт.

Значение сопротивления изоляции и коэффициента абсорбции указаны в *таблице 1*.

**Измерение сопротивления обмоток постоянному току** производится у электродвигателей для сравнения различных фаз обмоток между собой, с заводскими данными (указаны в паспорте электродвигателя), или с данными предыдущих испытаний, а обмотки возбуждения синхронных электродвигателей – для сравнения с данными предыдущих испытаний, или заводскими данными. Полученные данные не должны отличаться друг от друга (одна фаза или группа обмоток от другой фазы или группы) и от исходных данных больше чем на 2%.



Измеренные значения должны быть приведены к температуре заводских измерений.

Для реостатов и пусковых резисторов, установленных на электродвигателях напряжением 3кВ и выше, сопротивление измеряется на всех ответвлениях. Для электродвигателей ниже 3кВ измеряется общее сопротивление реостатов и пусковых резисторов и проверяется целостность отпаек.

Измерение сопротивления обмоток постоянному току небольших по мощности электродвигателей номинальным напряжением 0,4кВ проводится для оценки общего состояния электродвигателя. В электродвигателях данного типа расхождение по сопротивлению может быть выше 2%. Максимальное различие в сопротивлении не должно превышать 4%. Это не относится к электродвигателям с номинальным напряжением 0,4кВ и мощностью от 30кВт и выше.

**Испытание повышенным напряжением промышленной частоты** производится в течение 1 минуты. Значение испытательного напряжения приведено в таблице 2.

**Измерение воздушного зазора между статором ротора и статора** должно производиться, если позволяет конструкция электродвигателя. При этом у электродвигателей мощностью 100кВт и более, у всех электродвигателей ответственных механизмов, а также у электродвигателей с выносными подшипниками и подшипниками скольжения величины воздушных зазоров в местах, расположенных по окружности ротора и сдвинутых друг относительно друга на угол 90°, или в местах, специально предусмотренных при изготовлении электродвигателя, не должны отличаться больше чем на 10% от среднего значения.

**Измерение зазоров в подшипниках скольжения.** Увеличение зазоров в подшипниках скольжения более значительных, приведенных в таблице 3, указывает на необходимость перекаливки вкладыша.

**Проверка работы электродвигателя на холостом ходу или с ненагруженным механизмом** производится у электродвигателей напряжением 3кВ и выше. Значение тока ХХ для вновь вводимых электродвигателей не нормируется.

Значение тока ХХ после капитального ремонта электродвигателя не должно отличаться больше чем на 10% от значения тока, измеренного перед его ремонтом, при одинаковом напряжении на выводах статора.

У синхронных электродвигателей необходимо учитывать ток возбуждения в момент проведения опыта холостого хода – ток возбуждения должен быть таким же, как и при предыдущих испытаниях.

При проведении испытаний необходимо периодически прослушивать работу электродвигателя на предмет появления посторонних шумов, увеличения вибрации и т.п.

Продолжительность проверки электродвигателей должна быть не менее 1 часа.

Если проверка производится у электродвигателей малой мощности, то обычно ток ХХ не превышает 30% номинала. Чаще всего для маломощных электродвигателей ни-

зкого напряжения проверка работы на холостом ходу не проводится.

**Измерение вибрации подшипников электродвигателя** производится у электродвигателей напряжением 3кВ и выше, а также у электродвигателей ответственных механизмов.

При отсутствии заводских данных вибрация не должна превышать следующих значений: 30 при частоте вращения 3000, 60 при 1500, 80 при 1000 и 95 при 750 оборотах/минуту.

**Проверка работы электродвигателя под нагрузкой** производится при неизменной мощности, потребляемой электродвигателем из сети, величиной не менее чем при 50% номинальной мощности электродвигателя. Проверяется тепловое и вибрационное состояние электродвигателя, прослушивается работа (отсутствие посторонних шумов).

**Проверка исправности стержней короткозамкнутых роторов** производится у асинхронных электродвигателей при капитальных ремонтах осмотром вынутого ротора или специальными испытаниями, а в эксплуатации – по пульсациям рабочего или пускового тока статора.

**Испытание возбuditелей** производится у синхронных электродвигателей.

Испытание устройств системы возбуждения синхронных электродвигателей производится в объеме устройств, которые входят в состав системы возбуждения и включают в себя измерение сопротивления изоляции, испытание повышенным напряжением, измерение сопротивления постоянному току, проверка диодов и тиристоров.

Проверку диодов и тиристоров необходимо выполнять после отсоединения их от схемы БВУ по крайней мере с одной стороны полупроводникового элемента.

Проверка станции возбуждения производится в объеме, определяемом соответствующими инструкциями производителя.

## УСЛОВИЯ ИСПЫТАНИЙ И ИЗМЕРЕНИЙ

Испытание электрических двигателей производят при температуре окружающей среды не ниже +10°C, с контролем температуры статора машины. При проведении испытаний следует помнить, что температура обмоток электродвигателя может быть выше температуры окружающей среды, поэтому контроль температуры обмоток осуществляют непосредственно внутри корпуса электрической машины. Для этого можно использовать датчики температуры КИП, которые выводят температуру обмотки на МДП (местный диспетчерский пункт) оператора.

Влажность окружающего воздуха имеет значение при проведении высоковольтных испытаний обмоток ротора и статора, т.к. конденсат на обмотках может привести к пробое изоляции и, соответственно, к выходу из строя. Оценку увлажнения обмоток электродвигателя проводят при измерении коэффициента абсорбции.

Атмосферное давление особого влияния на качество проводимых испытаний не оказывает, но фиксируется для занесения данных в протокол.



# ДИАГНОСТИКА И ИСПЫТАНИЯ

**Таблица 2. Значения испытательного напряжения промышленной частоты для обмоток электродвигателей переменного тока.**

| Испытуемый элемент  | Вид испытания | Мощность электродвигателя, (кВт)             | Номинальное напряжение электродвигателя (кВ) | Испытательное напряжение (кВ)  |
|---|---------------|--|--|--|
| Обмотка статора***  | П             | Менее 1,0                                    | Ниже 0,1                                     | $0,8(2U_{ном}+0,5)$  |
|   |               | От 1,0 до 1000                               | Ниже 0,1                                     | $0,8(2U_{ном}+1)$  |
|   |               | От 1000                                      | Выше 0,1                                     | $0,8(2U_{ном}+1)(>1,2)$  |
| Обмотка статора***  | П             | От 1000                                      | До 3,3                                       | $0,8(2U_{ном}+1)$  |
|   |               | От 1000                                      | Свыше 3,3 до 6,6                             | $0,8*2,5 U_{ном}$  |
|   |               | От 1000                                      | Свыше 6,6                                    | $0,8(2U_{ном}+3)$  |
|   |               | 40 и более, а также ответственные механизмы* | 0,4 и ниже                                   | 1,0  |
|   |               |  | 0,5  | 1,5  |
|   |               |  | 0,66   | 1,7  |
|   |               |  | 2,0  | 4,0  |
| 3,0   | 5,0           |  |  |  |
| 6,0   | 10,0          |  |  |  |
| 10,0  | 16,0          |  |  |  |
| Менее 40  | 0,66 и ниже   | 1,0  |  |  |
| Обмотка ротора синхронных электродвигателей, предназначенных для непосредственного пуска, с обмоткой возбуждения, замкнутой на резистор или источник питания*** | П             | -  | -  | 8 - ми кратное $U_{ном}$ системы возбуждения, но не менее 1,2 и не более 2,8 |
|   | К             | -  | -  | 1,0  |
| Обмотка ротора электродвигателя с фазным ротором ***  | П,К           | -  | -  | $1,5U_p^{**}$ , но не менее 1,0  |
| Реостаты и пускорегулировочные резисторы  | П,К           | -  | -  | $1,5U_p^{**}$ , но не менее 1,0  |
| Резистор цепи гашения поля синхронных двигателей  | П,К           | -  | -  | 2,0  |

\* - испытание необходимо производить при капитальном ремонте (без смены обмоток) тотчас после останова электродвигателя до его очистки от загрязнения.

\*\*  $U_p$  напряжение на кольцах при разомкнутом неподвижном роторе и полном напряжении на статоре.

\*\*\* с разрешения технического руководителя предприятия испытание двигателей напряжением до 1000В при вводе в эксплуатацию может не производиться.

При подготовке рабочего места необходимо проверить возможность рассоединения обмоток электродвигателя для проведения полноценных испытаний изоляции обмоток относительно корпуса и между собой.

## СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

Измерение сопротивления изоляции производят мегаомметрами на соответствующее напряжение: для обмотки статора используют мегаомметры на 500В при номинальном напряжении машины до 0,5кВ включительно, мегаомметры с рабочим напряжением 1000В используют для электродвигателей с рабочим напряжением свыше 0,5 до 1кВ включительно, а мегаомметры на напряжение 2500В – для электродвигателей выше 1кВ. Для упрощения следует использовать мегаомметры на напряжение 1000В для всех электродвигателей с номинальным напряжением обмоток 380/220В и 660/380В, иными словами используем мегаом-

метр на 1000В для всех промышленных низковольтных электродвигателей.

Измерение сопротивления изоляции ротора производится мегаомметром на напряжение 1000В (допускается использовать мегаомметр на напряжение 500В).

Измерение сопротивления обмоток постоянному току производится мостами постоянного тока (например Р 333), которые позволяют произвести замеры с точностью до 0,001 Ом для электродвигателей мощностью свыше 100кВт. При отсутствии данных приборов возможно использовать метод амперметра – вольтметра с источником постоянного тока, который может обеспечить достаточный ток для проведения данных испытаний. При проведении опыта методом амперметрвольтметра необходимо иметь источник ток достаточной мощности (емкости), для обеспечения стабильности производимых замеров.

Испытание повышенным напряжением промышленной частоты производят с помощью различных установок, которые состоят из следующих элементов: испытательного трансформатора, регулирующего устройства, контрольно-измерительной и защитной аппаратуры. К таким аппаратам можно отнести установку АИИ – 70, АИД – 70, а также различные высоковольтные испытательные трансформаторы, которые обладают достаточным уровнем защиты и надлежащим уровнем подготовлены для проведения испытаний.

Измерение воздушного зазора и зазоров в подшипниках производят с применением специально предназначенных для этой цели щупов.

Измерения при проверке электродвигателей на холостом ходу и под нагрузкой производят с применением амперметров и вольтметров, которые при необходимости можно подключить через трансформаторы тока и напряжения соответственно. Кроме того можно использовать высоковольтные токоизмерительные клещи для непосредственного измерения тока статора у высоковольтных электродвигателей СТД.

**Все приборы должны быть поверены, а испытательные установки аттестованы в соответствующих государственных органах (ЦСМ).**

## ПОРЯДОК ПРОВЕДЕНИЯ ИСПЫТАНИЙ И ИЗМЕРЕНИЙ

### Определение полярности выводов обмотки.

Для первоначальной проверки исправности электродвигателя проводят определение полярности соединённых частей обмотки и правильности маркировки их выводов. Данное испытание выполняется с использованием обычной батарейки и гальванометра.

В большинстве случаев, обмотки электродвигателей соединяются в борно в соответствии с *рисунком 5*.

В некоторых машинах соединение в звезду не выводится в борно – оно выполнено внутри корпуса, а в борно выведены только три вывода С1-С2-С3, или четыре С1-С2-С3-0. Для таких электродвигателей полярность обмоток не проверяется.

Электродвигатели СТД имеют два борно – в основном выведены начала обмоток С1-С2-С3, а в другом – концы С4-С5-С6. Соединение в звезду в этих электродвигателях производится во втором борно (с концами обмоток). Для электродвигателей СТД полярность обмоток проверяется

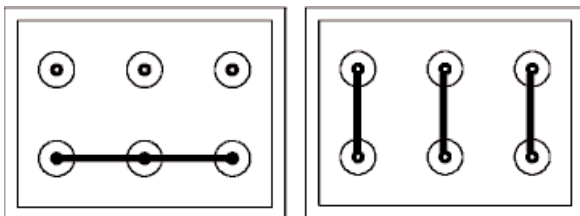


Рис. 5

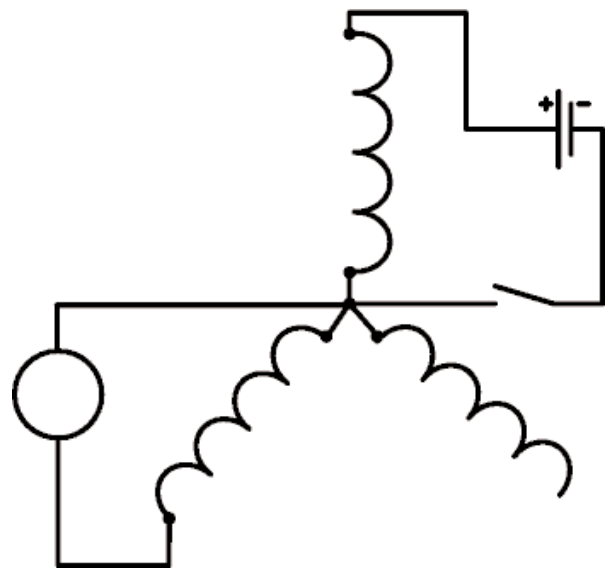


Рис. 6

только в случае смены обмоток (после капитального ремонта).

Определение полярности обмоток производят по схеме на *рисунке 6*.

При определении полярности соединения обмоток выключатель, который подключает источник питания к обмотке электродвигателя, следует замыкать резко и при этом смотреть за стрелкой гальванометра. Отклонение стрелки вправо означает, что гальванометр и батарейка подключены аналогично друг другу. Иными словами если к началу обмотки С1 подключен «+» батареи, то аналогичный полюс гальванометра подключен к началу другой части обмотки (например С3). Если перед началом проведения данных испытаний звезда разобрана, то на результатах это не скажется, т.к. магнитный поток передаётся через статор электродвигателя.

*Следует помнить, что на разомкнутой обмотке электродвигателя наводится ЭДС самоиндукции, величина которой может быть довольно значительной.*

Кроме того, следует внимательно следить за стрелкой гальванометра, т.к. при размыкании выключателя она будет отклоняться в противоположную сторону от первоначальных показаний.

У электродвигателей СТД рекомендуется сразу произвести рассоединение звезды в борно – это необходимо и для проведения дальнейших испытаний и измерений. Вообще в любом случае, если есть возможность необходимо производить рассоединение схемы, и производить все испытания с уже независимыми фазными обмотками.

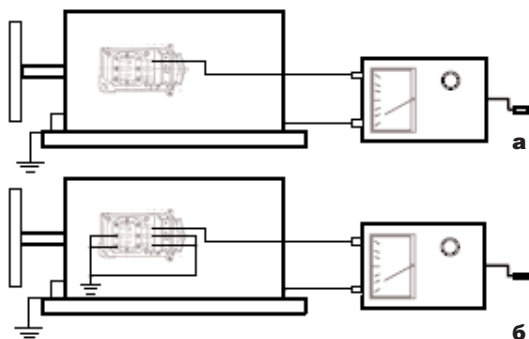
### ИЗМЕРЕНИЕ СОПРОТИВЛЕНИЯ ИЗОЛЯЦИИ.

Схема измерения сопротивления изоляции электродвигателя показана на *рисунке 7*.

Перед проведением измерения необходимо открыть вводное устройство электродвигателя (борно), протереть

изоляторы от пыли и загрязнения и подключить мегаомметр согласно схеме, приведенной на рисунке.

На *рисунке 7а* показана схема подключения мегаомметра к испытуемому электродвигателю, у которого обмот-



**Рис. 7**

ки соединены в звезду или треугольник внутри корпуса и произвести рассоединение в борно невозможно. В этом случае мегаомметр подключается к любому зажиму статора электродвигателя и сопротивление изоляции измеряется у всей обмотки сразу относительно корпуса.

На *рисунке 7б* измерение сопротивление изоляции производится у электродвигателя по каждой из частей обмотки отдельно, при этом другие части обмотки (которые в данный момент не обрабатываются) закорачиваются и соединяются на землю.

При измерении сопротивления изоляции отсчёт показаний мегаомметра производят каждые 15 секунд и результатом считается сопротивление, отсчитанное через 60 секунд после начала измерения, а отношение показаний  $R_{60}/R_{15}$  считается коэффициентом абсорбции.

Для электродвигателей с номинальным напряжением 0,4кВ (электродвигатели до 1000В) одноминутное измерение изоляции мегаомметром на 2500В приравняется к высоковольтному испытанию.

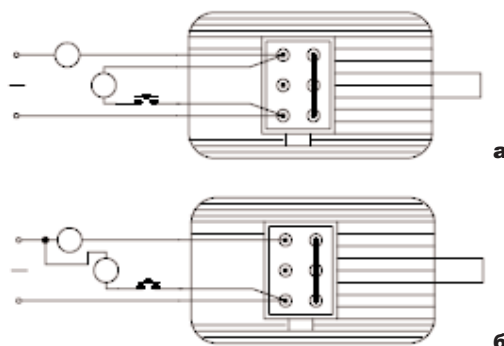
У синхронных электродвигателей при измерении сопротивления изоляции обмоток статора (обмотки статора) необходимо закоротить и заземлить обмотку ротора. Это необходимо сделать для исключения возможности повреждения изоляции ротора.

### Измерение сопротивления обмоток постоянному току.

Измерение проводится либо с помощью моста постоянного тока, либо с помощью амперметра и вольтметра, ориентируясь в дальнейшем на падение напряжения на обмотке.

Величина тока, при измерении методом падения напряжения, не должна превышать 1/5 номинального тока обмотки электродвигателя. При измерениях этим методом выбирают схему в соответствии с величиной измеряемого сопротивления (*рисунке 8*).

Схему на *рисунке 8а* выбирают для измерения малых сопротивлений (мощные электродвигатели), при этом, как



**Рис. 8**

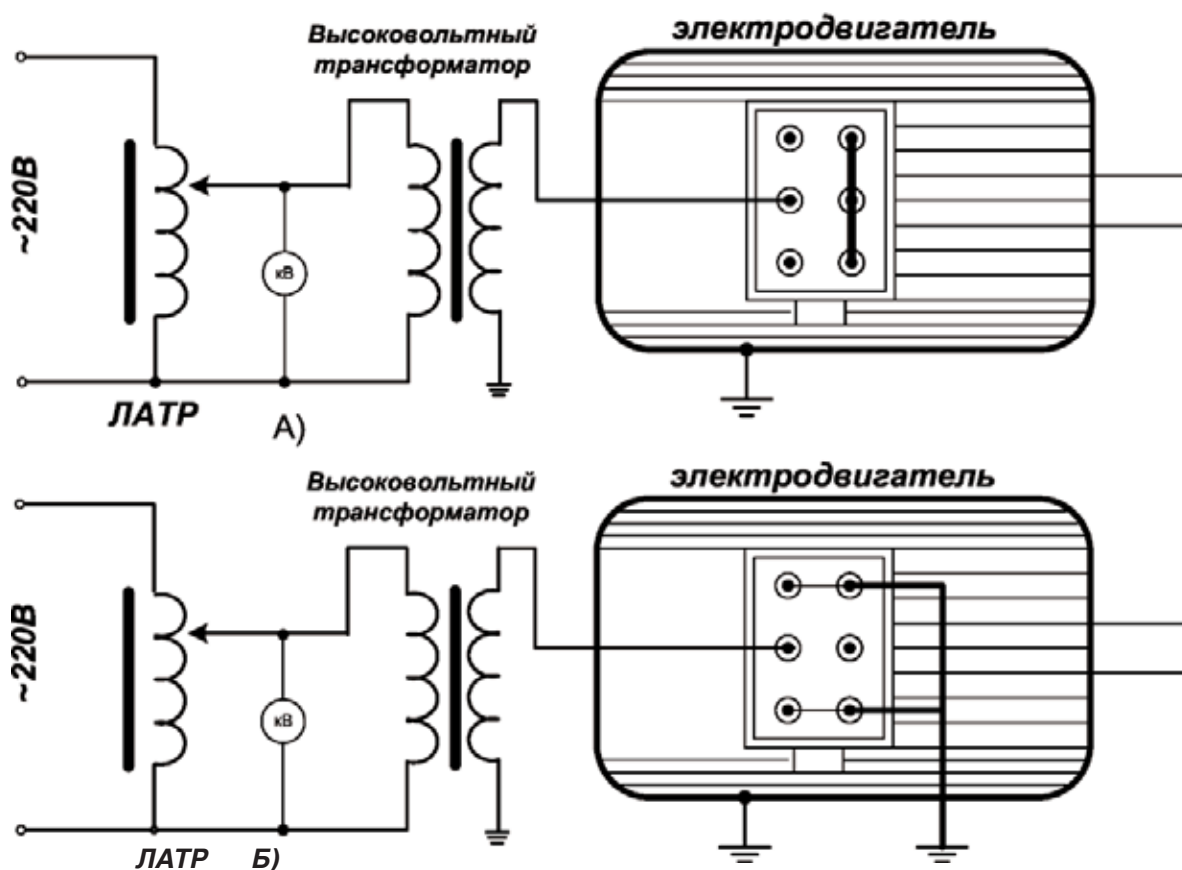
видно из рисунка, вольтметр подключается после амперметра (т.е. без учёта сопротивления амперметра. Схему *рисунка 8б* используют для измерения больших сопротивлений (маломощные электродвигатели).

При измерении сопротивления мостом постоянного тока (например Р333) зажимы моста подключают к зажимам электродвигателя и в дальнейшем производят измерения в соответствии с инструкцией на мост. При этом, если измерение производится без разборки схемы звезды (треугольника), следует учитывать, что измеряется не одна часть обмотки, а например две последовательно (при соединении двигателя в звезду) или одна часть обмотки с параллельно подключенными к ней другими двумя частями (при соединении в треугольник).

Повторяюсь: необходимо производить разборку схемы, так как в паспортах электродвигателей (особенно мощных, таких как СТД) сопротивление постоянному току чаще всего указано для отдельной фазы обмотки (например: С1-С4, С2-С5 и С3-С6).

Для измерения сопротивления постоянному току обмотки ротора необходимо освободить обмотку от посторонних элементов (резисторы у асинхронного электродвигателя с фазным ротором, или диоды и тиристоры системы возбуждения синхронного электродвигателя). Измерение сопротивления производится аналогично измерению сопротивления обмоток статора (*рисунке 8*). У асинхронников с фазным ротором измерение производится пофазно для проведения дальнейшего сравнения на пригодность к эксплуатации, у синхронников производится одно измерения для дальнейшего сравнения с заводскими данными, или данными предыдущих испытаний.

У маломощных электродвигателей, которые применяются в неответственных механизмах, станках и т.п. можно производить измерение сопротивления обмоток статора с помощью простейших мультиметров (цифровых, стрелочных). При измерении необходимо обеспечить надёжный контакт с зажимом (зажимами) измеряемой обмотки. Сравнение на разность сопротивлений производится на основании показаний мультиметра. В большинстве случаев точности простейших мультиметров вполне достаточно для оценки пригодности электродвигателя к эксплуатации.



**Рисунок 9. Схема высоковольтных испытаний электродвигателей.**

Испытание повышенным напряжением промышленной частоты.

Перед проведением испытания повышенным напряжением промышленной частоты необходимо собрать испытательную схему, представленную на *рисунке 9* (один из вариантов). При проведении испытаний по схеме *рисунка 9(б)*, необходимо строго следить за тем, чтобы свободные обмотки (на которые не подаётся повышенное напряжение) были закорочены и соединены с землей. Схема на *рисунке 9(б)* предпочтительна для всех электродвигателей.

Испытания необходимо производить с соблюдением мер безопасности (смотри раздел методики «Меры безопасности»).

При проведении испытания по схеме *рисунка 9(б)* напряжение промышленной частоты прикладывается поочередно к каждой части обмотки. Данное мероприятие (рассоединение звезды) необходимо в первую очередь для мощных электродвигателей, т.к. при проведении испытаний полной обмотки емкость изоляции обуславливает появление большого тока утечки. Кроме того, рассоединение обмотки с последующим поочередным испытанием позволяет провести испытание межобмоточной изоляции в том месте, где части обмотки взаимно пересекаются не приближаясь, при этом, к корпусу.

В расщелку соединения высоковольтной обмотки испытательного трансформатора с землей включается миллиамперметр (желательно с блокирующей кнопкой для его защиты) для измерения токов утечки, значение которых не нормируется, но является дополнительным критерием оценки результатов испытаний.

Миллиамперметр включается одним выводом на землю (корпус), а другим – к выводу высоковольтного трансформатора, который должен быть соединён с землёй.

У синхронных электродвигателей и асинхронных машин с фазным ротором при проведении испытаний обмоток статора повышенным напряжением необходимо закорачивать и заземлять обмотку ротора для предотвращения возможного пробоя.

Контроль токов утечек при проведении высоковольтных испытаний электродвигателей не обязателен.

**Проверка работы электродвигателя на холостом ходу.**

Проверка производится после проведения всех предыдущих испытаний и измерений.

Испытание заключается в измерении тока холостого тока электродвигателя и контроля его работы в течение 40-30 минут при номинальном напряжении сети.



При проведении испытания синхронного электродвигателя следует обратить внимание на ток возбуждения – с помощью регулятора станции управления необходимо добиться минимального тока статора (близкого к единице косинуса).

## Испытание возбудителей.

Испытание производится у синхронных электродвигателей.

На электродвигателях, оборудованных безщёточными система возбуждения типа БВУ, проводится проверка полупроводниковых элементов (диодов, тиристоров), измеряется сопротивление обмотки возбуждения и обмоток генератора.

Для проведения проверки полупроводниковых элементов необходимо разобрать схему – отсоединить хотя бы один из электродов каждого полупроводникового элемента. Точки отсоединения показаны на *рисунке 10*.

После рассоединения схемы диоды и тиристоры БВУ проверяются с помощью мегаомметра. Диоды проверяются с подключением плюсового вывода мегаомметра сначала к аноду, а затем к катоду, при этом замеряется сопротивление по обычной схеме. При прямом подключении мегаомметра (плюсовой вывод – к аноду) сопротивление элемента будет нулевым, при обратном подключении оно должно быть не менее 10Мом (при условии, что диод исправен). Для проверки тиристоров производят аналогичные измерения, но при этом сопротивление должно быть не менее 10Мом в обе стороны – и при прямом и при обратном подключении мегаомметра.

Кроме измерения сопротивления тиристора с помощью мегаомметра необходимо определить его работоспособность с помощью мультиметра или обычного тестора (можно использовать прозвонку). Для этого подключают мультиметр к аноду и катоду тиристора, при этом мультиметр дол-

жен показать большое сопротивление, затем управляющий электрод присоединяют к катоду (на управляющий электрод подают напряжение смещения), при этом тиристор должен открыться и мультиметр покажет нулевое значение сопротивления.

Проверка полупроводниковых элементов производится как с внешней стороны БВУ, так и с внутренней.

Измерение обмотки БВУ постоянному току производят также после рассоединения схему с помощью моста постоянного тока. Пример показан на рисунке 1 0.

## ОБРАБОТКА ДАННЫХ, ПОЛУЧЕННЫХ ПРИ ИСПЫТАНИЯХ

Первичные записи рабочей тетради должны содержать следующие данные:

- дату измерений и испытаний
- температуру, влажность и давление
- температуру обмоток электродвигателя
- наименование, тип, заводской номер электродвигателя
- номинальные данные объекта испытаний
- результаты испытаний
- результаты внешнего осмотра
- используемую схему

Данные, полученные при измерении сопротивления изоляции обмоток и сопротивлению обмоток постоянному току, следует сравнивать с заводскими данными на данный электродвигатель, с учетом температуры (если такие данные существуют). Кроме того, данные по сопротивлению фаз не должны отличаться друг от друга не более чем на 2%. Если нет заводских данных, то сравнение ведут с данными предыдущих испытаний.

Высоковольтные испытания проводятся для проверки прочности изоляции, сравнение по результатам высоковольтных испытаний не ведется.

Для сравнения необходимо привести данные измерений к температуре заводских испытаний (или к температуре предыдущих измерений). Для приведения используются следующие выражения:

$$X = X_1(t_2+235)/(t_1+235)$$

где: X - значение параметра;

X<sub>1</sub> – значение измеренного параметра при температуре t<sub>2</sub>;

t<sub>1</sub> – температура заводских (предыдущих) испытаний °С;

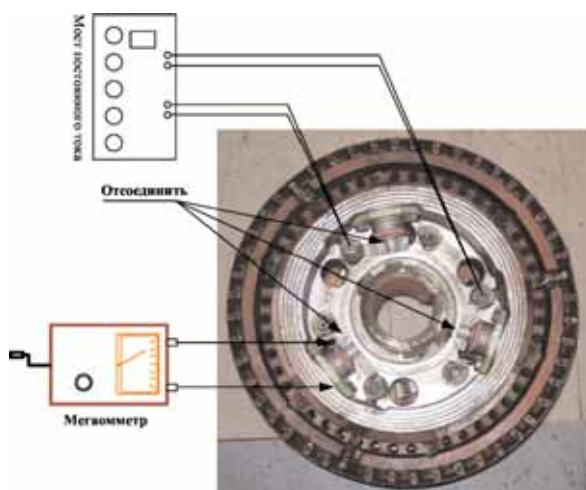
t<sub>2</sub> – температура при испытании (°С) при которой было получено значение X<sub>1</sub>.

Все данные испытаний сравниваются с требованиями НТД и на основании сравнения выдвигается заключение о пригодности электродвигателя к эксплуатации.

## МЕРЫ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ИСПЫТАНИЙ И ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ.

Перед началом работ необходимо:

- Получить наряд (разрешение) на производство работ
- Подготовить рабочее место в соответствии с характером работы: убедиться в достаточности принятых мер



**Рис. 10. Проверка полупроводниковых элементов БВУ с помощью мегаомметра и измерение сопротивления обмоток БВУ постоянному току.**

безопасности со стороны допускающего, (при работах по наряду) либо принять все меры безопасности самостоятельно (при работах по распоряжению).

- ➔ Подготовить необходимый инструмент и приборы.
- ➔ При выполнении работ действовать в соответствии с программами (методиками) по испытанию электрооборудования типовыми или на конкретное присоединение. При проведении высоковольтных испытаний на стационарной установке действовать в соответствии с инструкцией.  
При окончании работ:
- ➔ При окончании работ на электрооборудовании убрать рабочее место восстановив нарушенные в процессе работы коммутационные соединения (если таковое имело место).
- ➔ Сдать наряд (сообщить об окончании работ руководителю или оперативному персоналу).
- ➔ Сделать запись в кабельный журнал о проведённых испытаниях (при испытании кабеля), либо сделать запись в черновик для последующей работы с полученными данными.
- ➔ Оформить протокол на проведённые работы

Проводить измерения с помощью мегаомметра разрешается выполнять обученным работникам из числа электротехнической лаборатории. В электроустановках напряжением выше 1000В измерения проводятся по наряду, в электроустановках напряжением до 1000В – по распоряжению.

В тех случаях, когда измерения мегаомметром входят в содержание работ, оговаривать эти измерения в наряде или распоряжении не требуется.

Измерять сопротивление изоляции мегаомметром может работник, имеющий группу III.

Измерение сопротивления изоляции мегаомметром должно осуществляться на отключенных токоведущих частях, с которых снят заряд путём предварительного их заземления. Заземление с токоведущих частей следует снимать только после подключения мегаомметра.

При измерении мегаомметром сопротивления изоляции токоведущих частей соединительные провода следует присоединять к ним с помощью изолирующих держателей (штанг). В электроустановках напряжением выше 1000В, кроме того, следует пользоваться диэлектрическими перчатками.

При работе с мегаомметром прикасаться к токоведущим частям, к которым он присоединён, не разрешается. После окончания работы следует снять с токоведущих частей остаточный заряд путём их кратковременного заземления.

Проведение работ с подачей повышенного напряжения от постороннего источника при испытании.

К проведению испытаний электрооборудования допускается персонал, прошедший специальную подготовку и проверку знаний и требований, содержащихся в разделе 5.1 Правил Безопасности, комиссией, в состав которой

включаются специалисты по испытаниям электрооборудования с соответствующей группой.

Испытания электрооборудования, в том числе и вне электроустановок, проводимые с использованием передвижной испытательной установки, должны выполняться по наряду.

Проведение испытаний в процессе работ по монтажу или ремонту оборудования должно оговариваться в строке «Поручается» наряда.

Испытания электрооборудования проводит бригада, в составе которой производитель работ должен иметь группу IV, член бригады – группу III, а член бригады, которому поручается охрана, – группу II.

Массовые испытания материалов и изделий (средства защиты, различные изоляционные детали, масло и т.п.) с использованием стационарных испытательных установок, у которых токоведущие части закрыты сплошным или сетчатым ограждением, а двери снабжены блокировкой, допускается выполнять работнику, имеющему группу III, единолично в порядке текущей эксплуатации с использованием типовых методик испытаний.

Рабочее место оператора испытательной установки должно быть отделено от той части установки, которая имеет напряжение выше 1000В. Дверь, ведущая в часть установки, имеющую напряжение выше 1000В, должна быть снабжена блокировкой, обеспечивающей снятие напряжения с испытательной схемы в случае открытия двери и невозможность подачи напряжения при открытых дверях. На рабочем месте оператора должна быть предусмотрена раздельная световая, извещающая о включении напряжения до и выше 1000В, и звуковая сигнализация, извещающая о подаче испытательного напряжения. При подаче испытательного напряжения оператор должен стоять на изолирующем ковре.

Передвижные испытательные установки должны быть оснащены наружной световой и звуковой сигнализацией, автоматически включающейся при наличии напряжения на выводе испытательной установки.

Допуск по нарядам, выданным на проведение испытаний и подготовительных работ к ним, должен быть выполнен только после удаления с рабочих мест других бригад, работающих на подлежащем испытанию оборудовании, и сдачи ими нарядов допускающему. В электроустановках, не имеющих местного дежурного персонала, производителю работ разрешается после удаления бригады оставить наряд у себя, оформив перерыв в работе.

При необходимости следует выставить охрану, состоящую из членов бригады, имеющих группу III, для предотвращения приближения посторонних людей к испытательной установке, соединительным проводам и испытательному оборудованию. Члены бригады, несущие охрану, должны находиться вне ограждения и считать испытываемое оборудование находящимся под напряжением. Покинуть

# ДИАГНОСТИКА И ИСПЫТАНИЯ

пост эти работники могут только с разрешения производителя работ.

При размещении испытательной установки и испытуемого оборудования в различных помещениях или на разных участках РУ разрешается нахождение членов бригады, имеющих группу III, ведущих наблюдение за состоянием изоляции, отдельно от производителя работ. Эти члены бригады должны находиться вне ограждений и получить перед началом испытаний необходимый инструктаж от производителя работ.

Снимать заземление, установленное при подготовке рабочего места и препятствующее проведению испытаний, а затем устанавливая их вновь разрешается только по указанию производителя работ, руководящего испытаниями, после заземления вывода высокого напряжения испытательной установки.

Разрешение на временное снятие заземлений должно быть указано в строке «Отдельные указания» наряда.

При сборке испытательной схемы прежде всего должно быть выполнено защитное и рабочее заземление испытательной установки. Корпус передвижной испытательной установки должен быть заземлён отдельным заземляющим проводником из гибкого медного провода сечением не менее 10 мм<sup>2</sup>. Перед испытанием следует проверить надёжность заземления корпуса.

Перед присоединением испытательной установки к сети напряжением 380/220В вывод высокого напряжения её должен быть заземлён.

Сечение медного провода, применяемого в испытательных схемах заземления, должно быть не менее 4 мм<sup>2</sup>.

Присоединение испытательной установки к сети напряжением 380/220В должно выполняться через коммутационный аппарат с видимым разрывом или через штепсельную вилку, расположенную на месте управления установкой.

Коммутационный аппарат должен быть оборудован устройством, препятствующим самопроизвольному включению, или между подвижным и неподвижным контактами аппарата должна быть установлена изолирующая накладка.

Провод или кабель, используемый для питания испытательной установки от сети напряжением 380/220В, должен быть защищён установленными в этой сети предохранителями или автоматическими выключателями. Подключать к сети передвижную испытательную установку должны представители организации, эксплуатирующие эти сети.

Соединительный провод между испытательной установкой и испытуемым оборудованием сначала должен быть присоединён к её заземлённому выводу высокого напряжения.

Этот провод следует закреплять так, чтобы избежать приближения (подхлестывания) к находящимся под напряжением токоведущим частям на расстоянии, менее указанного в таблице 1.

Присоединять соединительный провод к фазе, полюсу испытуемого оборудования или к жиле кабеля и отсоеди-

нить его разрешается по указанию руководителя испытаний и только после их заземления, которое должно быть выполнено включением заземляющих ножей или установкой переносных заземлений.

Перед каждой подачей испытательного напряжения производитель работ должен:

- Проверить правильность сборки схемы и надёжность рабочих и защитных заземлений;
- Проверить, все ли члены бригады и работники, назначенные для охраны, находятся на указанных им местах, удалены ли посторонние люди и можно ли подавать испытательное напряжение на оборудование;
- Предупредить бригаду о подаче напряжения словами «Подаю напряжение» и, убедившись, что предупреждение услышано всеми членами бригады, снять заземление с вывода испытательной установки и подать на нее напряжение 380/220В.

С момента снятия заземления с вывода установки вся испытательная установка, включая испытываемое оборудование и соединительные провода, должна считаться находящейся под напряжением и проводить какие – либо пересоединения в испытательной схеме и на испытываемом оборудовании не допускается.

Не допускается с момента подачи напряжения на вывод установки находиться на испытываемом оборудовании, а также прикасаться к корпусу испытательной установки, стоя на земле, входить и выходить из передвижной лаборатории, прикасаться к кузову передвижной лаборатории.

После окончания испытаний производитель работ должен снизить напряжение испытательной установки до нуля, отключить её от сети напряжением 380/220В, заземлить вывод установки и сообщить об этом бригаде словами «Напряжение снято». Только после этого допускается пересоединять провода или в случае полного окончания испытания отсоединять их от испытательной установки и снимать ограждения.

*Начальник электролаборатории Ухтинского РНУ  
С.П. Захаров*

Никитенко Т.С.,  
Исьемин Р.Л.,  
Кузьмин С.Н.,  
Коняхин В.В.,  
Будкова Е.В.

# ОБ ЭФФЕКТИВНОМ ИСПОЛЬЗОВАНИИ РЯДОВЫХ КАМЕННЫХ УГЛЕЙ В КОММУНАЛЬНОЙ ЭНЕРГЕТИКЕ (НА ПРИМЕРЕ ОДНОГО ТЕПЛОЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ПРЕДПРИЯТИЯ)

По данным эксплуатационных испытаний КПД угольных котлов малой мощности (от 100 кВт до 1 МВт), которыми оборудовано большинство коммунальных котельных, во многих случаях на 20-30 % ниже паспортных значений [1] и не отвечает современным требованиям, предъявляемым к котельно-топочной технике. Это связано не только с конструктивными недостатками котлов, но и с поставками на угольные склады котельных, как правило, рядовых углей. На основании анализа экспериментальных данных Академией коммунального хозяйства установлено [2], что для эффективного сжигания каменных углей и антрацитов в топках чугунных котлов, оборудованных колосниковыми решетками для сжигания топлива в неподвижном слое, зольность сухой массы антрацитов не должна превышать 16 %, каменных углей 18 %, а влажность углей не должна превышать 8 %, содержание мелочи (размером до 6 мм) не должно превышать 20 %. Однако, все угольные бассейны допу-

скают поставку для нужд жилищно-коммунального хозяйства рядовых углей с зольностью до 45 %, влажностью до 40 %, с содержанием до 60 % [2]. Как показывают результаты анализа, именно мелкие фракции топлива имеют максимальную зольность. В *таблице 1* представлены результаты анализа фракционного состава и зольности различных фракций рядового тощего и длиннопламенного угля [3], откуда видно, что у тощего угля зольность крупных (свыше 13 мм) фракций в 3-10 раз, а для длиннопламенного угля – в 2-5 раз меньше зольности частиц мелких фракций.

Поэтому, при сжигании рядовых углей теплопроизводительность резко падает у большинства применяющихся в российском коммунальном хозяйстве водогрейных котлов малой мощности. Так теплопроизводительность котла «Универсал-6» при сжигании антрацита грохоченного составляет 0,682 МВт, а при сжигании каменного рядового угля только 0,319 МВт, теплопроизводительность котла «Ту-



**Таблица 1. Фракционный состав и пофракционная зольность некоторых рядовых углей**

| Размеры частиц топлива, мм | Тощий уголь                    |                                     | Длиннопламенный уголь          |                                     |
|----------------------------|--------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------|-------------------------------------|
|                            | Доля частиц данного размера, % | Зольность частиц данного размера, % | Доля частиц данного размера, % | Зольность частиц данного размера, % |
| Менее 1 мм                 | 8,3                            | 30,0                                | 23,0                           | 25,0                                |
| От 1 до 2 мм               | 14,5                           | 23,0                                | 7                              | 22,4                                |
| От 2 до 3 мм               | 29,0                           | 22,0                                | 7                              | 20,0                                |
| От 3 до 5 мм               | 8,9                            | 23,0                                | 13                             | 19,7                                |
| От 5 до 7 мм               | 24,4                           | 22,0                                | 7,5                            | 16,2                                |
| От 7 до 13 мм              | 12,4                           | 8,0                                 | 33                             | 12,3                                |
| От 13 до 25 мм             | 2,5                            | 2,8                                 | 9,5                            | 4,7                                 |

ла-3» - соответственно 1,02 МВт и 0,514 МВт, теплопроизводительность котла «Минск-1» - соответственно 1,032 МВт и 0,433 МВт [4]. При сжигании рядовых углей резко снижается и эффективность работы котлов, оборудованных слоевыми механическими топками, поскольку такие топки предназначены только для сжигания грохоченных углей фракции 6–24 мм [1]. Рядовые угли перед подачей в механические топки предварительно пропускают через дробилки, что увеличивает содержание в углях штыба (частиц размером меньше 6 мм) до 30 % и более [1]. Плотный слой мелких частиц плохо продувается воздухом, поэтому процесс горения приобретает «кратерный» характер. Уголь, расположенный между кратерами, практически не сгорает и удаляется со шлаком. Доля несгоревшего топлива (механический недожог) доходит до 30–40% [1]. Кроме того, обслуживание механической топki при сжигании рядовых углей, особенно с золой, имеющих низкую температуру плавления, значительно усложняется, требуется ручная расшлаковка топki.

Для эффективного использования рядовых углей предлагалось [5] рядовой уголь, поступающий на склад отдельной котельной или теплоэнергетического предприятия, дробить до 50 мм и отделять из него фракцию размером менее 13 мм. Крупные фракции угля предлагалось сжигать в котлах, оборудованных неподвижной колосниковой решеткой, а мелкие – в специальном котле с топкой кипящего слоя. НИИсантехники разрабатывался для этих целей

**Таблица 2. Технические характеристики отопительного котла с топкой высокотемпературного кипящего слоя**

| Заводское обозначение котла  | КВр - 0,2 АК   | КВр - 0,3 АК   | КВр - 0,5 АК   | КВр - 0,8 АК   |       |
|--|----------------|----------------|----------------|----------------|-------|
| Номинальная теплопроизводительность котла, МВт                                 | 0,2            | 0,3            | 0,5            | 0,8            |       |
| Площадь поверхности нагрева котла, м <sup>2</sup> , в том числе:               | 22,0           | 33,0           | 45,0           | 60,0           |       |
|  | конвективная   | 6,3            | 7,4            | 7,9            | 9,15  |
|  | радиационная   | 15,7           | 25,6           | 37,1           | 50,85 |
| Температура воды на выходе из котла, °С, не более                              | 95             | 95             | 95             | 95             |       |
| Габаритные размеры котла, мм   | 2000x1800x2200 | 2600x1850x2200 | 2784x1900x2500 | 3700x1900x2500 |       |
| Часовой номинальный расход рядового угля (теплота сгорания 4890 ккал/кг), кг/ч | 50             | 75             | 120            | 190            |       |

котел с топкой кипящего слоя мощностью 1,6 МВт и котел с топкой механокипящего слоя мощностью 1,0 МВт [5]. Однако, на сколько нам известно, серийное производство таких котлов не налажено, а другие котлы с топками кипящего слоя, выпускаемые Военно-инженерным техническим университетом совместно с ООО «Тепломех» или ООО «Петрокотел-ВЦКС», имеют очень высокую стоимость и для установки таких котлов большинство коммунальных теплоэнергетических предприятий не имеют средств.

Для сжигания рядовых углей, угольных шламов, отсевов и штыбов Тамбовским государственным техническим университетом разработан стальной цилиндрический горизонтальный жаротрубно-дымогарный водогрейный котел, оборудованный топкой с высокотемпературным кипящим слоем, который создается на неподвижной воздухораспределительной решетке. Технические характеристики котла приведены в таблице 2.

Топка высокотемпературного кипящего слоя размещена в нижней части горизонтальной жаровой трубы. Топка имеет приваренные по своим образующим к жаровой трубе водоохлаждаемые воздухораспределители, выполненные в виде двух швеллеров. Отверстия в боковых полках воздухораспределителей расположены только со стороны продольной оси котла. Воздух из отверстий воздухораспределителя выходит в виде струй по касательной к жаровой трубе, причем в отверстия воздухораспределителей исключается попадание частиц топлива. Предложенная конструкция позволяет организовать в слое интенсивную циркуляцию частиц топлива, ликвидировать образующиеся обычно в кипящем слое зоны локального фонтанирования и, как показали специальные исследования, резко снизить унос топлива из слоя. Котел выполнен трехходовым по ходу дымовых газов: газы из жаровой трубы проходят к задней дымовой коробке по коротким трубам первого хода, в задней дымовой коробке разворачиваются на 180° и по длинным трубам второго хода возвращаются к фронту котла, где в передней дымовой коробке вновь разворачиваются на 180° и по дымоходу диаметром 220–325 мм удаляются из котла). Три хода дымовых газов в котле позволяют снизить температуру дымовых газов за котлом (она не превышает 280°C

даже при мощности котла выше номинальной) и тем самым повысить КПД котла.

Несколько таких котлов в 2003г. было установлено в котельной МУ «Коммунальные котельные и тепловые сети» г. Новошахтинска (Ростовская область). Первоначально в котлах сжигался антрацитовый штыб, но с 2005г. по финансово-организационным причинам котлы были переведены на сжигание штыба тощего кузнецкого угля. Причем в г. Новошахтинск поставляется рядовой тощий уголь из Кузбасса. Этот уголь подвергается дроблению и грохочению. Крупные фракции угля реализуются населению и сжигаются в котельных, оборудованных котлами с чугунными колосниковыми решетками. Мелкие фракции (штыб) сжигаются в котлах КВр. При этом стоимость получаемого таким образом топлива составляет около 900 руб./т., теплота сгорания штыба – 21,6 МДж/кг (5160 ккал/кг), а КПД котлов КВр при сжигании штыба составляет 76–78 %. При сжигании штыба тощего угля особых проблем с эксплуатацией котлов не возникает. Необходимо только следить за загрязнением конвективных труб первого хода котла зольными отложениями (о загрязнении труб можно судить по результатам визуальных наблюдений через дверцу котла и по изменению тяги в топке котла – при высоком загрязнении труб тяга в топке уменьшается). Для оперативного удаления золы передняя и задняя дымовые коробки снабжены специальными «карманами» с откидными лючками. Слив золы из «карманов» необходимо производить ежемесячно, в таком случае останавливать котел на чистку дымогарных труб от зольных отложений можно не чаще, чем раз в 1,5 месяца.

Котлы типа КВр с топками высокотемпературного кипящего слоя могут успешно работать на рядовых углях и штыбах углей других марок, как это показывает опыт эксплуатации таких котлов в Калужской, Костромской, Тамбовской и других областях России. Однако, сжигание штыбов рядовых углей с выделением штыба по схеме, реализованной МУ «Коммунальные котельные и тепловые сети» г. Новошахтинска, представляется нам наиболее эффективным в экономическом плане, т.к. при этом не только решается задача не только эффективного сжигания рядового угля, но и задача обеспечения обычных водогрейных котлов качественным топливом.

В заключение отметим, что данная схема использования мелкой фракции возможна не только при сжигании рядовых, но и сортовых углей, поскольку в этих углях доля мелочи может также достигать до 20 % из – за измельчения углей при многочисленных перевалках и сознательного добавления поставщиками в сортовой уголь штыбов и шламов.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Смирнов А.В., Юферев Ю.В., Юферева Л.М., Овчаров И.В. Изготовление и монтаж котлоагрегатов малой мощности «КВП-1.74-ВТКС» // «Строй – профиль», 2004, № 5.
2. Борщов Д.Я. Чугунные и стальные отопительные котлы. Справ. Пособие. – М.: Энергоатомиздат, 1992. – 256 с.
3. Будкова Е.В. Исследование влияния дутьевого воздухораспределения на эффективность горения низкосортных углей в топочных устройствах печей с кипящим слоем // Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. – Тамбов, ТГТУ, 2005.
4. Роддатис К.Ф., Полтарецкий А.Н. Справочник по котельным установкам малой производительности // М.: Энергоатомиздат, 1989. – с. 488.
5. Мазур В.В., Кузнецов В.А., Иванов Ю.М., Сахаров Ю.Д. Разработка комплексной программы совершенствования отопительных котлов на твердом топливе // Проблемы тепло – и массообмена в современной технологии сжигания и газификации твердого топлива: Материалы международной школы – семинара (Минск, 27 мая – 3 июня 1988г.) – Минск: ИТМО им. А.В. Лыкова АН БССР, 1989. – ч. 3 – с. 51 – 88.

## СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Исьемин Рафаил Львович, к.т.н., директор, Тамбовский региональный учебно – информационный центр биоэнергетики; 392000, г. Тамбов, ул. Советская, 106, тел./факс (4752) 729759, e – mail: admin@ido.tstu.ru, дом. адрес: 392002, г. Тамбов, ул. Набережная, 24/2, кв.94.

Кузьмин Сергей Николаевич, к.т.н., доцент, кафедра «Гидравлика и теплотехника», Тамбовский государственный технический университет; 392000, г. Тамбов, ТГТУ, ул. Советская, 106; тел./ факс (4752) 72-97-59, e – mail: admin@ido.tstu.ru., дом. адрес: 392008, г. Тамбов, ул. Советская, 180, кв. 13.

Коняхин Валентин Васильевич, инженер, Тамбовский государственный технический университет; 392000, г. Тамбов, ул. Советская, 106, тел./факс (4752) 729759, e – mail: admin@ido.tstu.ru, дом. адрес: 392000, г. Тамбов, ул. Базарная, 117/50, кв. 378.

Будкова Екатерина Викторовна, ассистент кафедры «Гидравлика и теплотехника», Тамбовский государственный технический университет; к.т.н., 392000, г. Тамбов, ул.Советская, 106, дом. адрес: 392014, г. Тамбов, проезд Достоевского, 72, кв. 24.

Михалев Александр Валерьевич, аспирант, Тамбовский государственный технический университет; 392000, г. Тамбов, ТГТУ, ул. Советская, 106; телефон: (4752) 72-97-59; e – mail: admin@ido.tstu.ru, дом. адрес: г. Рассказово, Тамбовской области, ул. Куйбышева, 3, кв. 42;

Никитенко Татьяна Сергеевна, гл. инженер Муниципального предприятия «Коммунальные котельные и тепловые сети», 346909, г. Новошахтинск, Ростовской области, ул. Молодогвардейцев, 10, тел. (86369) 27912, домашний адрес: 346919, г. Новошахтинск, Ростовской области, ул. Физкультурников, 16



**В. Глушков**  
 директор по экономике  
 ЗАО «Нижегородская  
 электрическая компания»  
 д.т., Академик МАРЭ

## ПОРЯДОК ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПЛАТЕЖА ЗА ФАКТИЧЕСКИ ПОТРЕБЛЕННУЮ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИЮ В РАСЧЕТНОМ ПЕРИОДЕ

Данный порядок разработан на основе утвержденной Приказом Федеральной службы по тарифам от 24 августа 2004 г. № 44-э/З «Методики расчета стоимости отклонений объемов фактического производства (потребления) электрической энергии участников оптового рынка от объемов их планового почасового производства (потребления)» и предназначен для экономических служб предприятий, осуществляющих покупку электрической энергии с регулируемого сектора ОРЭ.

Расчет платежа за фактическое потребление электрической энергии с учетом отклонений по инициативе потребителя основан на очевидном утверждении: фактическое потребление за расчетный месяц равно плановому потреблению плюс сумма всех отклонений фактического почасового потребления от плановых значений в результате увеличения потребления минус сумма всех отклонений фактического почасового потребления от плановых значений в результате снижения потребления, т.е.

$$V_{\text{факт}} = V_{\text{план}} + V_{\text{откл.}^+} - V_{\text{откл.}^-} \quad (1)$$

где

$V_{\text{план}}$  – сумма всех плановых значений почасового потребления за расчетный период в заявках на плановое почасовое потребление;

$$V_{\text{откл.}^+} = \sum_{i=1}^{24} \sum_{j=1}^N \Delta V_{\text{откл.}(+)}^{ij}$$

– сумма всех отклонений фактического почасового потребления от планового почасового потребления за расчетный период при повышении потребления по инициативе потребителя;

$$V_{\text{откл.}^-} = \sum_{k=1}^{24} \sum_{l=1}^N \Delta V_{\text{откл.}(-)}^{kl}$$

– сумма всех отклонений фактического почасового потребления от планового почасового потребления за расчетный период при снижении потребления по инициативе потребителя.

В этих выражениях  $i, k$  – переменные суммирования по часам,  $j, l$  – переменные суммирования по дням месяца,  $N$  – число дней в расчетном месяце.

Из уравнения (1) следует, что стоимость фактически потребленной электрической энергии может быть опреде-

лена как сумма стоимости планового объема потребления и суммарной стоимости отклонений «вверх» за вычетом суммарной стоимости отклонений «вниз»:

$$C_{\text{факт.}} = C_{\text{план.}} + C_{\text{откл.}}^+ - C_{\text{откл.}}^- \quad (2)$$

$$C_{\text{план.}}^{\text{Здесь}} = V_{\text{план}} * T_{\text{эл.эн.+мощн.}} \quad (3)$$

В соответствии с Методикой отклонения  $\Delta V_{\text{откл.}(+)}^{ij}$  и  $\Delta V_{\text{откл.}(-)}^{kl}$ , не превышающие нормативного уровня отклонения  $\pm 2\%$ , рассчитываются по тарифу на электрическую энергию с учетом мощности  $T_{\text{эл.эн.+мощн.}}$ .

При превышении  $\Delta V_{\text{откл.}(+)}^{ij}$  нормативного уровня стоимость отклонения рассчитывается по тарифу на электрическую энергию с учетом мощности  $T_{\text{эл.эн.+мощн.}}$  с коэффициентом  $K_{\text{ув.}} = 1.05$ , если данное отклонение не превышает 5% планового почасового потребления.

Стоимость отклонений  $\Delta V_{\text{откл.}(+)}^{ij}$ , превышающих 5%, но не превышающих 10% планового почасового потребления, рассчитывается по тарифу на электрическую энергию с учетом мощности  $T_{\text{эл.эн.+мощн.}}$  с коэффициентом  $K_{\text{ув.}} = 1.25$ .

При превышении  $\Delta V_{\text{откл.}(+)}^{ij}$  10% стоимость отклонения рассчитывается по тарифу на электрическую энергию с учетом мощности  $T_{\text{эл.эн.+мощн.}}$  с коэффициентом  $K_{\text{ув.}} = 1.5$ .

При снижении потребления на величину  $\Delta V_{\text{откл.}(-)}^{kl}$ , большую нормативного уровня, стоимость отклонения рассчитывается по тарифу на электроэнергию  $T_{\text{эл.эн.}}$  с коэффициентом  $K_{\text{сн.}} = 1.2$ , если данное отклонение не превышает 5% планового почасового потребления.

Стоимость отклонений  $\Delta V_{\text{откл.}(-)}^{kl}$ , превышающих 5%, но не превышающих 10% планового почасового потребления, рассчитывается по тарифу на электрическую энергию  $T_{\text{эл.эн.}}$  с коэффициентом  $K_{\text{сн.}} = 1.1$ .

При превышении  $\Delta V_{\text{откл.}(-)}^{kl}$  10% стоимость отклонения рассчитывается по тарифу на электрическую энергию  $T_{\text{эл.эн.}}$  с коэффициентом  $K_{\text{сн.}} = 0.9$ .

### ПРИМЕР РАСЧЕТА ПЛАТЕЖА ЗА ФАКТИЧЕСКИ ПОТРЕБЛЕННУЮ ЭЛЕКТРИЧЕСКУЮ ЭНЕРГИЮ.

Заявленная мощность – 100 кВт.

Плановое потребление на апрель месяц – 72 000 кВт.ч.

График планового почасового потребления в течение месяца равномерный по 100 кВт.ч.

Тариф на электроэнергию  $T_{\text{эл.эн.}} = 0,5$  руб/кВт.ч.

Тариф на мощность  $T_{\text{мощн.}} = 200$  руб/кВт.

Тариф на электроэнергию с учетом мощности  $T_{\text{эл.эн.+мощн.}} = 0,7778$  руб/кВт.ч.

Нормативный уровень отклонения – 2% , что составляет 2 кВт/ч.

В течение всего расчетного периода фактическое почасовое потребление совпадало с плановым почасовым потреблением за исключением шести часовых интервалов первого апреля (Таблица 1).

Таблица 1

| Часо инте | Плановое почасовое потр кВт.ч | Фактическочасовое потр кВт.ч | Отклонен $\Delta V_{\text{откл.}(+)}^{ij}$ , % | Отклонен $\Delta V_{\text{откл.}(-)}^{kl}$ , % |
|-----------|-------------------------------|------------------------------|--|--|
| 0.        | 100                           | 104                          | $\Delta V_{\text{откл.}(+)}^{1,1}$             |  |
| 1.        | 100                           | 96                           |  | $\Delta V_{\text{откл.}(-)}^{2,1}$             |
| 8.        | 100                           | 101                          | $\Delta V_{\text{откл.}(+)}^{9,1}$             |  |
| 10.       | 100                           | 99                           |  | $\Delta V_{\text{откл.}(-)}^{1,1}$             |
| 14.       | 100                           | 107                          | $\Delta V_{\text{откл.}(+)}^{15,1}$            |  |
| 15.       | 100                           | 93                           |  | $\Delta V_{\text{откл.}(-)}^{6,1}$             |
| 20.       | 100                           | 111                          | $\Delta V_{\text{откл.}(+)}^{21,1}$            |  |
| 22.       | 100                           | 89                           |  | $\Delta V_{\text{откл.}(-)}^{23,1}$            |
| Итого     | 800                           | 800                          | 23   | 23   |

Используя данные Таблицы 1, рассчитаем стоимость отклонений и величину платежа за фактически потребленную электрическую энергию за апрель.

$$C_{\text{откл.}}^+ = \Delta V_{\text{откл.}(+)}^{1,1} * T_{\text{эл.эн.+мощн.}} * 1,05 + \Delta V_{\text{откл.}(+)}^{9,1} * T_{\text{эл.эн.+мощн.}} + \Delta V_{\text{откл.}(+)}^{15,1} * T_{\text{эл.эн.+мощн.}} * 1,25 + \Delta V_{\text{откл.}(+)}^{21,1} * T_{\text{эл.эн.+мощн.}} * 1,5 = 4 * 0,7778 * 1,05 + 1 * 0,7778 + 7 * 0,7778 * 1,25 + 11 * 0,7778 * 1,5 = 23,68 \text{ руб.}$$

$$C_{\text{откл.}}^- = \Delta V_{\text{откл.}(-)}^{2,1} * T_{\text{эл.эн.}} * 1,2 + \Delta V_{\text{откл.}(-)}^{1,1} * T_{\text{эл.эн.+мощн.}} + \Delta V_{\text{откл.}(-)}^{6,1} * T_{\text{эл.эн.}} * 1,1 + \Delta V_{\text{откл.}(-)}^{23,1} * T_{\text{эл.эн.+мощн.}} * 0,9 = 4 * 0,5 * 1,2 + 1 * 0,7778 + 7 * 0,5 * 1,1 + 11 * 0,5 * 0,9 = 11,98 \text{ руб.}$$

$$C_{\text{план.}} = V_{\text{план}} * T_{\text{эл.эн.+мощн.}} = (V_{\text{факт.}} - V_{\text{откл.}}^+ + V_{\text{откл.}}^-) * T_{\text{эл.эн.+мощн.}} = (72\ 000 - 800 + 800) * 0,777(7) = 56\ 000,00 \text{ руб.}$$

Необходимо отметить, что в общем случае плановый объем потребления  $V_{\text{план}}$  в уравнении (1), используемый для расчета платежа за фактически потребленную электрическую энергию за расчетный период может значительно отличаться от планового объема потребления, утвержденного энергоснабжающей организации в годовом балансе на соответствующий период, поскольку формируется на основе заявок на плановое почасовое потребление, подаваемых на технологический web-сайт ОДУ Центра в соответствии с регламентом в течение расчетного периода.

Подставляя полученные значения стоимостей  $C_{\text{план.}}$ ,  $C_{\text{откл.}}^+$ ,  $C_{\text{откл.}}^-$  и в уравнение (2), получим:

$$C_{\text{факт.}} = 56\ 000 + 23,68 - 11,98 = 56\ 011,70 \text{ руб.}$$

Поделив величину фактического платежа на фактическое потребление, получим средний тариф, по которому был произведен расчет в апреле

$$T_{\text{факт.}} = C_{\text{факт.}} / V_{\text{факт.}} = 56\ 011,70 / 72\ 000 = 0,778 \text{ руб/кВт.ч}$$

Увеличение тарифа на 0,0001625 руб/кВт.ч приводит к дополнительным платежам в размере 11,70 рублей, что является штрафом за отклонения, превышающим норматив





Информацию о конструкции и характеристиках, о ценах и наличии на складе по телефону в Перми (342) 273-86-38, в Москве (495) 785-55-99.

[www.kamkabel.ru](http://www.kamkabel.ru)

**ДЗНВА ПОЛУЧИЛ СЕРТИФИКАТ, ДАЮЩИЙ ПРАВО НА ВЫПОЛНЕНИЕ ГОСУДАРСТВЕННОГО ОБОРОННОГО ЗАКАЗА**

По окончании 2005 года Дивногогорский завод низковольтной аппаратуры был сертифицирован по системе качества «Военный регистр». Получение данного сертификата удостоверяет наличие на заводе условий, обеспечивающих выполнение государственного оборонного заказа на производство автоматических выключателей и продукции ВВТ.

Помимо этого в течение ноября-декабря 2005 года на заводе проходил сертификационный аудит системы менеджмента качества на соответствие международному стандарту ISO 9001:2000. В процессе сертификации аудиторы изучили состояние документации «ДЗНВА», состояние производства и структурных подразделений завода, квалифицированность персонала. По результатам проверки Дивногогорскому заводу низковольтной аппаратуры был выдан соответствующий сертификат, подтверждающий, что продукция предприятий отвечает всем международным стандартам.

Как отметил в беседе с корреспондентом НИА директор по управлению персоналом и качеству ДЗНВА Борис Шорохов, «получение данных сертификатов подтверждает высокий уровень качества нашей продукции и способность удовлетворять самые высокие требования широкого круга заказчиков».

[www.rambler.ru](http://www.rambler.ru)

**МОДЕЛЬНЫЙ РЯД ПРИБОРОВ УЧЕТА КОНЦЕРНА «ЭНЕРГОМЕРА» ПОПОЛНИЛСЯ ЭЛЕКТРОСЧЕТЧИКОМ ЦЭ6807П В НОВОМ КОРПУСЕ Р5 ДЛЯ МОНТАЖА НА РЕЙКУ**

В декабре 2005 г. освоено серийное производство нового исполнения электросчетчика ЦЭ6807П — ЦЭ6807П Р5. Новый электросчетчик выпускается в корпусе, предназначенном для монтажа на рейку ТН35.

По своим характеристикам новое исполнение ничем не отличается от базовой модели, но, несмотря на это, прибор претерпел ряд важных качественных улучшений:



ный уровень, причем вклад в сумму штрафа увеличение потребления составляет 49,5%, а снижение – 50,5%.

В общем случае величина штрафа за превышение нормативного уровня при увеличении потребления и при снижении потребления определяются выражениями:

$$C_{\text{штраф}}^+ = \frac{T_{\text{эл.эн.+мошн.}}}{1 + k_1} k_1 (K_{\text{ув.}} - 1), C_{\text{штраф}}^- = \frac{T_{\text{эл.эн.+мошн.}}}{1 - k_2} k_2 \left(1 - \frac{T_{\text{эл.эн.}}}{T_{\text{эл.эн.+мошн.}}} K_{\text{сн.}}\right)$$

здесь

$$k_1 = \Delta V_{\text{откл.(+)}}^{ij} / V_{\text{план.}}^{ij} \text{ или } k_2 = \Delta V_{\text{откл.(-)}}^{kl} / V_{\text{план.}}^{kl} - \text{относительная величина отклонения.}$$

В Таблице 2 приведены значения среднего тарифа и штрафа при различных значениях отклонений фактического почасового потребления от планового почасового потребления при увеличении потребления и при его снижении для  $T_{\text{эл.эн.+мошн.}} = 0,869$  и  $T_{\text{эл.эн.}} = 0,55$  руб./кВт.ч.

**Таблица 2**

| Отклонение                         | 2%    | 4%      | 5%      | 7%      | 10%     | 15%     | 20%     |
|------------------------------------|-------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Одноставочный тариф, руб./кВт.ч.   | 0,869 | 0,869   | 0,869   | 0,869   | 0,869   | 0,869   | 0,869   |
| $C_{\text{штраф}}^+$ , руб./кВт.ч. | -     | 0,00167 | 0,00207 | 0,01421 | 0,01975 | 0,05667 | 0,07242 |
| Средний тариф, руб./кВт.ч.         | 0,869 | 0,87067 | 0,87107 | 0,88321 | 0,88875 | 0,92567 | 0,94142 |
| $C_{\text{штраф}}^-$ , руб./кВт.ч. | -     | 0,00871 | 0,01045 | 0,01987 | 0,02933 | 0,066   | 0,0935  |
| Средний тариф, руб./кВт.ч.         | 0,869 | 0,87771 | 0,87945 | 0,88887 | 0,89833 | 0,935   | 0,9625  |

Анализируя результаты расчетов, можно сделать вывод, что при неравномерном графике фактического почасового потребления, превышающего нормативный уровень, выгоднее при составлении планового почасового потребления с учетом возможных отклонений повышать средний уровень потребления, уменьшая таким образом  $\Delta V_{\text{откл.(-)}}^{kl} / V_{\text{план.}}^{kl}$ , и, соответственно, снижая вес в среднем тарифе большего штрафа за снижение потребления, или уменьшать  $\Delta V_{\text{откл.(-)}}^{kl}$  путем снижения планового почасового потребления  $V_{\text{план.}}^{kl}$ , что на практике в большинстве случаев является единственно возможным.

P.S. На наш взгляд и взгляд наших Абонентов данный Порядок будет представлять определенный интерес как непосредственно для служб главного энергетика предприятий, так и экономистов, занимающихся планированием затрат на электроэнергию и расчетом фактической стоимости потребленной электроэнергии в расчетный период

**Янин М.А**  
**Технический директор**  
**ЗАО «Прорыв-Комплект»,**  
**г. Жуковский**

## ОПТИМИЗАЦИЯ ЗАТРАТ ЗАКАЗЧИКА ПРИ СОЗДАНИИ АИИС/АСКУЭ

Современные условия функционирования как оптового, так и розничного рынков электроэнергии требуют наличия автоматизированных систем коммерческого учета электроэнергии. Зачастую при оценке той или иной системы ошибочно берется показатель цена/качество самой АИИС, а не процесса ее создания и эксплуатации, что приводит к значительным большим затратам на создание и эксплуатацию. Основой предлагаемого Вашему вниманию подхода является обобщенный опыт организации создания автоматизированных систем коммерческого учета электроэнергии, накопленный за все время существования современных требований – с момента начала работ по созданию АСКУЭ по техническим требованиям ЗАО «ЦДР ФОРЭМ» и кончая сегодняшним днем. Опыт работы в подразделениях, курирующих создание АСКУЭ/АИИС показал, что наибольшее количество трудностей, ассоциирующихся с АИИС возникает не в момент эксплуатации, а в период создания и наладки систем учета, после сдачи которых в постоянную эксплуатацию все недостаточно качественно решенные вопросы по созданию и наладке компонент и АИИС в целом выливаются в непомерно завышенную стоимость эксплуатации системы.

Проблемы, от решения которых зависят затраты заказчика на каждом из этапов создания АИИС приведены ниже:

1. Общепринятый порядок организации работ по созданию АИИС
2. Формулирование требований к создаваемой АИИС

3. Выбор генподрядчика
4. Выбор элементной базы
5. Эксплуатация АИИС
6. Дальнейшая интеграция АИИС в рамках корпоративной информационной системы учета энергоресурсов

### **1. ОБЩЕПРИНЯТЫЙ ПОРЯДОК ОРГАНИЗАЦИИ РАБОТ ПО СОЗДАНИЮ АИИС.**

Наиболее важный пункт, от неверного принятия решения по которому зависит правильность оценки затрат на этапе финансового планирования. Ни для кого не секрет, что практически ни один проект по созданию АИИС не был завершен в установленные первоначальным планом сроки, и редко кому удалось уложиться в предварительную смету расходов при условии получения АИИС необходимого качества. Причиной тому является стандартная схема выполнения работ – проведение тендера, выбор генподрядчика и предлагаемого им решения, создание АИИС на деньги, заявленные победителем в тендерном предложении. По необъяснимой причине практически ни один из Заказчиков не проводит качественного предпроектного обследования на объектах автоматизации перед тем, как сформулировать условия тендера, соответственно, в результате чего на тендере иногда выбирают низкокачественные решения, обладающие низкой стоимостью и более-менее приемлемыми показателями при условии идеального состояния систем связи, готового идеально выполненного монтажа вто-

ричных цепей и т.д. Результатом такого подхода является невозможность создания качественной АСКУЭ/АИИС, поскольку одним только монтажом оборудования дело не заканчивается. Мытарства подобных заказчиков становятся просто комичными – на сегодняшний день существуют заказчики, создававшие АСКУЭ по требованиям ЗАО «ЦДР ФОРЭМ», но ввиду чрезвычайно низкого качества, не сдавшие их в промышленную эксплуатацию, потом менялся генподрядчик, техническое решение и снова проходилась весь путь, после чего снова получали неполноценную систему... Теперь, когда требования изменились, и ничего не было сдано в эксплуатацию, можно увидеть проекты АИИС для них же, уже либо на третьем составе технических средств, либо на пытающихся сдать хоть что-то в НП «АТС».... **Таким образом, если хотите минимизировать свои затраты на создание АИИС – не стоит пытаться сначала решить проблему создания учета, а потом пытаться определить в чем же она состоит. Делайте качественное предпроектное обследование до того, как начнете выбирать победителя тендера.**

## 2. ФОРМУЛИРОВАНИЕ ТРЕБОВАНИЙ К СОЗДАВАЕМОЙ АИИС

Как правило, заказчик формулирует целевую функцию создания АИИС как «Хочу работать на оптовом рынке электроэнергии». Такая подмена терминов на этапе предшествующем созданию АИИС приводит к созданию некорректной шкалы ценностей, по которым оцениваются предлагаемые на тендер проекты. Даже, если в результате такого формулирования целей будет создана и сдана по всем правилам АИИС, то совсем не факт, что вы получите систему, которая решит ваши задачи. Скорее всего, то, будет очередная красивая игрушка, которая не закроет проблем учета, а лишь усугубит положение, т.к. будет считаться что средства, выделенные на учет, закрыли все проблемы и ближайшие несколько лет вложений не требуется. **Поэтому, если не хотите, чтобы ближайшие годы у вас была проблемы с решением насущных задач формулируйте цели и требования именно к АИИС, а не к процессу ее создания.**

## 3. ВЫБОР ГЕНПОДРЯДЧИКА

Самый важный пункт, т.к. грамотный генподрядчик всегда сможет пояснить и посоветовать правильный выход из ситуации, если заказчиком были допущены ошибки на предыдущих стадиях. Генподрядчики бывают трех типов:

- 1 **Производители технических средств** – В рамках выполнения работ по договору генподрядчиком поставляются собственные технические решения, остальные виды работ, как то: проведение предпроектного обследования, написание технического задания, технического проекта, различного рода документации, в том числе методик проведения испытаний, а также проведение различного рода работ в измерительных цепях передаются в большей или меньшей степени на аутсорсинг.
- 2 **Системные интеграторы** – Отличаются от производителей тем, что как правило, имеют дистрибьютерские договоры с различными производителями и стремятся подобрать наиболее оптимальное решение.



- 3 **Поставщики технических решений** – Самая немногочисленная категория. Представляют собой единого производителя технических средств учета электроэнергии, систем связи, а так же способные самостоятельно решить все организационно-технические вопросы, связанные с созданием и согласованием во всех необходимых инстанциях полного пакета документов, а также выполнить все необходимые работы, связанные с метрологией и поверками АИИС в целом и ее компонент. К такой категории генподрядчиков относится ЗАО «Прорыв-Комплект», имеющее следующие возможности: самостоятельное создание всей необходимой документации и согласование ее в НП «АТС» (ТЗ, РП, методики испытаний и др.), производство технических средств, производство систем связи, создание системного программного обеспечения, собственный технический центр для испытаний, поверки и технического обслуживания счетчиков, УСПД, систем связи, передвижные лаборатории для поверки высоковольтных измерительных трансформаторов и др.

Вследствие наличия различных по своим возможностям генподрядчиков несколько меняется привычная схема оценки степени соответствия генподрядчика требованиям заказчика. Система оценки с учетом минимизации рисков заказчика выстраивается следующим образом:

- 1 **Готовность генподрядчика самостоятельно создать качественные технические документы (ТЗ, РП и др.) и гарантировать их соответствие всем предъявляемым требованиям и согласовать их в НП «АТС» и у заказчика в оговоренные сроки.**
- 2 **Готовность генподрядчика качественно производить работы по договорам. Многие из вас видели в описании ра-**

бот, например, следующую строку – «предпроектное обследование на основании анализа опросного листа». Кто задумывался что это означает? Это значит, что генподрядчик не выезжая на объект и не посетив все места установки технических средств будет делать проектно-конструкторскую документацию и закупать оборудование которое на месте может не обеспечивать требуемую надежность, т.к. при составлении предварительного опросного листа на месте представителем заказчика могут не быть учтены конструктивные особенности конкретного оборудования. В результате – переделка документации, пересогласования, докупка оборудования, перемонтаж и т.д. А все это выливается в деньги и сроки.

3 Готовность генподрядчика обеспечить производство и поставку качественных технических средств и их монтаж. Практика показывает, что далеко не всегда технические средства даже именитых производителей начинают работать в момент их включения. Насколько готов генподрядчик гарантировать 100% работоспособность устройств при их монтаже?

4 Готовность заказчика собственными силами произвести проверки измерительных трансформаторов, счетчиков и т.д.? Передача этих функций сторонним организациям ставит заказчика и самого генподрядчика заложником качества выполнения работ третьей стороной.

5 Готовность генподрядчика оперативно привести поставляемое программное обеспечение в соответствие с пожеланиями заказчика. Не секрет, что практически каждый заказчик имеет свои особенности – форматы принятых форм отчетности, внутренние взаимоотношения между подразделениями и т.д., и при этом часто приходится слышать о том, что обещанную форму отчета приходится ждать месяцами...

6 Готовность генподрядчика нести гарантийные обязательства по всей АИИС в целом, не перекладывая на заказчика проблему взаимоотношений с различными поставщиками в гарантийный и постгарантийный период.

7 Готовность генподрядчика вести эксплуатационную поддержку всей АИИС в целом, обеспечивая оперативное обновление и доработку ПО и КТС под новые задачи.

8 Степень квалификации персонала генподрядчика, выражающаяся в их знаниях принципов работы рынков электроэнергии, сути заложенных в технические документы требований, способности прогнозирования ситуации и информирования заказчика о предстоящих переменах и потенциальных возможностях. В частности, основой кадровой политики ЗАО «Прорыв-Комплект» является обязательное знание сути выполняемых работ со всех сторон: обязательный опыт работы в подразделениях непосредственно занимающихся организацией коммерческого учета на оптовом рынке в крупных корпоративных структурах, ЗАО «ЦДР ФОРЭМ», НП «АТС», СО-ЦДУ и его филиалах, НП «АС-КУЭ», а также обязательное знание продукции российских и зарубежных производителей средств коммерческого учета. Такой подход обеспечивает максимально качественный подход к решению проблем заказчика, учитывающий в том числе, и обычно скрытые особенности функционирования рынка. Кроме того, работая на перспективу, сотрудники

ЗАО «Прорыв-Комплект» являются разработчиками технического регламента коммерческого учета электроэнергии (в соответствии с ФЗ о «Техническом регулировании»), а так же участниками рабочих групп по созданию и доработке основополагающих документов оптового рынка, требований к системам коммерческого учета и др.

**Помните, что выбирая генподрядчика на создание АИИС вы выбираете также путь своего развития в дальнейшем, и только от вашего выбора зависит насколько качественно и в срок будет создана АИИС и как долго она вам прослужит, будучи полностью соответствующей действующим нормативам.**

#### 4. ВЫБОР ЭЛЕМЕНТНОЙ БАЗЫ

Как известно, никакими организационными мероприятиями практически невозможно компенсировать недостатки АИИС, вызванные несовершенством примененных элементов. Поэтому, особое внимание рекомендуется обращать не только на распространенность технического решения, но и на его технические характеристики. Совсем не обязательно ставить повсеместно распространенные технические средства главным достоинством которых является соответствие часто используемому принципу: «они давно известны, их везде много». В настоящее время бурно развивающиеся технологии и меняющиеся требования оптового рынка требуют большей гибкости и функционально заложенных в устанавливаемые изделия перспективных технологий, поскольку использование устаревших решений, применявшихся в годы начала создания автоматизированных систем учета, и с небольшими доработками «подтянутых» под требования ЗАО «ЦДР ФОРЭМ», а потом с новой заплаткой под требования НП «АТС» скорее всего, после утвержденных правил оптового рынка (не переходного периода) снова потребуют вложений, доработок и т.д. Особо хочется отметить, что необходимо при выборе технических решений не только учитывать предлагаемые счетчики и УСПД, а все компоненты в комплексе. Так, некоторые представленные на рынке технические решения критичны к каналам передачи данных, другие – к квалифика-





ции персонала, третьи – требуют периодического ручного воздействия и т.д. Поэтому необходимо рассматривать систему в комплексе. Ниже представлены варианты технических решений, предлагаемых ЗАО «Прорыв-Комплект»:

❶ **Счетчики электрической энергии.** Мы поддерживаем опробованные счетчики всех производителей, однако, рекомендуем использование новейших счетчиков компаний Шлюмберже и Эльгама. Счетчик Шлюмберже SL7000 уже используется в сданных в эксплуатацию по требованиям НП «АТС» АИИС нефтедобывающих месторождениях компании ЮКОС. Его особенностью является значительный запас возможностей при меняющихся требованиях: 2 независимых цифровых интерфейса, мощный процессор и значительный объем памяти, позволяющие делать не только измерения электроэнергии и мощности, но и оценивать параметры качества электроэнергии. Кроме того, данный счетчик выгодно отличается от других способностью параметрирования режима включения (2 или 3 фазы, прямого или трансформаторного включения), при этом сам прибор никаким доработкам не подвергается и переповерки не требует, межповерочный интервал данного прибора также увеличен вдвое – 16 лет.

❷ **УСПД** компании «Прорыв» серии ТК, используются повсеместно в системах сбора данных коммерческого и технического учета энергоресурсов нефтяных компаний, где требования по надежности и безотказности в любых климатических условиях (от -50 до +50 градусов), в районах повышенной грозовой активности и электромагнитных полей, чрезвычайно высоких нестабильностей питающего напряжения (из-за пусковых токов мощных насосов). УСПД и все оборудование компании «Прорыв» удовлетворяет всем стандартам качества гарантирующим высокое качество изделий: ISO 9001, СРПП ВТ, ГОСТ РВ 15.002-2000. До настоящего времени установлено и работает более 15000 УСПД серии ТК, причем достаточно значительное их число работает безотказно уже более 10 лет. Сегодня линейка УСПД пополнена версией ТК-16L, которая обладает малыми габаритами (установка на DIN-рейку), возможностями параллельного сбора по 4м независимым линиям, объединение в локальную сеть, мощным процессором, жидкокристаллическим экраном с функцией Touch Screen, инфракрасным портом автономного съема показаний, объемами памяти, гарантирующими хранение профилей практически любой дискретности в течение срока, заданного требованиями НП «АТС» и др.

❸ **Системы связи** – нами поддерживаются все доступные к применению на территории РФ средства связи – начиная от проводных и оптоволоконных каналов связи и заканчивая спутниковыми системами. Все они были реализованы в реальных проектах и по ним накоплен достаточный опыт, позволяющий не только качественно их использовать, но и добиваться более привлекательных характеристик передачи данных, чем стандарды предлагаемые. Так, например, нами найдено решение по снижению задержек передачи данных по каналам

спутниковым систем, позволивших достичь снижения времени передачи данных по каналам Глобалстар в 3 раза (соответственно, плата за аренду канала уменьшилась для заказчика втрое). Данное решение было рекомендовано российским оператором данной системы Глобалтел к повсеместному использованию. Подобные решения есть и по другим системам передачи данных, в частности – по радиосвязи и др.

❹ Система обработки и хранения данных на сервере АИ-ИС. Особое внимание нами уделяется доведению программного обеспечения (Телескоп+) под требования заказчика (отчетные формы, экранные формы, функции системы и др.), тем самым обеспечивается наиболее комфортный режим работы персонала заказчика и не требуется привлечения заказчиком дополнительных специалистов (или длительные процедуры получения от производителя ПО) по созданию особых форм отчетности. Кроме того, нами производится полноценная интеграция данных АИИС в систему сбора и обработки данных АО-энерго, что гарантирует отсутствие нареканий к работе АИИС со стороны АО-энерго. Так, например, недавно нами было получено подтверждение от ОАО «Тюменьэнерго» о том, что только АИИС нашего производства правильно и без сбоев работают на протяжении года (с момента сдачи в промышленную эксплуатацию) и их системой коммерческого учета и были получены рекомендации к использованию системы «Телескоп» в качестве системы верхнего уровня в АИИС ОАО «ТНК-ВР» в филиалах на территории Тюмени.

## 5. ЭКСПЛУАТАЦИЯ АИИС.

Значимость данного пункта в общей стоимости владения АИИС чрезвычайно высока и всеми осознается в полной мере, однако хочется дополнительно рекомендовать обращать также пристальное внимание на фактическую возможность генподрядчика осуществлять полноценный сервис всех подсистем АИИС и качественную техническую поддержку при наличии вопросов у персонала.

## 6. ДАЛЬНЕЙШАЯ ИНТЕГРАЦИЯ АИИС В РАМКАХ КОРПОРАТИВНОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ УЧЕТА ЭНЕРГОРЕСУРСОВ

Эксплуатация АИИС единственного потребителя существенно отличается от эксплуатации АИИС корпоративных потребителей, где создаются 2,3 и более отдельных АИИС, которые в последствии объединяются в единую информационную систему организации. К таким потребителям относятся распределенные потребители (нефте-газодобывающие компании, железные дороги, магистральные сети и т.д.) и АО-энерго (ввиду необходимости получения обработки данных различных производителей). Для таких заказчиков следует обращать особое внимание на возможность включения в ПО верхнего уровня данных из аналогичных АИИС, а также АИ-ИС созданных на технических средствах сторонних производителей. Пример создания распределенных систем и корпоративного центра сбора обеспечивающего интеграцию в систему «Телескоп» данных АИИС производства НПФ Прорыв, НПО МИР, Эльстер Метроника дан в презентации, приведенной ниже.

**Минскер Ф.Е.,  
директор Центра  
энергоресурсосбережения  
ОАО «ОПТРОН»**

## ЭКОНОМИЧЕСКИЕ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ЭНЕРГОРЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЯ ЗА СЧЕТ ШИРОКОМАСШТАБНОГО ВНЕДРЕНИЯ РЕГУЛИРУЕМОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА, ОТЕЧЕСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА

Одной из главных задач Правительства России является ориентирование на создание высоких и наукоемких технологий, обеспечивающих производство конкурентоспособной продукции народно-хозяйственного назначения.

Это требует в качестве первоочередной – решение задачи снижения энергоемкости и производства и сферы услуг.

Доля энергозатрат в себестоимости продукции и сфере услуг составляет до 20%, 30%, что значительно выше, чем в странах с развитой рыночной экономикой.

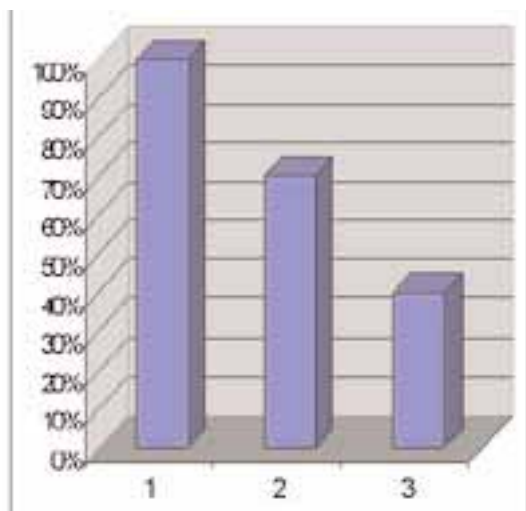
Одной из основных причин такого положения являются применяемые в народном хозяйстве энергорасточительные технологии, оборудование и приборы. По оценкам экспертов, внедрение энергосберегающих технологий и оборудования способствует снижению потребностей в энергоресурсах не менее чем на 30%-40%. Мировая и отечественная инженерная практика показала, что наибольший экономический эффект при реализации программ энергосбережения дает переоснащение энергетических сетей и коммуникаций устройствами частотно-регулируемого электропривода.

В промышленно развитых странах (и в России тоже) около 2/3 всего объема потребляемой электроэнергии ис-

пользуется для механической работы, выполняемой электроприводом. Наиболее широко в отраслях промышленности и коммунального хозяйства используются электроприводы на базе асинхронных электродвигателей (55%-60% всей потребляемой энергии). (Рис. 1.)

Как правило, во многих отраслях народного хозяйства, в т.ч. ЖКХ установлены электродвигатели с большим запасом по мощности в расчете на максимальную производительность оборудования, несмотря на то, что часы пиковой нагрузки составляют всего 15%-20% общего времени его работы. В результате электродвигатели с постоянной скоростью вращения потребляют среднесуточно значительно, иногда до 60%, больше электроэнергии, чем это необходимо.

Отсюда следует, что основные резервы сбережения электрической энергии заключены в широкомасштабном применении энергосберегающих электроприводов. Наиболее радикальным, дающим большую экономию электроэнергии способом (до 30%-50%) является оснащение электродвигателей частотными преобразователями, позволяющими регулировать частоту их вращения в зависимости от реальной нагрузки.



**Рис. 1. Объем электроэнергии, потребляемой электроприводом. 1 – объем электроэнергии, потребляемой народным хозяйством; 2 – объем электроэнергии, потребляемой электроприводом; 3 – объем электроэнергии, потребляемой**

При этом не требуется замена стандартного электродвигателя, что особенно актуально при реконструкции объектов.

Области применения регулируемого электропривода весьма обширны.

В жилищно-коммунальном хозяйстве и коммерческом секторе это:

- ➔ насосы холодной и горячей воды в центральных тепловых пунктах;
- ➔ насосные установки водоканальных и тепловых сетей;
- ➔ насосные установки очистных станций;
- ➔ компрессоры, вентиляторы, кондиционеры, установленные в зданиях.

В топливно-энергетическом комплексе :

- ➔ буровые установки, насосы нефтеперекачки и компрессоры газоперекачки;
- ➔ экскаваторы, электротрансмиссии мощных карьерных самосвалов, карьерные дизель-троллейбусы, транспортеры и конвейеры, дробилки и мельницы, шахтные подъемные машины и шахтный электротранспорт.
- ➔ насосные и вентиляторные установки ТЭС, ТЭЦ, РТС и котельных, насосные установки тепловых сетей и др.

В промышленности и сельском хозяйстве это:

- ➔ перемешивающие устройства, центрифуги, насосы, компрессоры, вентиляторы;
- ➔ электроприводы обрабатывающих станков, электро-транспортеры и конвейеры, печи, мельницы и др.

Распределение асинхронных электродвигателей по мощностям и потреблению электроэнергии приведено на табл. 1.

**Табл. 1. Распределение асинхронных двигателей по мощностям и потреблению электроэнергии**

| Мощность, кВт | Процент от общего количества | Процент к общему потреблению электроэнергии |
|---------------|------------------------------|---|
| до 1          | 10                           | 5   |
| от 1 до 5     | 60                           | 40  |
| от 5 до 20    | 20                           | 30  |
| от 20 до 100  | 9                            | 20  |
| свыше 100     | 1                            | 5   |

В целом электродвигатели мощностью от 1,0 до 100 кВт составляют ~90% и потребляют 90% электроэнергии, преобразуемой в механическую.

Наиболее массовый асинхронный электропривод по количеству потребляемой электроэнергии находится в диапазоне мощностей 1-20 кВт., а среди исполнительных механизмов самыми распространенными являются вентиляторы, транспортеры и насосы, составляющие более половины общего количества механизмов (табл. 2).

**Табл. 2. Распределение асинхронных электродвигателей по механизмам**

| Механизмы             | % от общего количества | Механизмы             | % от общего количества |
|-----------------------|------------------------|-----------------------|------------------------|
| Вентиляторы           | 37,7                   | Смесители             | 5,5                    |
| Транспортеры          | 19,9                   | Механизмы перемещения | 4,0                    |
| Насосы                | 17,0                   | Затворы, задвижки     | 3,7                    |
| Станки обрабатывающие | 7,0                    | компрессоры           | 2,8                    |

Эффективность использования регулируемого электропривода в конкретных механизмах приведена в табл. 3.

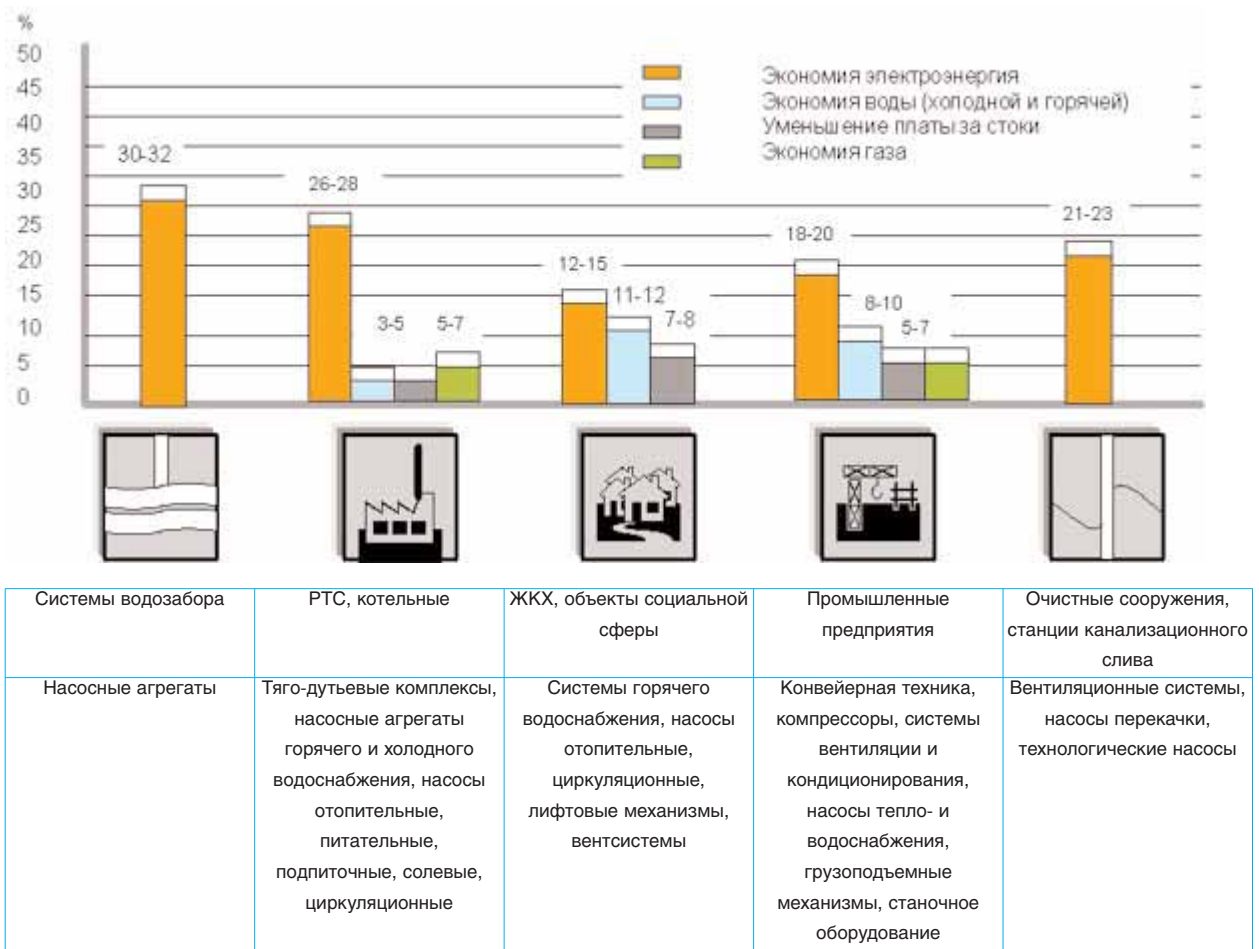
**Табл. 3. Экономия электроэнергии при использовании регулируемого электропривода в различных механизмах**

|             |               |
|-------------|---------------|
| Насосы      | на 25%-30%;   |
| Компрессоры | на 40%;       |
| Вентиляторы | на 30%;       |
| Центрифуги  | на 50%.       |
| Дымососы    | от 30% до 80% |

Учитывая, что эти типы механизмов составляют более 50% от общего количества используемых электроприводов данное направление является приоритетным для внедрения.

Другое важное достоинство регулируемого электропривода – это снижение эксплуатационных затрат, которое имеет несколько составляющих:

- ➔ снижения величины пусковых токов электродвигателей до уровня номинальных и, соответственно, исключения вредного воздействия этих токов на питающую сеть;
- ➔ практического исключения из работы дросселей, заслонок, различного рода клапанов;
- ➔ исключения гидроударов в гидравлической сети, плавное изменение подачи воздуха в вентиляторах и др., т. е. исключение или существенное снижение динамических воздействий на технологическое оборудование и сети;



**Рис. 2. Эффективность применения регулируемого электропривода на объектах народного хозяйства**

➔ продления срока службы подшипников и др. вращающихся частей, поскольку механизмы, снабженные преобразователями частоты в течение длительного времени работают с частотами вращения меньшими номинальных. В результате значительно снижаются эксплуатационные расходы и уменьшаются возможности аварийности всего оборудования в целом.

По оценке американских экспертов считается, что экономический эффект от снижения эксплуатационных затрат по меньшей мере сопоставим с эффектом от прямого сбережения энергоносителей.

Третьим важным достоинством применения регулируемого электропривода является экономия воды и тепла при использовании его в насосных установках.

Так в жилищно-коммунальном хозяйстве применение преобразователей частоты в повысительных насосах горячей и холодной воды позволяет экономить до 10%-15% воды и до 8%-10% тепла.

Во всем мире уделяется большое внимание расширению производства регулируемых электроприводов переменного тока.

По различным источникам в промышленно-развитых странах от 50% до 70% выпускаемых и запускаемых в эксплуатацию электроприводов являются регулируемыми, а к 2005г. их доля возрастет до 80%-90%.

Столь высокие темпы роста производства и введения в эксплуатацию регулируемых электроприводов обусловлены их высокой рентабельностью.

Как сказано выше, электропривод, являясь крупнейшим потребителем электроэнергии и потенциально огромным резервом энергосбережения, обеспечивает за счет экономии энергоресурсов большой экономический эффект.

На рис. 2 показана эффективность применения регулируемого электропривода на объектах народного хозяйства.

Разработка и внедрение регулируемого электропривода является одним из самых перспективных и экономически оправданных направлений из всех энергосберегающих технологий, емкость рынка преобразователей частоты для России составляет, по оценкам экспертов десятки млн. штук, в том числе несколько сот тысяч – для систем ЖКХ.



Рынок регулируемых электроприводов в Европе в 2000 году составил порядка 1 млрд.\$, а к концу 2001 года может достигнуть 1,5 млрд.\$.

На отечественном рынке этого нового оборудования представлена продукция всех ведущих фирм мира: «Hitachi», «Mitsubishi», «ABB», «Allen Bradley», «Danfoss» и др.

Мировое сообщество оценило неизбежность проблемы энергоресурсосбережений для России и провело оценки рынка энергосберегающих технологий, особенно регулируемых электроприводов с его самой высокой рентабельностью среди всех других отраслей. Его потенциальные объемы привели к реально наблюдаемым признакам товарной интервенции. Итогом неконтролируемого допуска зарубежных производителей на рынке энергоресурсосберегающего оборудования и технологий может оказаться попадание под жесткий стратегический контроль крупных корпораций.

Сравнение отечественных и импортных преобразователей частоты показывает, что несколько выигрывая в ценовой конкуренции, они пока незначительно проигрывают импортным по показателям надежности и долговечности. Основной причиной этого является невысокое качество поставляемых из стран СНГ и регионов РФ комплектующих изделий. Проводимая эксплуатационная доводка преобразователей частоты и работа с поставщиками комплектующих изделий позволяют надеяться на повышение качества. Однако для достижения мировых показателей необходим комплексный подход к разработкам и организации производства с объединением усилий предприятий, имеющих опыт в разработке и производстве аналогичных изделий, комплектующих приборов и элементной базы.

Поскольку регулируемый электропривод концентрирует в себе основные направления полупроводниковой электроники: микроэлектронику, силовую электронику, сенсорную и информативную электронику, то его интенсивное развитие даст дополнительный толчок к дальнейшему развитию и этой отрасли на промышленных предприятиях области, в т. ч.:

- силовая электроника – линии электропередач, железнодорожный транспорт, бытовая техника;
- сенсорная электроника – новые возможности приборостроения за счет использования полупроводниковых микродатчиков;
- информационная электроника – микроэлектроника с использованием систем отображения информации на отечественных светоизлучающих диодах и индикаторах.

Основные направления развития и внедрения регулируемого электропривода в народном хозяйстве области целесообразно реализовать посредством шести агрегированных проектов, приведенных в табл. 4.

Реализация комплекса работ по внедрению регулируемого электропривода обеспечит в народном хозяйстве:

- экономию энергоносителей (от общего потребления): электроэнергии до 15%-20%, воды питьевого качества до 10%-12%, топлива – 8%-10%
- экономию денежных средств за счет уменьшения потребления энергоносителей
- значительное увеличение ресурса работы оборудования
- создание индустрии отечественных импортозамещающих ЧРП
- укрепление высококвалифицированного научного и производственного персонала
- значительные поступления средств в бюджет от уплаты налогов предприятиями.

Сроки окупаемости при внедрении регулируемого электропривода составляют менее 1,0 года, причем источником капитальных вложений последующих энергосберегающих мероприятий может выступить экономия денежных средств, полученная в следствии реализации работ первых этапов. Эффект будет более значительным в связи с тенденцией повышения цен на энергоносители.

**Табл. 4**

|   |  |   |
|---|--|---|
| Освоение и организация серийного производства маломощных (0,55-3,7 кВт) ЧРП на отечественной элементной базе для использования в отраслях промышленности и сельском хозяйстве | Освоение и организация серийного производства ЧРП средней и большой мощности (5,5-320 кВт) на отечественной элементной базе для использования в системах ЖКХ, объектах социальной сферы и отраслях промышленности и сельском хозяйстве | Освоение и организация производства высоковольтных (до 10 кВ) ЧРП мощностью до 7 мВт на отечественной элементной базе для использования в системах водоканала и энергоснабжающих организациях |
| Разработка и освоение автоматических станций и систем автоматического управления на базе ЧРП  | Создание отечественной элементной базы для выпуска ЧРП (силовые полупроводниковые диоды, силовые IGBT GTO модули, микродатчики, контроллеры и др.)   | Разработка нормативно-правового обеспечения выпуска и применения отечественного ЧРП   |

авРЫЛОАРЫЛ



## ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ ОГЭ

**Редакция журнала продолжает знакомить читателей с программным обеспечением для энергетиков.**

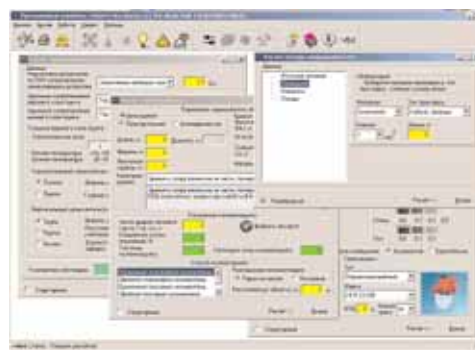
**Разработчики (авторы), могут прислать нам сообщения о своих разработках, последних версиях программ, а так же предложениях о сотрудничестве.**

### «АКУЛА», ВЕРСИЯ 1.0

В своей деятельности энергетикам часто приходится пользоваться справочной литературой, зачастую на это уходит очень много времени - ведь это тысячи страниц специальных пособий. Например, для того, чтобы рассчитать заземление (контур) для производственных нужд необходимо иметь под рукой не один справочник. С помощью «Электронного помощника энергетика «Акула»- можно будет произвести расчёт за считанные минуты, имея под рукой обычный ПК. Программа предназначена для: автоматизации расчета заземляющих устройств в сетях напряжением до 1000 В, расчета сечения электропроводки, расчета потерь напряжения сети до 1000 В, расчета аппаратов защиты до 1000В, а также для расчета освещенности (выбора светильников) и молниезащиты.

**Разработчик: ООО «АНВ-Дельта»**

**Источник <http://anvdelta.com>**



**Рис. АКУЛА**

## «РАСЧЕТ ПОТЕРЬ НАПРЯЖЕНИЯ СЕТИ»

Программа позволяет рассчитать потери напряжения для разных типов сетей и вида проводников. Обратный алгоритм позволяет выбрать минимально допустимое сечение проводника исходя из нормативно допустимых потерь напряжения в сети.

В данную программу также встроен модуль для расчета тока нагрузки с учетом реактивной составляющей. «Интерфейс» программы сделан лаконичным и наглядным и позволяет выполнять расчеты без подготовки любому специалисту в области электротехники, механики, строительстве.

К достоинствам программы можно отнести:

- ✓ возможность точного расчета тока с учетом cos φ нагрузки, в том числе, и с учетом потерь в ПРА для люминесцентных ламп и ламп ДРЛ;
- ✓ учет реактивной составляющей сопротивления линии, в том числе, и с учетом способа прокладки проводников;
- ✓ при выборе проводников по нормативным потерям в сети происходит автоматически определение потерь напряжения;
- ✓ возможность ручной корректировки большинства исходных данных расчета;
- ✓ работа с программой в структурных окнах или в развернутом виде.

Разработчик: ООО «АНВ-Дельта»

Источник <http://anvdelta.com>

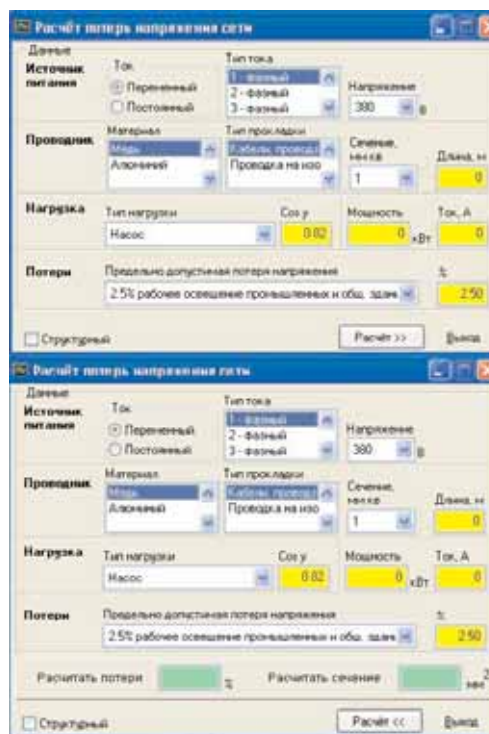


Рис. Расчет потерь напряжения сети

## «ПЛАНИРОВАНИЕ И УЧЕТ ЭНЕРГОНОСИТЕЛЕЙ НА ПРЕДПРИЯТИИ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ БАЛАНС: ПРИХОД-РАСХОД»

Программа предназначена для автоматизированного планирования и учета расхода всех видов энергоносителей по каждому потребителю, группам потребителей и предприятию в целом, в физическом и стоимостном выражении.

Возможности программы: формирование заявок на все виды ТЭР по подразделениям и в целом по предприятию на следующий год. Формирование лимитов потребления по подразделениям предприятия на следующий год, исходя из выделенных на предприятие лимитов энергоснабжающими организациями. Обеспечение учета фактического расхода всех видов ТЭР при наличии внутризаводского учета и распределение фактического расхода на все предприятие по цехам и участкам пропорционально плановому потреблению - при отсутствии внутризаводского учета. Учет обеспечивается в разрезе поставщиков и по каждому виду ТЭР и имеется возможность учитывать отдельно субабонентов и предприятий инфраструктуры, находящихся на балансе (больниц, школ, столовых и т.п.).

Программа позволяет: в любой момент иметь данные для расчета плановой себестоимости выпускаемой предприятием продукции в части энергозатрат, стимулировать работу по внедрению мероприятий по экономии ТЭР, на любую дату иметь сведения о превышении выделенных лимитов по каждому подразделению для оперативного принятия мер по снижению расхода ТЭР.

Разработчик: НПП «ЭНЕРКОМ»

Источник <http://enercom.vatb.ru>



Рис. Планирование и учет Энергоносителей на предприятии

## GIDRV

Программа предназначена для автоматизированного расчета систем вентиляции и аспирации с механическим побуждением, а также систем естественной вентиляции.

Программа позволяет производить следующие виды схем вентиляции:

- ✓ расчет нового воздуховода для вентиляции с мех. побуждением (вытяжка)
- ✓ расчет нового воздуховода для вентиляции с мех. побуждением (приток)
- ✓ поверочный расчет воздуховода естественной вентиляции (вытяжка)
- ✓ расчет нового воздуховода для аспирации
- ✓ поверочный расчет воздуховода для вентиляции с мех. побуждением (вытяжка)
- ✓ поверочный расчет воздуховода для вентиляции с мех. побуждением (приток)
- ✓ поверочный расчет воздуховода для аспирации.

После расчета, пользователь самостоятельно может задать новый диаметр воздуховода (или скорость среды) как на одном участке, так и для нескольких сразу, схема вентиляции будет тут же рассчитана заново. Таким образом, пользователь может «играть» характеристиками схемы, подбирая наиболее оптимальный для себя вариант расчета.

Программа автоматически определяет избыточный напор на конечных участках, и предлагает компенсировать его либо автоматическим уменьшением сечения участка воздуховода, либо введением дросселирующих устройств на участке (диафрагма с острой кромкой или конусная, дроссель клапан, шибер).

Мастер расчета дросселирующих устройств рассчитывает варианты устройств при различных характеристиках (число створок, диаметры), и показав все сразу, предложит выбрать наилучший при расчете схемы вентиляции, программа самостоятельно определяет магистраль схемы (наиболее нагруженную цепь участков).

После расчета вы можете увидеть потери на трение и местные сопротивления на всех участках расчетной схемы, а также давления в начале и конце каждого участка.

Программа предусматривает расчет магистральных и радиальных схем вентиляции и аспирации.

**Разработчик:** НПП «ЭНЕРКОМ»

**Источник** <http://enercom.vatb.ru>

## VOLTAGE FALL

Программа позволяет рассчитывать потери напряжения в электросетях постоянного и переменного тока. Исключительно проста в установке и использовании, имеет простой понятный интерфейс, может быть полезна при проектировании электроустановок.

**Разработчик:** Квочко Андрей

**Источник** <http://almih.narod.ru/lib-en/voltagefall-exe.zip>

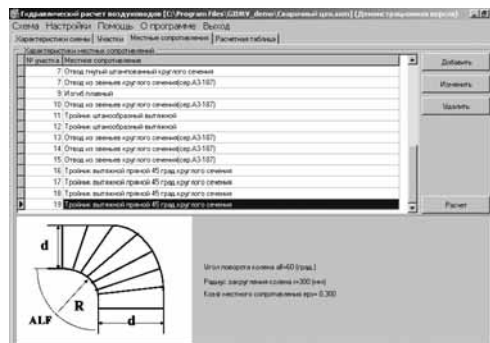


Рис. GIDRV

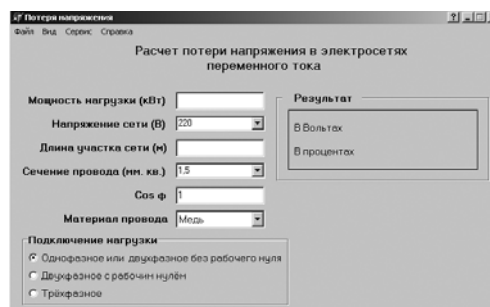


Рис. Voltage Fall



## ELSNA

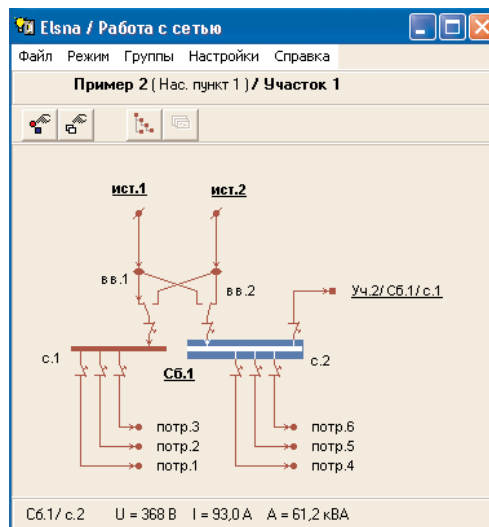
Elsna- программа для электроэнергетика небольшого предприятия (цеха). Она предназначена, в первую очередь, для предприятий, не имеющих распределительной сети, но у которых есть несколько трансформаторных подстанций. Естественно, программа может использоваться и теми предприятиями, где подстанций нет.

Программа позволяет:

- ✓ Описать сеть электроснабжения предприятия. При описании сети широко используются древовидные структуры, что делает этот процесс максимально удобным и интуитивно понятным для пользователя.
- ✓ Создать базу данных элементов, составляющих сеть: потребителей, коммутационных аппаратов, кабельных линий и пр. База заполняется автоматически при описании сети.
- ✓ Создавать, редактировать, распечатывать схемы, как участков сети, так и отдельных сборок и подстанций. Схемы, создаваемые в программе «живые». Непосредственно на схемах производятся переключения, показываются результаты расчетов сети. Схема связана с базой данных элементов сети, и по запросу показываются параметры того или иного элемента.
- ✓ Моделировать работу сети в различных режимах.

**Разработчик:** ИП Перминов П.И.

**Источник** [www.elsna.ru](http://www.elsna.ru)



**Рис. Elsna**

## LINECROSS

Программа LineCross предназначена для расчета габаритов пересечений воздушных линий электропередачи с инженерными сооружениями и естественными препятствиями.

В исходных данных программы можно сохранить все пересечения по проектируемой ЛЭП.

Программа предусматривает любые варианты расчета: переходы, подходы, с учетом веса гирлянд изоляторов, расчет аварийных режимов.

При задании для пересекаемого сооружения максимальной температуры или температуры при гололеде без ветра производится проверка на большую стрелу провеса.

Класс напряжения проектируемых линий любой, от 0,4 кВ. Учтены соответствующие требования ПУЭ.

Для проведения расчетов используются данные из материалов инструментальных изысканий, продольный профиль проектируемой линии и отметки по пересекаемому сооружению. Можно использовать данные качественно выполненных глазомерных изысканий.

Программа применима для любой климатической зоны.

Результаты расчета содержат данные для размещения в подлинниках расчетов проекта и табличку для наклейки на чертеж пересечения.

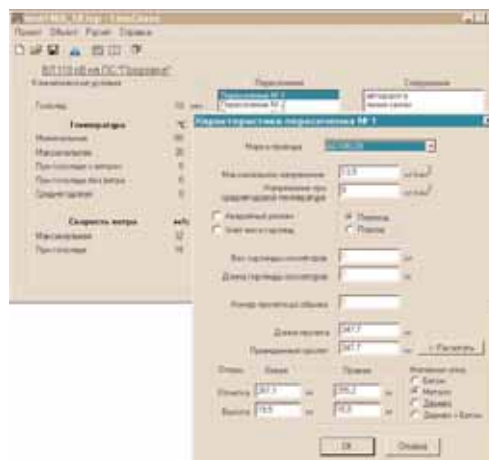
Справочники проводов, тросов, самонесущих кабелей открыты для дополнения и изменения.

**Разработчик:** ПроЭнергоСофт

**Источник** <http://aist.sibproject.ru>

## ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС СКАТ

Программный комплекс СКАТ предназначен для качественной и быстрой разработки Автоматизированных Систем Диспетчерского Управления (АСДУ) электрическими сетями 0,4 - 750 кВ. В основу разработки АСДУ положена модель электрической сети. Под моделью понимается совокупность абстрактных объектов, описывающих электрические элементы сети, их связи между собой, электрические параметры элементов и их паспортные данные.



**Рис. LineCross**

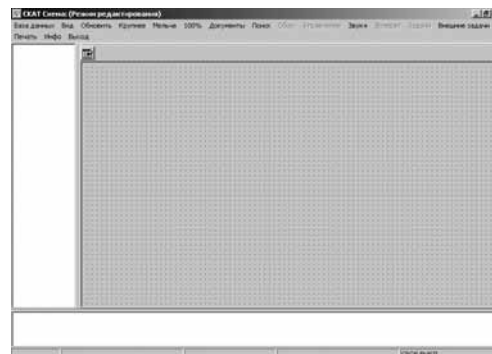
В модель также включается описание каналов телемеханики.

СКАТ позволяет решать следующие системные задачи:

- ✓ Представление схем электрических сетей с необходимым уровнем детализации;
  - ✓ Отображение на схемах информации, получаемой от систем телемеханики;
  - ✓ Управление телемеханическими объектами;
  - ✓ Отображение на схемах состояния и режима оборудования;
  - ✓ Решение технологических задач, с отображением результатов решения на схемах, в виде значений, условных графических обозначений, графиков и т.д.;
  - ✓ Получение твердых копий схем и планов с результатами расчетов.
- СКАТ позволяет решать следующие технологические задачи:
- ✓ Определение режима оборудования сети;
  - ✓ Проверка топологии электрической сети (замкнутые контуры, участки с двойным питанием);
  - ✓ Предупреждение о недопустимых операциях (блокировки);
  - ✓ Расчет режима сети 0,4 - 750кВ с использованием данных системы телемеханики, в режиме реального времени;
  - ✓ Определение перегруженного оборудования, недопустимых падений напряжения и потерь в отдельных элементах и сети в целом;
  - ✓ Расчет емкостных токов и токов КЗ.

**Разработчик:** Лаборатория СМО БелТЭИ

**Источник** [www.beltei.by](http://www.beltei.by)



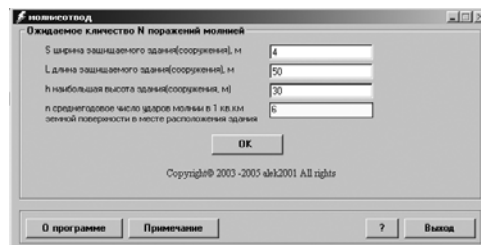
**Рис. СКАТ**

## МОЛНИЕЗАЩИТА 1.1В

Здания и сооружения или их части в зависимости от назначения, интенсивности грозовой деятельности в районе их местонахождения, а также их ожидаемого количества поражений молний в год должны быть защищены в соответствии с категориями устройства молниезащиты и типом зоны защиты. Программа Молниезащита 1.1b предназначена для автоматизации работ при проектировании молниезащиты зданий и сооружений с молниеприемниками.

**Разработчик:** ЗАО «ТРЭЛ»

**Источник** <http://rzd2001.narod.ru>



**Рис. Молниезащита**

## РЕЛЕЙНАЯ ЗАЩИТА

Программа «Релейная защита» предназначена для учета измерительного оборудования электростанций и линий электропередач. Программа предоставляет следующие возможности:

- ✓ Ведение справочника электростанций и подстанций, с учетом секций подключения к линиям электропередачи.
- ✓ Ведение справочника линий с указанием образующих их станций.
- ✓ Ведение справочника измерительного оборудования.
- ✓ Структурирование информации по электролиниям и электростанциям.
- ✓ Построение калибровочных линий и пересчет относительных показаний приборов в абсолютные значения тока или напряжения.
- ✓ Подготовка информации для расчета координат мест повреждения линий электропередачи.
- ✓ Позволяет производить выборки, осуществлять поиск и фильтрацию информации, опираясь на такие данные как модель прибора, наименования станций, линий, секций и т.п.

Имеются широкие возможности для составления разнообразных отчетов, а также для импорта и экспорта данных.

**Разработчик:** DataSorption

**Источник** [www.datasorption.ru](http://www.datasorption.ru)



**Рис. Релейная защита**

**В этом номере на вопрос читателей отвечает  
профессор кафедры  
«Электроснабжение промышленных предприятий»  
Московского Энергетического Института  
Киреева Эльвира Александровна.**

**ВОПРОСЫ МОЖНО ЗАДАВАТЬ ПО ПОЧТОВОМУ АДРЕСУ РЕДАКЦИИ ИЛИ ЭЛЕКТРОННОЙ ПОЧТЕ:  
GLAVENERGO@MAIL.RU**

**Вопрос** Слышал, что выпускают электрооборудование, обеспечивающее три устойчивых состояния: «включено», «отключено», «заземлено». Где можно приобрести такое электрооборудование?

**Ответ** Производственное объединение ОАО «ПО Элтехника» разработало и внедрило новое конструкторское решение для установок компенсации и реактивной мощности КРМ-6(10). За счет применения трехпозиционного разъединителя РТ новые установки компенсации реактивной мощности отличаются повышенным уровнем безопасности и надежности.

Кроме трехпозиционных разъединителей РТ, ОАО «ПО Элтехника» производит трехпозиционные выключатели нагрузки ВНТ-2П. Эти аппараты имеют три фиксированных положения: «включено»; «отключено» или «заземлено», что исключает возможность заземления частей, находящихся под напряжением. Аппараты требуют минимального обслуживания в процессе эксплуатации.

**Вопрос** Какие из конденсаторных батарей являются самыми надежными?

**Ответ** В качестве примера можно привести производственное объединение ОАО «ПО Элтехника», выпускающее установки компенсации реактивной мощности КРМ-0,4, которые отличаются от аналогичных высокой надежностью за счет использования комплектующих элементов, имеющих высокое качество и надежность. Так, трехфазные, сухие силовые конденсаторы, выполненные по МКО технологии, обладают способностью к самовосстановлению после пробоя в диэлектрике.

Кроме силовых конденсаторов, в состав установки КРМ-0,4 входят:

- ✘ специализированный контроллер, обеспечивающий автоматическое регулирование  $\cos\phi$ , контроль содержания в сети высших гармоник тока и напряжения и др.;
- ✘ специализированный контактор с токоограничивающими резисторами.

✘ Установки КРМ-0,4 предназначены для автоматического регулирования  $\cos\phi$  в распределительных сетях трехфазного переменного тока частотой 50 Гц напряжением 400 В.

**Вопрос** Какие основные преимущества имеют кабели с изоляцией из сшитого полиэтилена и где их целесообразно использовать?

**Ответ** Основные преимущества кабелей с изоляцией из сшитого полиэтилена по сравнению с кабелями с изоляцией из ПВХ являются:

- ✘ допустимая температура в нормальном режиме составляет 90°C;
- ✘ то же, в кратковременном (КЗ) режиме -250°C;
- ✘ прокладка кабелей может осуществляться при температуре до -20°C без предварительного подогрева;
- ✘ низкая повреждаемость.

Кабели с изоляцией из сшитого полиэтилена предназначены для эксплуатации на открытом воздухе, а также в помещениях с повышенной влажностью, в том числе в подвалах и в почве.

**Вопрос** Имеются ли кабели, отличающиеся повышенной пожаробезопасностью, и кто их производит?

**Ответ** Концерн «Энергопром» разработал и выпускает безгалогенные, пожаробезопасные кабели. Известно, что при возникновении пожара наибольшую опасность для жизни людей представляют выделяемые при горении полимеров отравляющие газы – галогены. Кроме того, эти газы могут разрушить конструкционные части зданий, электрические, электронные и механические элементы оборудования.

Другой опасностью при пожаре является выход из строя, из-за разрушения от огня, систем пожарной сигнализации, спасательных лифтов, вентиляции, систем, обеспечивающих поддержку производства непрерывного цикла.

Для решения этой проблемы концерн «Энергопром» разработал кабели, которые, кроме свойств безгалогенно-

сти и нераспространения горения, обеспечивают еще и функционирование в условиях прямого воздействия на них огня (до 180 минут). Это позволяет во многих случаях завершить тушение пожара, эвакуировать людей и обеспечить бесперебойность работы производств непрерывного цикла.

**Вопрос** В каких случаях нецелесообразно использовать измерительные трансформаторы напряжения (ТН) НТМИ и чем их можно заменить?

**Ответ** Дело в том, что опыт эксплуатации трансформаторов НТМИ, используемых для подключения к ним общей сигнализации от замыканий на землю в сетях с изолированной нейтралью, показывает их частую повреждаемость. Основной причиной этого являются феррорезонансные явления, благодаря которым через обмотки высокого напряжения трансформатора проходят токи, намного превышающие номинальные.

В настоящее время применяются специальные антирезонансные ТН типа НАМИТ-10-2 УХЛ2, предназначенные для измерения напряжения и контроля изоляции в сетях 6 и 10 кВ с любым режимом заземления нейтрали. Это значительно повысило надежность систем электроснабжения.

Работа ТН НАМИТ-10-2 УХЛ2 при любых режимах работы электрической сети не имеет ограничений во времени. В нормальных условиях обеспечивается класс точности 0,5 при симметрично распределенной по фазам нагрузке 200 В·А.

Измерительные ТН типа НАМИТ-10-2 УХЛ2 выпускает Акционерное общество «Самарский трансформатор». Данный трансформатор аналогов в России не имеет.

**Вопрос** Поясните, пожалуйста, каковы отличительные особенности различных СИП, выпускаемых предприятием «Севкабель».

**Ответ** Конструкция низковольтных самонесущих изолированных проводов «Аврора» СИП-1А, СИП-2, СИП-2А – Код ОКП 3553320000, ТУ 16. К71-268-98) отличается тем, что вокруг нулевого несущего троса из алюминиевого сплава или сталеалюминия скручены изолированные фазные жилы, а также, при необходимости, жила уличного освещения.

Материалы изоляции проводов следующие:

**СИП-1А.** Все жилы, в том числе несущий трос, имеют изоляционный покров из термопластичного светостабилизированного полиэтилена.

**СИП-1.** Все жилы, за исключением неизолированного нулевого несущего троса, имеют изоляционный покров из термопластичного светостабилизированного полиэтилена.

**СИП-2А.** Все жилы, в том числе несущий трос, имеют изоляционный покров из сшитого светостабилизированного полиэтилена.

**СИП-2.** Все жилы, за исключением нулевого неизолированного несущего троса, имеют изоляционный покров из сшитого светостабилизированного полиэтилена.

Особенности конструкции самонесущих изолированных проводов без несущего троса типа «Рассвет» на напряжение 0,6/1 кВ (марок СИП-4, СИПн-4, СИПс-4I – Код ОКП 255332, ТУ 3553-015-05755714-2002) состоят в том, что все токопроводящие жилы (фазные и нейтральная) выполнены из алюминия и имеют равное сечение.

Материалы изоляции проводов марок:

**СИП-4.** Все жилы имеют изоляционный покров из термопластичного светостабилизированного полиэтилена.

**СИПн-4.** Все жилы имеют изоляционный покров из светостабилизированной полимерной композиции, не распространяющей горение.

**СИПс-4.** Все жилы имеют изоляционный покров из сшитого светостабилизированного полиэтилена.

Провод с защитной изоляцией для воздушных линий электропередачи марки СИП-3 на напряжение до 20 кВ торговой марки «Заря» (Код ОКП 3552220000, ТУ 16. К71-272-98 до 20 кВ) представляет собой одножильный провод, в котором токопроводящая жила выполнена из алюминиевого сплава или из сталеалюминия и имеет изоляционный покров из сшитого светостабилизированного полиэтилена.

**Вопрос** Расскажите, пожалуйста, о силовых трансформаторах, улучшающих качество электроэнергии, и кто их выпускает.

**Ответ** Минеким электротехническим заводом им. В.И. Козлова разработаны, изготовлены и испытаны трансформаторы с симметрирующим устройством серии ТМГСУ, которые являются самыми экономичными для четырехпроводных сетей 0,38 кВ с однофазной или смешанной нагрузкой.

Основными преимуществами этих трансформаторов являются: отсутствие явления перегрева потоками нулевой последовательности, улучшение работы защиты и повышение безопасности работы электрической сети, улучшение синусоидальности формы кривой напряжения при наличии в сети нелинейных нагрузок (сварочных аппаратов, люминесцентных ламп и др.), снижение шума трансформаторов при неравномерной нагрузке по фазам, симметрирование системы фазных напряжений в самих трансформаторах и в сети. Трансформаторы типа ТМГСУ (схема и группа соединения обмоток У (Ун-О) – герметичного исполнения, без маслорасширителя, выпускаются мощностью 25... 250 кВ·А.



## НОВЫЕ ЦИФРОВЫЕ МЕГАОММЕТРЫ М6, М6-1, М6-2, М6-3, М6-4, М6-ЖТ

В ОАО АНИИТТ «Рекорд» по заказу ОРГРЭС были разработаны и с 1999 года серийно выпускаются цифровые мегаомметры – приборы для измерения сопротивления и коэффициента абсорбции изоляции электрооборудования, не находящегося под рабочим напряжением при проведении монтажных, наладочных, эксплуатационных, ремонтных работ и наличии влияния со стороны действующего оборудования. Первоначально предприятием ОАО АНИИТТ «Рекорд» выпускались цифровые мегаомметры М1, М2 и М1-ЖТ. Высококвалифицированными инженерами института телевизионной техники «Рекорд» проводится постоянная работа по совершенствованию схемы и конструкции мегаомметров, расширению их функциональных возможностей, повышению качества (предприятие работает по системе качества ISO 9000-2001) и надежности. Начиная с 2003 года были разработаны и серийно выпускались более совершенные модели М3, М3-1, М4. В этих моделях были учтены пожелания потребителей документировать результаты измерений в энергонезависимой памяти прибора с передачей записанной информации на персональный компьютер в виде протокола измерений.

С января 2006 года предприятием начат серийный выпуск новейших цифровых мегаомметров серии М6 (М6, М6-1, М6-2, М6-3, М6-4, М6-ЖТ). По сравнению с мегаомметрами М3, М3-1, М4 и М1-ЖТ у мегаомметров серии М6 значительно уменьшены массогабаритные характеристики.

### Особенности цифровых мегаомметров М6, М6-1, М6-2, М6-3, М6-4, М6-ЖТ.

- ◆ Мегаомметры М6, М6-2, М6-4, М6-ЖТ имеют испытательные напряжения 1000 и 2500 В., а мегаомметры М6-1 и М6-3 500 и 1000 В.
- ◆ Питание мегаомметров М6, М6-1, М6-2, М6-3, М6-ЖТ осуществляется от встроенной аккумуляторной батареи 12В., а М6-4 от сети 220В.+ 10% частотой 50 – 60 Гц.
- ◆ Рабочий диапазон температур М6, М6-1, М6-4, М6-ЖТ от –10 до +40 °С, М6-2, М6-3 от –40 до +50 °С.
- ◆ Пределы измерения сопротивления для М6, М6-1, М6-2, М6-3, М6-ЖТ – от 10кОм до 200 гОм, для М6-4 – от 50 кОм до 200 гОм.
- ◆ Возможность измерения по прямой и перевернутой схеме включения существенно расширяет область применения приборов, допускает использование мегаомметров для измерений как заземленного, так и изолированного электрооборудования.
- ◆ Измерения по 2-х и 3-х зажимной схемам включения.
- ◆ Контроль цепей вторичной коммутации, изоляции обмоток генераторов без разборки системы водяного охлаждения, контроль изоляции кабелей (М6-4).
- ◆ Автоматический выбор пределов измерений.
- ◆ Буквенно-цифровая индикация результатов измерения на жидкокристаллическом (люминесцентном в М6-2 и М6-3) дисплее.





- ◆ Защита от остаточного или наведенного напряжения.
- ◆ Звуковая и визуальная индикация наличия напряжения в измеряемой цепи.
- ◆ Индикация перегрузки по экраным цепям.
- ◆ Защищены от токов влияния, внешних магнитных и электрических полей.
- ◆ Защита от пробоя изоляции и короткого замыкания в измеряемой цепи.
- ◆ Внутренняя энергонезависимая память приборов позволяет автоматически записывать до 450 значений сопротивлений через каждые 5 секунд, начиная с 15 секунды, что позволяет следить за динамикой изменений сопротивления в процессе контроля. Измерения записываются до 60 секунды, после чего автоматически записывается значение коэффициента абсорбции, характеризующего степень ухудшения изоляционных характеристик, что позволяет использовать цифровые мегаомметры серии М6 в качестве диагностических: предотвратить потери электроэнергии за счет ухудшения изоляции, получить данные, характерные для определенных видов дефектов изоляционных конструкций. Одновременно в память записываются: порядковый номер измерения; его дата; время; подавае-

мое на объект напряжение. Связь с компьютером осуществляется при помощи интерфейса RS-232 и программного обеспечения, совместимого с Windows 98, Windows ME, Windows 2000, Windows XP.

- ◆ Достаточная мощность источников высокого напряжения мегаомметров (М6, М6-1, М6-2, М6-3, М1-ЖТ – 3 Вт; М6-4 – 15 Вт) позволяет обеспечить на объекте измерения стабильное высокое напряжение практически во всем диапазоне измеряемых сопротивлений. Это исключает возможность искажения результатов измерений за счет протекания зарядных токов емкости объекта, появляющихся при изменении высокого напряжения.

Применение новых цифровых мегаомметров серии М6 позволяет поставить контроль изоляции электрооборудования на качественно новую ступень – обеспечить качественную диагностику и соответствующую профилактику оборудования.

Мегаомметры занесены в Государственный Реестр средств измерений, имеют декларацию о соответствии и сертификат об утверждении типа средств измерений военного назначения.

ОАО АНИИТТ «Рекорд» 601650 Владимирская обл., г. Александров ул. Ленина д.13 т.(49244) 9-37-12, 2-12-52. ф.(49244) 2-12-52.

E-mail: aniitt@yandex.ru <http://www.aniitt.ru>

Новый корпус полностью соответствует между-народным стандартам.

- ◆ Компактные размеры корпуса (ширина 89 мм) позволяют устанавливать электросчетчик в малогабаритные щитки.
- ◆ Новая клеммная колодка выпускается в двух исполнениях: с цельнометаллическими и наборными токоотводами.

<http://www.energomera.ru/>

#### НОВОЕ СЕМЕЙСТВО ДИЗЕЛЬГЕНЕРАТОРОВ ОТ CATERPILLAR

Caterpillar Inc представляет новое семейство работающих на дизтопливе генераторов в диапазоне от 2 до 4 МВт. Семейство создано на основе нового двигателя Cat C175 — первой машины, развивающей до 4 МВт и скомпонованной в едином быстродействующем блоке. Новое семейство дизельгенераторов разработано для использования там, где необходимо наличие резерва, высокое качество исполнения и работы, непрерывность работы и управление нагрузками. Речь идет о большом количестве сфер применения (объекты здравоохранения, коммерческие и административные здания, сфера коммунального обслуживания, центры сбора и обработки данных, объекты энергетики и различных отраслей промышленности). Кроме того, эти машины предполагаются использовать для совершенствования решений в области логистики и коммуникаций. Представляя собой результат последних разработок в архитектуре энергетических машин, это новое семейство обеспечивает превосходную работу, надежность и долговечность. Кроме того, генераторы C175 обеспечивают соответствие концентрации и объема выбросов нормируемым пределам без ущерба для энергетической плотности или экономии топлива. Технологической основой семейства является стандартный технологический блок ACERT, включающий пневматическую и топливную системы, средства управления и контроля, а также всю электронную часть. Генератор SR5, доступный для низких, средних и высоких напряжений, разработан специально для платформы двигателя C175. Система изоляции генератора отвечает требованиям, предъявляемым к системам изоляции класса H, что предусматривает перехлест обмотки на 2/3 ширины ленты. Кроме того, включает цифровой регулятор напряжения от Caterpillar, контроллер VAR/Power Factor на основе микропроцессора и прямую трехфазную сенсорную. Генератор SR5 работает на основе, как традиционного постоянного магнитного возбуждения, так и нового вида возбуждения — внутреннего. Работа в последнем режиме обеспечивает выдерживание обмотками ге-





## ЦЕНТР ПОДГОТОВКИ И ПЕРЕПОДГОТОВКИ КАФЕДРЫ «ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ПРОМПРЕДПРИЯТИЙ» МЭИ (ТУ)

Кафедра электроснабжения промышленных предприятий (ЭПП, первоначально – кафедра внутривозовского электроснабжения) была создана в 1966 году профессором А.А. Федоровым. К работе были привлечены молодые энергичные преподаватели, силами которых за несколько лет была создана методическая и лабораторная база. В 1969 году кафедра переехала в специально построенное помещение, совмещенное с центральной распределительной подстанцией. В том же году состоялся первый выпуск инженеров.

А.А.Федоров создал научную школу, занимающуюся проблемами оптимизации систем электроснабжения промышленных предприятий. Его последователи работают в России, странах СНГ и в дальнем зарубежье.

С момента своего основания кафедра ЭПП активно участвует в решении проблем оптимизации систем электроснабжения (СЭС) промышленных предприятий, разрабатывая научно-обоснованные методы выбора оптимальной структуры номинальных напряжений при минимальном числе трансформаций электрической энергии. Результатом этих работ было внедрение в шкалу стандартных номинальных напряжений напряжения 20кВ, что явилось важнейшим шагом на пути построения рациональных СЭС.

В настоящее время научные исследования на кафедре проводятся по следующим направлениям:

- ⇨ автоматизация расчетно-экспериментальных исследований переходных процессов в системах электроснабжения промышленных предприятий;
- ⇨ определение и прогнозирование параметров электропотребления для существующих и вновь строящихся предприятий с оптимизацией состава установленного и ремонтируемого электрооборудования;
- ⇨ оценка электромагнитной совместимости мощных преобразовательных устройств с системой электроснабжения промышленных предприятий;
- ⇨ проектирование электроснабжения потребителей промышленных предприятий от автономных источников питания;
- ⇨ энергоаудит промышленных предприятий и электрических сетей.

Традиционно ведется большая научно-исследовательская работа, подготовлено более 100 докторов и кандидатов наук.

Почти за 40-летнюю историю существования кафедрой ЭПП подготовлено 8 изданий учебников и более 70 учебных пособий и научных монографий, используемых во многих вузах страны. Выпускники кафедры (более 1000 инженеров-электриков) – разносторонне подготовленные специалисты в области проектирования систем электроснабжения и автоматизации управления ими, монтажа и эксплуа-

тации электрооборудования, управления электрическим хозяйством и энергосбережения. Многие из них стали руководителями производств, научно-исследовательских и проектных организаций.

Кафедра ЭПП сотрудничает с многочисленными кафедрами соответствующего профиля в России и странах СНГ, а также с промышленными предприятиями, проектными и эксплуатационными организациями: ОАО «Электропроект», ОАО «Гипротрубопровод», АК «Азот» (г.Новомосковск), ЗАО «Межрегиональное агентство рынка электроэнергии и мощности» («МАРЭМ+»), ЗАО «ФосАгро АГ» и др. Кафедра поддерживает научно-техническое сотрудничество с Институтом электромашинных систем Вроцлавского политехнического института (Польша), Техническим университетом Ильменау (Германия).

На протяжении многих лет преподаватели кафедры работали в Алжире, Египте, Камбодже, Афганистане, Монголии.

В 2005 году в Московском энергетическом институте (техническом университете) начал работать Центр подготовки и переподготовки кафедры «Электроснабжение промышленных предприятий», который осуществляет повышение квалификации и переподготовку специалистов по электрооборудованию и электроснабжению предприятий, организаций и учреждений.

Деятельность ЦПП ЭПП осуществляется в соответствии с Положением об образовательном учреждении дополнительного профессионального образования (повышения квалификации) специалистов, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 26 июня 1995г. №610 с учетом внесенных в него изменений и дополнений (постановления Правительства Российской Федерации от 10 марта 2000 г. №213 и от 31 марта 2003 г. №175) и Постановлением Госкомвуза РФ от 27 декабря 1995 г. №13 об утверждении форм документов государственного образца о повышении квалификации и профессиональной переподготовке специалистов и требований к документам.

Учебные планы и программы обучения утверждены в соответствии с Приказом Минобразования РФ от 18 июня 1997 г. №221 и в установленном в МЭИ (ТУ) порядке повышения квалификации и профессиональной переподготовки специалистов, а также дополнительного образования студентов.

Постоянное усложнение и качественное обновление электрического хозяйства промышленных и непромышленных объектов требует новых подходов к электроснабжению и использованию и использованию электроэнергии. В ходе обучения большое внимание уделяется современному электрическому и энергосиловому оборудованию, измерительной технике, релейной защите и автоматизации систем электроснабжения.

На основе глубокой теоретической проработки базовых вопросов определяются пути повышения эффективности систем электроснабжения, как при их проектировании, так и при эксплуатации. Изучаются практические приемы органи-

зации рационального использования электроэнергии, проведения энергетического аудита, выбора энергосберегающих мероприятий, создания систем автономного электроснабжения. Рассматриваются также вопросы тарифной политики и взаимоотношений между потребителями электроэнергии и субъектами электроэнергетики, изучается постоянно обновляющаяся нормативно-правовая база в этой области.

ЦПП ЭПП осуществляет повышение квалификации и профессиональную переподготовку специалистов и других категорий слушателей по утвержденным в установленном порядке учебным планам и программам, а также обучение студентов МЭИ и других вузов по программам дополнительного профессионального образования. ЦПП разрабатывает учебные планы обучения и программы учебных дисциплин, методики обучения, учебно-методические пособия, электронные образовательные ресурсы и иллюстративно-графические материалы, необходимые для проведения учебных занятий,

ЦПП ЭПП осуществляет информационно-консультационную деятельность в интересах предприятий, организаций, учреждений и отдельных граждан.

ЦПП проводит обучение слушателей и выполняет другие виды работ в областях:

- ⇨ электрооборудование предприятий, организаций и учреждений;
- ⇨ электроснабжение и электрохозяйство предприятий организаций и учреждений;
- ⇨ измерения в электроснабжении;
- ⇨ экология энергетики;
- ⇨ энергосиловое оборудование;
- ⇨ релейная защита и автоматика;
- ⇨ экспертиза проектов;
- ⇨ энергосбережение и энергосберегающие технологии.

ЦПП ЭПП проводит следующие виды обучения слушателей:

- ⇨ экспресс курсы – от 6 до 72 часов с выдачей удостоверения МЭИ(ТУ) о краткосрочном повышении квалификации;
- ⇨ краткосрочное повышение квалификации – от 72 часов с выдачей удостоверения государственного образца;
- ⇨ повышение квалификации – от 100 до 500 часов с выдачей свидетельства государственного образца;

Профессиональная переподготовка – свыше 500 часов с выдачей диплома государственного образца о профессиональной переподготовке (с отрывом и без отрыва от производства, т.е. по вечерней или очно-заочной форме, в течение 10-12 месяцев).

В Центре подготовки и переподготовки работают ведущие профессора и доценты кафедры «Электроснабжение промышленных предприятий», других кафедр Московского энергетического института, для чтения лекций приглашаются также сотрудники проектных институтов, фирм-производителей нового оборудования, энергоаудиторских компаний.

Каменских А.С.

## ДЕЙСТВИЯ ОПЕРАТОРА КОТЕЛЬНОЙ В НЕШТАТНЫХ СИТУАЦИЯХ

### Заклинивание предохранительного клапана в открытом положении после срабатывания

Возможная причина: механические повреждения клапана

Действия оператора:

- 1 Попытаться вручную посадить клапан на место
- 2 Если не удаётся, питание котла перевести на ручное регулирование
- 3 Увеличить расход питательной воды, строго контролируя уровень, чтобы не допустить перепитки котла
- 4 При успокоении уровня в барабане и невозможности посадки предохранительного клапана вручную, доложить руководителю котельной и приступить к плановой остановке котла

### Разрыв стекла или водомерной колонки

Возможные причины: неправильные действия персонала при продувке водоуказательной колонки (ВУС - водоуказательного стекла), повреждение стекла из-за его старения

Действия оператора:

- 1 Отключить повреждённую водоуказательную колонку
- 2 Прекратить операции по изменению нагрузки, отключив автоматику котла
- 3 Усилить контроль за уровнем воды по сниженному и оставшемуся в работе указателю уровня прямого действия;
- 4 Если проводилась продувка котла, прекратить её.

### Действия оператора при снижении уровня воды в барабане ниже нижнего допустимого

Если уровень воды снизился ниже нижнего допустимого, но ещё определяется по водоуказательному стеклу, котёл можно подпитать, открыв задвижку на обводной (байпасной) линии вокруг регулирующего клапана. В противном случае, котёл должен быть немедленно отключён (остановлен) действием защит или персоналом. Поэтому, если в данной ситуации не сработала автоматика безопасности, оператор осуществляет аварийную остановку котла. Для этого необходимо немедленно прекратить подачу топлива и сопутствующих компонентов (воздуха, пара) и резко ослабить тягу.

Отключить котёл от главного паропровода и при необходимости выпустить пар через приподнятые предохранительные клапана.

### УПУСК ВОДЫ. Возможные причины:

- ▶ неисправность или отключение автоматики питания
- ▶ неисправность водоуказательных приборов
- ▶ остановка или неисправность питательных насосов
- ▶ отсутствие воды в аккумуляторном баке деаэрата
- ▶ разрыв питательного трубопровода, экранных или кипящих труб
- ▶ неправильные действия персонала при продувке котла
- ▶ большой пропуск продувочной или спускной арматуры





Действия оператора:

- ❶ Прекратить подачу топлива
- ❷ Прекратить вентиляцию топки путём остановки дымососа и вентилятора
- ❸ Если производилась продувка, - прекратить её
- ❹ Прекратить питание котла, закрыв вентиль на питательной линии
- ❺ Закрывать парозапорную арматуру котла.

Категорически запрещается подпитка котла. Заполнение котла водой с целью определения возможных повреждений при упуске воды можно производить только по распоряжению начальника котельной и охлаждения барабана котла до температуры окружающего воздуха.

### Вскипание котловой воды

Сопровождается резким колебанием уровня воды в водоуказательных стёклах, гидроударами в котле

Возможные причины:

- ♣ резкое увеличение расхода пара и уменьшение давления в барабане
- ♣ повышение солесодержания или щёлочности котловой воды
- ♣ подача в котёл химических реагентов в большом количестве

Действия оператора:

- ❶ Прекратить подачу топлива
- ❷ Отключить котёл от паропровода путём закрытия главной парозапорной арматуры
- ❸ Прекратить питание котла, закрыв вентиль на питательном трубопроводе
- ❹ Остановить дымосос и вентилятор
- ❺ Продуть водоуказательные колонки и определить уровень воды

### Действия оператора при повышении уровня воды парового котла выше допустимого

Если уровень воды превысил допустимый, но ещё определяется по водоуказательному стеклу, воду можно слить через продувочные клапаны, в противном случае, котёл должен быть немедленно отключён (остановлен) действием защит или персоналом. Поэтому, если в данной ситуации не сработала автоматика безопасности, оператор осуществляет аварийную остановку котла. Для этого необходимо немедленно прекратить подачу топлива и сопутствующих компонентов (воздуха, пара) и резко ослабить тягу. Не сгоревшее твёрдое топливо залить водой, соблюдая при этом осторожность, чтобы вода не попала на поверхности нагрева элементов котла. Отключить котёл от главного паропровода и при необходимости выпустить пар через приподнятые предохранительные клапана.

### ПЕРЕПИТКА КОТЛА

Возможные причины:

- ♣ неисправность водоуказательных приборов
- ♣ резкое уменьшение расхода пара
- ♣ отключение или неисправность автоматики питания котла

Действия оператора:

Если уровень воды повысился до установки срабатывания защиты, то необходимо

- ❶ Отключить автоматику питания котла и дистанционно уменьшить расход воды до восстановления среднего уровня
- ❷ Проверить правильность показания водоуказательных приборов и произвести сверку показаний водоуказательных колонок (ВУС прямого действия) и сниженного указателя уровня.

Если несмотря на принятые меры уровень продолжает расти, то необходимо

- ♣ уменьшить питание котла, закрыть запорную арматуру на питательной линии
- ♣ осторожно открыть продувочную линию нижнего барабана и если после продувки уровень снова начинает повышаться, то необходимо
  - ♣ прекратить подачу топлива
  - ♣ отключить котёл от паропровода
  - ♣ закрыть главную парозапорную арматуру
  - ♣ провентилировать топку в течение 10 минут
  - ♣ остановить вентилятор и дымосос
  - ♣ спустить воду до среднего уровня путём открытия запорной арматуры на линии периодической продувки.





# СПРАВОЧНИК «ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НЕТРАДИЦИОННЫХ И ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ»

ПОД РЕДАКЦИЕЙ В.И.ВИСАРИОНОВАМ.: ФИРМА ВИЭН. 2004

Учеными Московского энергетического института (технического университета) совместно со специалистами фирмы «ВИЭН» (г. Москва) были проведены маркетинговые исследования современного рынка российских производителей энергетического оборудования, базирующегося на использовании нетрадиционных и возобновляемых источников энергии, и возможностей его применения для обеспечения надежного и бесперебойного энергоснабжения различного рода потребителей (гражданских и специальных). В результате проделанной работы разработан справочник под редакцией д.т.н., проф. В.И. Виссарионова «Энергетическое оборудование для использования нетрадиционных и возобновляемых источников энергии» (объем 448 с., в цветном исполнении, формат А4, на высококачественной бумаге в твердом переплете).

В справочник включены систематизированные данные по отечественным производителям серийного или массо-

вого энергетического оборудования, базирующегося на использовании НВИЭ, по состоянию на 1 января 2004 г.

В том числе по следующим видам энергоустановок:

- \* ветроэнергетические (17 производителей, 35 типоразмеров ветроустановок мощностью от 0,15 до 1000 кВт);
- \* солнечные (фотоэлектрические и солнечные коллекторы 12 производителей, 104 типа фотоэлектрических модулей и батарей, 32 типа солнечных электростанций);
- \* малые гидроэлектростанции (7 производителей, 133 типоразмера гидроагрегатов мощностью от 0,4 до 11 000 кВт, на расходы от 0,1 до 10 м<sup>3</sup>/с и напоры от 1,2 до 160 м);
- \* биоэнергетические установки (4 производителя, 16 типоразмеров);
- \* геотермальные энергоустановки (1 производитель, 5 типоразмеров агрегатов мощностью от 1700 до 25 000 кВт);

- \* теплонасосные установки (7 производителей, 32 типоразмера);
- \* термоэлектрогенераторы (1 производитель, 5 типоразмеров);
- \* когенераторы (газотурбинные установки комбинированного производства электрической и тепловой энергии; (9 производителей, 39 типоразмеров).

Кроме того, в справочнике приведены также систематизированные данные о наиболее перспективных дизельных и бензиновых электроагрегатах мощностью от 0,5 до 1500 кВт (17 производителей, 270 типоразмеров) и химических аккумуляторах электрической энергии емкостью до 500 А·ч (10 производителей, 165 типоразмеров), которые предназначены для использования в энергетических комплексах различного типа и мощности.

В справочнике следующая последовательность изложения основного материала по каждому виду энергоустановок:

- \* перечень всех производителей энергетического оборудования данного раздела;
- \* обобщенные технико-экономические показатели выпускаемой продукции всеми производителями в каждом разделе справочника;
- \* систематизированные данные о каждом производителе: полное название производителя, его адрес, контактный телефон, факс и адрес электронной почты;
- \* номенклатура выпускаемой продукции, ее внешний вид и технико-экономические показатели и характеристики;
- \* энергетические и экономические показатели выпускаемой продукции;
- \* возможные области и направления применения выпускаемой продукции.

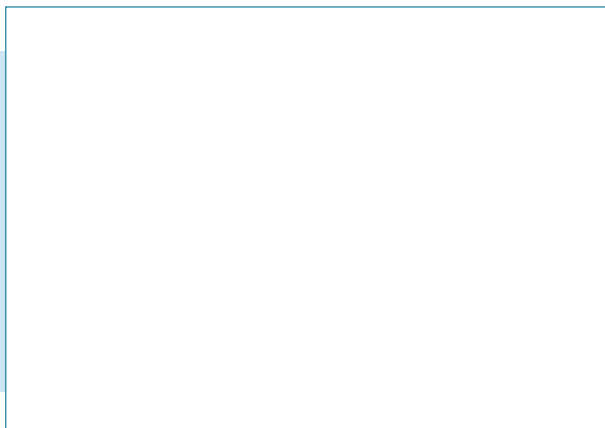
## Справочник предназначен:

- \* для менеджеров, инженеров и научно-технических работников различных организаций и ведомств, связанных с проектированием, строительством и эксплуатацией энергетических комплексов, использующих экологически чистые НВИЭ (бизнес-планы, технико-экономические обоснования проектов, технико-экономические доклады и т.д.), с целью реализации схем надежного энергоснабжения централизованных и изолированных потребителей различного назначения;
- \* для руководящих работников различного уровня (региональных, областных, районных и местных органов власти) с целью их ознакомления с современным уровнем развития отечественных энергетических установок, использующих экологически чистые НВИЭ, и оценки перспектив их использования для снижения вредного воздействия энергетики на окружающую среду, уменьшения расхода дефицитного органического топлива и повышения социального уровня жизни населения;
- \* для профессорско-преподавательского состава, аспирантов и студентов вузов, специализирующихся на решении проблем комплексного использования НВИЭ, снижения вредного воздействия объектов энергетики на окружающую среду, повышения социального уровня жизни населения, включая удаленных, труднодоступных и сельскохозяйственных потребителей (энергетические, строительные, сельскохозяйственные, лесотехнические и экологические специальности гражданского и специального назначения, а также естественно-научные специальности, связанные с изучением возобновляемых процессов и ресурсов).

**ТЕЛ.: (495) 362-72-51**

**ТЕЛ./ФАКС (495) 362-75-74**

**E-MAIL: DERUGINA63@MAIL.RU, NVIE@FEE.MPEI.AC.RU**



УДК 621.314.224.089.6:006.354

ГОСТ 8.217-2003

T88.8

**МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ**  
Государственная система обеспечения единства измерений  
**ТРАНСФОРМАТОРЫ ТОКА**

Методика поверки

State system for ensuring the uniformity of measurements.  
Current transformers. Verification procedure

МКС 17.020

Дата введения 2004—04—01

Предисловие

1 РАЗРАБОТАН Федеральным государственным унитарным предприятием «Уральский научно-исследовательский институт метрологии» (ФГУП «УНИИМ»)

ВНЕСЕН Госстандартом России

2 ПРИНЯТ Межгосударственным советом по стандартизации, метрологии и сертификации (протокол №23 от 22 мая 2003 г.)

За принятие проголосовали:

3 Постановлением Государственного комитета Российской Федерации по стандартизации и метрологии от 26 сентября 2003 г. № 268-ст межгосударственный стандарт ГОСТ 8.217—2003 введен в действие непосредственно в качестве государственного стандарта Российской Федерации с 1 апреля 2004 г.

4 ВЗАМЕН ГОСТ 8.217-87

**1 Область применения**

Настоящий стандарт распространяется на трансформаторы тока по ГОСТ 7746, измерительные лабораторные

| Наименование государства | Наименование национального органа по стандартизации |
|--------------------------|---|
| Азербайджан              | Азстандарт  |
| Республика Армения       | Армгосстандарт                                      |
| Республика Беларусь      | Госстандарт Республики Беларусь                     |
| Грузия                   | Грузстандарт  |
| Республика Казахстан     | Госстандарт Республики Казахстан                    |
| Кыргызская Республика    | Кыргызстандарт                                      |
| Республика Молдова       | Молдовастандарт                                     |
| Российская Федерация     | Госстандарт России                                  |
| Республика Таджикистан   | Таджикстандарт                                      |
| Туркменистан             | Главгосслужба «Туркменстандартлары»                 |
| Республика Узбекистан    | Узгосстандарт                                       |

трансформаторы тока по ГОСТ 23624 (далее – трансформаторы тока) и устанавливает методику их поверки.

Допускается поверять трансформаторы тока, метрологические характеристики которых не хуже указанных в ГОСТ 7746 и ГОСТ 23624.

## 2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы ссылки на следующие стандарты:

**ГОСТ 8.550—86** Государственная система обеспечения единства измерений. Государственный специальный эталон и государственная поверочная схема для средств измерений коэффициента и угла масштабного преобразования синусоидального тока

**ГОСТ 12.2.007.0—75** Система стандартов безопасности труда. Изделия электротехнические. Общие требования безопасности

**ГОСТ 12.3.019—80** Система стандартов безопасности труда. Испытания и измерения электрические. Общие требования безопасности

**ГОСТ 7746—2001** Трансформаторы тока. Общие технические условия

**ГОСТ 8711—93 (МЭК 51-2—84)** Приборы аналоговые показывающие электроизмерительные прямого действия и вспомогательные части к ним. Часть 2. Особые требования к амперметрам и вольтметрам

**ГОСТ 13109—97** Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения

**ГОСТ 18685—73** Трансформаторы тока и напряжения. Термины и определения

**ГОСТ 19880—74\*** Электротехника. Основные понятия. Термины и определения

**ГОСТ 21130—75** Изделия электротехнические. Зажимы заземляющие и знаки заземления. Конструкция и размеры

**ГОСТ 23624—2001** Трансформаторы тока измерительные лабораторные. Общие технические условия

## 3 Определения

В настоящем стандарте применены термины с соответствующими определениями по ГОСТ 18685, ГОСТ 19880 и [1].

## 4 Операции поверки

4.1 При проведении всех видов поверки выполняют следующие операции:

- внешний осмотр — по 9.1;
- проверка сопротивления изоляции — по 9.2;
- размагничивание — по 9.3;
- проверка правильности обозначения контактных зажимов и выводов — по 9.4;
- определение погрешностей по — 9.5.

4.2 В случае получения отрицательного результата при выполнении любой операции по 9.1—9.5 поверку прекращают и оформляют ее результаты в соответствии с 10.2.

## 5 Средства поверки

5.1 Средства поверки, применяемые при проведении поверки, — по таблице 1.

Таблица 1

| Наименование средства поверки и его основные характеристики   | Номер пункта настоящего стандарта |
|---|-----------------------------------|
| Мегомметр с характеристиками по ГОСТ 7746 или ГОСТ 23624  | 9.2                               |
| Понижающий силовой трансформатор с регулирующим устройством, обеспечивающим диапазон регулирования от 1 % до 120 % номинального тока поверяемого трансформатора тока и установку этого тока с погрешностью, не выходящей за пределы $\pm 10\%$ ; трансформатор тока класса точности не ниже 5 по ГОСТ 7746; амперметр класса точности не ниже 5 по ГОСТ 8711; вольтметр амплитудных значений класса точности 10 по ГОСТ 8711; нагрузочный резистор (значение сопротивления указано в 9.3.3) | 9.3                               |
| Понижающий силовой трансформатор по 9.3; рабочие эталоны — трансформаторы (компараторы) тока 1-го и 2-го разрядов по ГОСТ 8.550; прибор сравнения токов с допускаемой погрешностью по току в пределах от $\pm 0,03\%$ до $\pm 0,001\%$ и по фазовому углу от $\pm 3,0'$ до $\pm 0,1'$ ; нагрузочное устройство поверяемого трансформатора тока (вторичная нагрузка) с погрешностью сопротивления нагрузки при $\cos \varphi = 0,8$ , не выходящей за пределы $\pm 4\%$                      | 9.4                               |
| Средства поверки по 9.4   | 9.5                               |

5.2 Соотношение погрешностей поверяемых трансформаторов тока и рабочих эталонов — по ГОСТ 8.550.

5.3 Допускается применение других средств поверки с метрологическими и основными техническими характеристиками не хуже приведенных в таблице 1.

5.4 При отсутствии нагрузочного устройства (приложение Б) допускается применение действительной нагрузки (или ее эквивалента), с которой работает трансформатор тока и сопротивление которой определено с погрешностью, не выходящей за пределы  $\pm 4\%$ . Нагрузка должна удовлетворять требованиям ГОСТ 7746 или ГОСТ 23624.

## 6 Требования к квалификации поверителей

К поверке трансформаторов тока допускаются лица, аттестованные на право поверки средств измерений электрических величин, прошедшие обучение для работы с трансформаторами тока и инструктаж по технике безопасности, имеющие удостоверение на право работы на электроустановках напряжением до 1000 В и группу по электробезопасности не ниже III.

## 7 Требования безопасности

7.1 При проведении поверки соблюдают требования ГОСТ 12.2.007.0, ГОСТ 12.3.019 и [2]–[4]. Следует также соблюдать требования безопасности, указанные в эксплуатационной документации на средства поверки.

7.2 Перед любыми переключениями в цепях схем поверки (рисунки 2–4) следует убедиться, что питание установки отключено и ток в первичной цепи поверяемого трансформатора отсутствует. Отключение питания проводят при помощи коммутационного устройства, расположенного до регулятора напряжения или непосредственно после него.

7.3 При определении погрешностей одной из обмоток трансформаторов тока, имеющих две и более вторичных обмотки, каждая из которых размещена на отдельном магнитопроводе, другие вторичные обмотки должны быть замкнуты на нагрузку, не превышающую номинального значения, или накоротко.

\* На территории Российской Федерации действует ГОСТ Р 52002—2003.



нератора 300%-ного короткого замыкания и заменяет самовозбуждение как дешевая альтернатива использованию постоянного магнита с эквивалентной работой. Другие особенности генератора SR5 включают вышеупомянутые 2/3 и защиту IP23 от попадания инородных частиц. Пакет средств управления С175 включает стандартный электронный модульный пульт управления (Electronic Modular Control Panel, EMCP). Эта система управления обеспечивает расширенный контроль и управление, обеспечивая гибкость и поддержку специфических конфигураций. EMCP комбинирует средства контроля работы двигателя и генератора и контроль в единой цифровой панели, обеспечивая быстроклавишный доступ к средствам управления двигателя и генератора, диагностики и операционной информации. Связь с EMCP осуществляется по общему сетевому пакету J1939. Возможна и связь в соответствии с modbus-протоколом. Возможно использование в С175 двух типов радиаторных пакетов — горизонтального удаленного и вертикального. Оба — трубчато-обтекаемые с механическим соединением трубы и водяного коллектора, что увеличивает надежность и долговечность пакета. Двухскоростной контроль потока оптимизирует паразитические нагрузки и шум.

<http://www.nestor.minsk.by/>

**ВСЕ — ДЛЯ ПРОКЛАДКИ КАБЕЛЯ**

Недавно фабрика начала производство двустенных гибких электроустановочных и дренажных труб разного диаметра. Внутренняя поверхность трубы — гладкая, что позволяет без помех и механических повреждений протягивать кабель. Внешняя поверхность — гофрированная, за счет чего достигается гибкость трубы, монтаж становится проще и экономичнее. Вторая новинка ДКС — металлические проволочные лотки, предназначенные для прокладки кабеля в производственных помещениях. Их преимущество — простое и быстрое разветвление кабеля, естественная вентиляция, что препятствует перегреву, накоплению пыли и грязи. Фабрика «ДКС» — единственное в России предприятие, выпускающее полный ассортимент кабеленесущих систем, предназначенных для установки кабельно-проводниковой продукции. На ее долю приходится около 30% российского рынка. В ассортименте компании — более 5000 наименований продукции, предназначенной для прокладки кабельных систем внутри и снаружи зданий, а также используемой в автомобильной промышленности.

<http://www.dkc.ru>



**8 Условия поверки и подготовка к ней**

8.1 При проведении поверки соблюдают следующие условия:  
 температура окружающей среды — от 15 °С до 35 °С;  
 атмосферное давление — от 85 до 105 кПа;  
 относительная влажность воздуха — от 30 % до 80 %;  
 параметры сети электропитания — по ГОСТ 13109;  
 отклонение частоты источника питающего напряжения при поверке трансформаторов тока номинальной частотой свыше 50 Гц или номинальным током более 10 кА — по технической документации на трансформаторы конкретных типов, но не более ±5 % от номинальной частоты.

8.2 Перед проведением поверки трансформатор выдерживают на месте поверки не менее двух часов.

8.3 Средства поверки готовят к работе согласно указаниям, приведенным в эксплуатационной документации на них.

8.4 Трансформатор предъявляют на поверку со свидетельством о предыдущей поверке, если оно выдавалось.

Примечание – В обоснованных случаях атмосферные условия при поверке могут быть отличными от указанных в 8.1, если при этом не нарушены условия применения используемой аппаратуры и требования безопасности.

**9 Проведение поверки**

**9.1 Внешний осмотр**

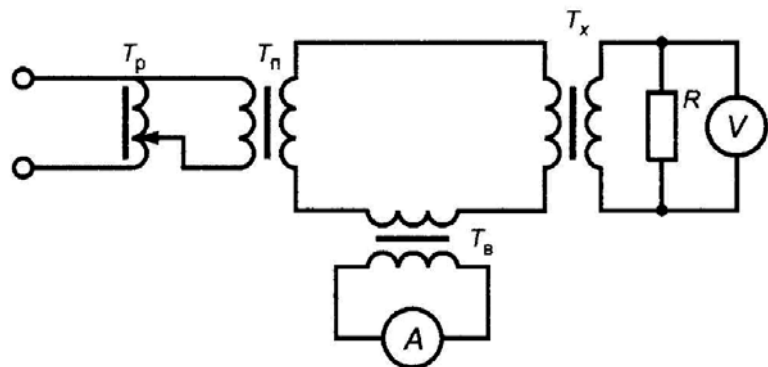
При внешнем осмотре трансформаторов тока следуют следующим требованиям:

- контактные зажимы или выводы первичной и вторичной обмоток должны быть исправны и снабжены маркировкой;
- отдельные части трансформаторов тока должны быть прочно закреплены;
- болт для заземления, если он предусмотрен конструкцией, должен иметь обозначение в соответствии с требованиями ГОСТ 21130;
- корпус трансформатора не должен иметь дефектов, приводящих к утечке заполняющей его жидкой или газовой изоляционной среды;
- короткозамыкатель, если он предусмотрен конструкцией, должен быть исправен;
- на табличке трансформатора должны быть четко указаны его паспортные данные.

Если при внешнем осмотре обнаружены дефекты по приведенному перечню, то трансформатор к дальнейшим операциям поверки не допускается.

**9.2 Проверка сопротивления изоляции**

Сопротивление изоляции обмоток у трансформаторов тока, предназначенных для эксплуатации в цепях с на-



**Рисунок 1 — Пример схемы размагничивания трансформатора тока. р — регулирующее устройство (автотрансформатор); Тп — понижающий силовой трансформатор; Тх — поверяемый трансформатор тока; Тв — вспомогательный трансформатор тока; R — резистор**



пряжением более 30 В, проверяют для каждой обмотки между соединенными вместе контактными выводами обмоток и корпусом при помощи мегомметра на 1000 В — для вторичных и промежуточных обмоток трансформаторов тока всех классов напряжения, а также для первичных обмоток трансформаторов тока на класс напряжения менее 1 кВ и мегомметра на 2500 В — для первичных обмоток трансформаторов тока классов напряжения 1 кВ и выше.

Значения сопротивления изоляции должны быть не менее значений, указанных в ГОСТ 7746 и ГОСТ 23624.

### 9.3 Размагничивание

9.3.1 Схема размагничивания приведена на рисунке 1. Размагничивание проводят на переменном токе при частоте 50 Гц. Трансформаторы с номинальной частотой свыше 50 Гц допускается размагничивать при номинальной частоте.

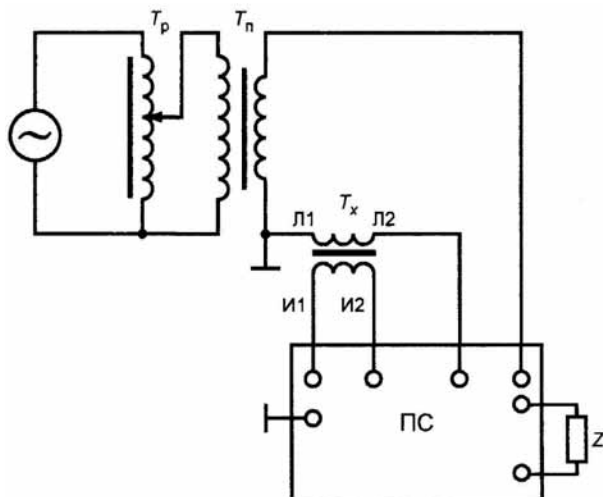
9.3.2 У трансформаторов тока с несколькими вторичными обмотками, каждая из которых размещена на отдельном магнитопроводе, размагничивают каждый магнитопровод. Допускается размагничивание различных магнитопроводов выполнять одновременно.

9.3.3 Трансформаторы тока размагничивают одним из указанных ниже способов.

*Первый способ.* Вторичную обмотку замыкают на резистор мощностью не менее 250 Вт и сопротивлением R, Ом, рассчитываемым (с отклонением в пределах  $\pm 10\%$ ) по формуле

$$R = 250 / I_{\text{ном}}^2, \quad (1)$$

где  $I_{\text{ном}}$  — номинальный вторичный ток поверяемого трансформатора тока, А



**Рисунок 2** — Схема проверки с использованием компаратора первичного и вторичного токов. ~ — сеть (генератор); Тр — регулирующее устройство (автотрансформатор); Тп — понижающий силовой трансформатор; Тх — поверяемый трансформатор тока; Л1, Л2 — контактные зажимы первичной обмотки, И1, И2 — контактные зажимы

Если поверяемый трансформатор тока имеет несколько вторичных обмоток, каждая из которых расположена на своем магнитопроводе, то обмотки, расположенные на остальных магнитопроводах, замыкают накоротко.

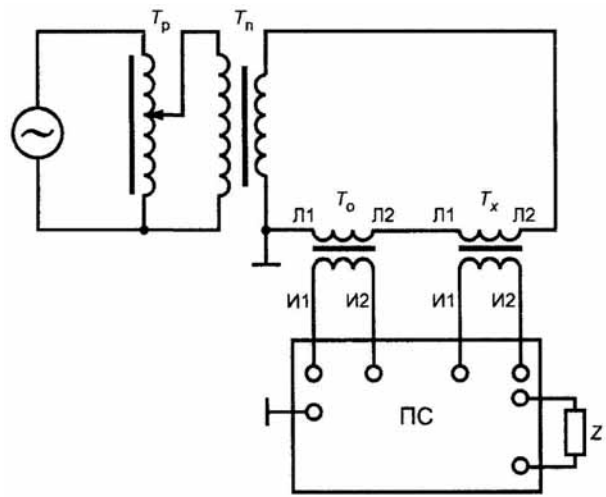
Через первичную обмотку пропускают номинальный ток, затем плавно (в течение одной-двух минут) уменьшают его до значения, не превышающего 2 % от номинального;

*Второй способ.* Через первичную обмотку трансформатора тока при разомкнутой вторичной обмотке пропускают ток, равный 10 % от номинального значения первичного тока, затем плавно снижают его до значения, не превышающего 0,2 % от номинального;

*Третий способ.* Через вторичную обмотку трансформатора тока при разомкнутой первичной обмотке пропускают ток, равный 10 % от номинального значения вторичного тока, затем плавно снижают его до значения, не превышающего 0,2 % от номинального.

9.3.4 Если при токе в первичной обмотке, составляющем 10 % от номинального значения, амплитудное напряжение на вторичной обмотке превышает 75 % от напряжения, указанного в ГОСТ 7746 или ГОСТ 23624 при испытании межвитковой изоляции, то размагничивание начинают при меньшем значении тока, при котором напряжение, индуктируемое (9.3.3, второй способ) или прикладываемое к вторичной обмотке (9.3.3, третий способ), не превышает указанного.

Примечание — При проверке трансформаторов тока на предприятии-изготовителе (при выпуске из производства) или при ремонте допускается совмещать размагничивание с испытанием межвитковой изоляции или измерением тока намагничивания.



**Рисунок 3** — Схема проверки с использованием рабочего эталона и прибора сравнения (компаратора вторичных токов). ~ — сеть (генератор); Тр — регулирующее устройство (автотрансформатор); Тп — понижающий силовой трансформатор; То — рабочий эталон; Тх — поверяемый трансформатор тока; Л1, Л2 — контактные зажимы первичной обмотки;



**ООО «ВНИИСТ-ЭНЕРГОТЕХНОЛОГИЯ» РАЗРАБОТАЛ УНИКАЛЬНЫЙ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЬ ДЛЯ НЕФТЕПРОВОДА**

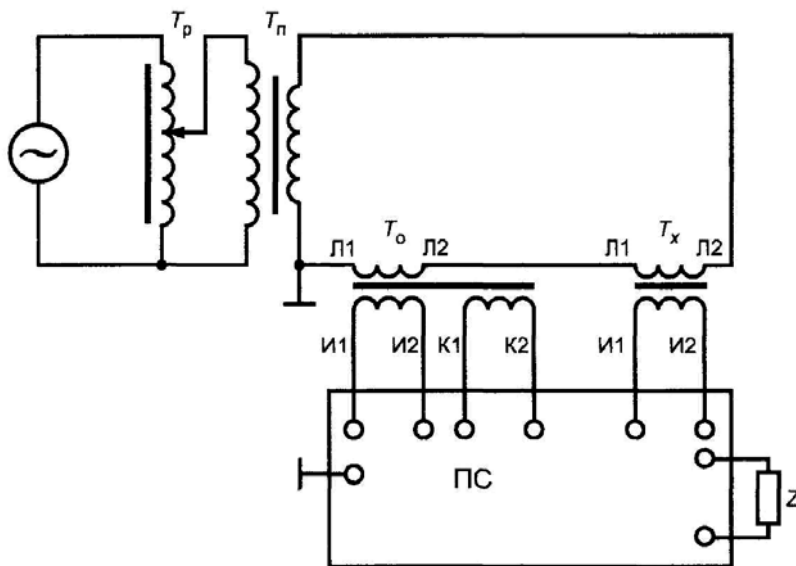
Специалистами ООО «ВНИИСТ-Энерготехнология» разработан проект вентильного электродвигателя нового поколения для использования его в качестве привода магистральных насосов на нефтеперекачивающих станциях.

Вентильные двигатели применялись и ранее — в оборонной промышленности, бытовой технике, однако впервые в мире создается агрегат мощностью 14 МВт. Предполагается, что новая разработка найдет применение при строительстве нефтепровода ВСТО, прежде всего на участке Казачинское — Сковородино, где из-за больших перепадов высот рабочее давление в трубе будет достигать 14 МПа. Для обеспечения этих показателей и понадобятся столь мощные электромшины. Весной 2006 года планируется завершить производство опытного образца.

Система управления вентильным электродвигателем позволяет обеспечивать мощность насоса, которая требуется режимом перекачки без потери КПД (в отличие от традиционных двигателей, постоянно работающих на максимальной мощности). Благодаря этому расчетная экономия электроэнергии составляет около 30 процентов, или примерно \$ 1 млн. в год. Кроме того, меньшие масса и габаритные размеры дают немалую экономию при строительстве новых НПС. При всех преимуществах эти двигатели по стоимости сравнимы с традиционными. С учетом масштабов трубопроводной системы «Транснефти» экономический эффект от широкого внедрения разработки представляется весьма значительным.

В дальнейших планах ООО «ВНИИСТ-Энерготехнология» — создание вентильных двигателей более низких мощностей. В рамках программы «Транснефти» по реконструкции НПС эти двигатели должны прийти на смену традиционным, вырабатывающим свой ресурс.

ИИ «NewsProm.Ru»



**Рисунок 4 — Схема поверки с использованием рабочего эталона, выполненного по схеме двухступенчатого трансформатора тока. ~ — сеть (генератор); Tr — регулирующее устройство (автотрансформатор); Tp — понижающий силовой трансформатор; To — рабочий эталон; Tx — поверяемый трансформатор тока; Л1, Л2 — контактные зажимы первичной обмотки;**

**И1, И2 — контактные зажимы вторичной обмотки; К1, К2 — контактные зажимы дополнительной вторичной обмотки; Z — нагрузка; ПС — прибор сравнения типа КТ-01 И1, И2 — контактные зажимы вторичной обмотки; Z — нагрузка; ПС — прибор сравнения вторичной обмотки; Z — нагрузка; ПС — прибор сравнения типа К-535**

9.4 Проверка правильности обозначения контактных зажимов и выводов

9.4.1 Схемы поверки приведены на рисунках 2—4. Правильность обозначения контактных зажимов и выводов определяют по схеме поверки, выбранной для определения погрешностей по 9.5.

9.4.2 Поверяемый трансформатор тока и рабочий эталон включают в соответствии с маркировкой контактных зажимов по выбранной схеме поверки (см. рисунки 2—4). Затем плавно увеличивают первичный ток до значения, составляющего 5 % — 10 % от номинального. В случае правильной маркировки выводов на приборе сравнения токов можно определить соответствующие значения погрешностей поверяемого трансформатора тока. При неправильном обозначении контактных зажимов и выводов или неисправности поверяемого трансформатора

тока срабатывает защита в приборе сравнения токов. В этом случае трансформатор тока дальнейшей поверке не подлежит и к применению не допускается.

Примечание — Допускается проводить проверку правильности обозначения выводов другими методами (например, метод с использованием гальванометра и источника постоянного напряжения [5]).

**9.5 Определение погрешности**

9.5.1 Токовые и угловые погрешности трансформаторов тока определяют дифференциальным (нулевым) методом в соответствии с рисунками 2—4 при значениях первичного тока и нагрузки, указанных в 9.5.3. Соединение приборов для измерительной схемы по рисункам 2—4 осуществляют в соответствии с требованиями руководства по эксплуатации применяемого прибора сравнения токов. Номинальное значение нагрузки устанавливают до начала измерений. Последовательность выполнения измерений — от

минимального значения тока с последующим его увеличением до максимального.

9.5.2 Значения относительной токовой погрешности поверяемого трансформатора тока  $\delta_f$  в процентах и абсолютной угловой погрешности  $\Delta_\delta$  в минутах принимают равными значениям токовой и угловой погрешностей, отсчитываемым по шкалам прибора сравнения токов.

9.5.3 Погрешности определяют:

- а) для трансформаторов тока, выпускаемых по ГОСТ 23624, и трансформаторов тока классов 0,2S и 0,5S, выпускаемых по ГОСТ 7746, — при значениях первичного тока, составляющих 1; 5; 20; 100 и 120 % от номинального значения, и при номинальной нагрузке, а также при значении первичного тока 100 % или 120 % от номинального значения и нагрузке, равной нижнему пределу диапазона нагрузок, установленному для соответствующих классов точности;
- б) для трансформаторов тока классов точности от 0,1 до 1, выпускаемых по ГОСТ 7746, — при значениях первичного тока, составляющих 5 %; 20 %; 100 % от номинального значения и при номинальной нагрузке, а также при значении первичного тока, равного 120 %, и нагрузке, равной нижнему пределу диапазона нагрузок по ГОСТ 7746;
- в) для трансформаторов тока классов точности от 3 до 10, выпускаемых по ГОСТ 7746, — при значениях первичного тока 100 % или 120 % от номинального значения и нагрузке, равной 50 % ее номинального значения, но не менее нижнего предела нагрузки, установленного для соответствующего класса точности, а также при значении первичного тока 50 % от номинального значения и номинальной нагрузке;
- г) для трансформаторов тока классов точности 5P и 10P, выпускаемых по ГОСТ 7746, — при номинальном токе и номинальной нагрузке.

Примечания

1 Погрешности трансформаторов тока, у которых 25 % от номинального значения нагрузки более 15 В·А, определяют при значениях нагрузки 15 В·А и значении первичного тока, равного 100 % от номинального значения тока.

2 Для трансформаторов тока, у которых 25 % от номинального значения нагрузки составляет менее 1 В·А (см. 9.5.3, перечисление б), погрешность определяют при нагрузке 1 В·А.

3 Допускается заменять номинальную нагрузку на нагрузку, превышающую номинальную, но не более чем на 25 %, а нагрузку, соответствующую нижнему пределу диапазона нагрузок, — на любую нагрузку, не превышающую этого предела, вплоть до нулевого значения. Если при изменении нагрузки погрешности трансформаторов тока превысят предельно допускаемые значения, проводят повторное определение погрешностей при нагрузках, равных номинальной и нижнему пределу диапазона нагрузок.

9.5.4 Погрешности шинных, втулочных, встроенных и разъемных трансформаторов тока в первичном токоведущем контуре определяют в соответствии с ГОСТ 7746. Расстояния между осями проводников соседних фаз трансформатора тока до места ближайшего изгиба проводника, служащего первичной обмоткой трансформатора тока,

должны быть выбраны в соответствии с указанными в эксплуатационной документации на конкретный тип трансформатора тока.

Погрешности встроенных и шинных трансформаторов тока допускается определять с первичной обмоткой, которую создают пропуская витки провода через центральное отверстие, при всех значениях номинальных ампервитков. Число витков такой первичной обмотки определяют из условия равенства ее ампервитков номинальному значению первичного тока. Витки должны располагаться в соответствии с технической документацией поверяемого трансформатора тока.

9.5.5 Погрешности многодиапазонных трансформаторов тока определяют:

- для трансформаторов с ответвлениями в обмотках — при всех значениях коэффициента трансформации;
- для секционированных трансформаторов, у которых изменение коэффициента трансформации достигается последовательно-параллельным соединением секций обмоток без изменения ампервитков — при любом коэффициенте трансформации (но для каждой секции).

9.5.6 Погрешности трансформаторов тока номинальной частотой 60 Гц допускается определять на частоте 50 Гц при наличии соответствующих требований в технической документации поверяемых трансформаторов тока.

9.5.7 Погрешности трансформаторов тока, предназначенных для работы на повышенных частотах, определяют на номинальной частоте (частотах), указанной в технической документации поверяемых трансформаторов тока. При отсутствии таких указаний допускается проводить поверку на крайних частотах рабочего диапазона.

9.5.8 При серийном производстве по результатам испытаний для целей утверждения типа и по согласованию с метрологической организацией, проводившей испытания, допускается первичную поверку трансформаторов тока проводить не при всех указанных в 9.5.3—9.5.7 значениях тока, нагрузки и коэффициента трансформации.

9.5.9 По заявке потребителя поверку трансформаторов тока, находящихся в эксплуатации, допускается проводить при иных значениях тока и вторичной нагрузки, отличающихся от указанных в настоящем стандарте.

9.5.10 Результаты всех измерений погрешностей трансформаторов тока заносят в протокол, рекомендуемая форма которого приведена в приложении А.

9.5.11 Погрешности поверяемых трансформаторов тока, определяемые с учетом требований 9.5.3—9.5.7, не должны превышать пределов допускаемых погрешностей, установленных ГОСТ 7746 и ГОСТ 23624.

## 10 Оформление результатов поверки

10.1 Положительные результаты поверки оформляют для рабочих средств измерений нанесением оттиска поверительного клейма или навешиванием пломбы с оттиском поверительного клейма, исключающих возможность доступа внутрь трансформатора. Для рабочих эталонов, а также

в случаях, предусмотренных 9.5.9, положительные результаты поверки дополнительно оформляют записью в паспорте и (или) выдачей свидетельства о поверке по [6].

10.2 Трансформаторы тока, не удовлетворяющие требованиям настоящего стандарта, к выпуску в обращение и

к применению не допускают, свидетельство о предыдущей поверке аннулируют, клеймо гасят и вносят запись в паспорт или выдают извещение о непригодности трансформатора с указанием причин по [6].

ПРИЛОЖЕНИЕ А  
(рекомендуемое)

## Форма протокола поверки

### ПРОТОКОЛ № \_\_\_\_\_

Трансформатор тока типа \_\_\_\_\_, класс точности \_\_\_\_\_  
 Заводской № \_\_\_\_\_  
 Год выпуска \_\_\_\_\_  
 Номинальный первичный ток \_\_\_\_\_  
 Номинальный вторичный ток \_\_\_\_\_  
 Номинальная частота (диапазон) \_\_\_\_\_  
 Предприятие-изготовитель \_\_\_\_\_  
 Принадлежит \_\_\_\_\_

наименование организации, представившей трансформатор на поверку

Эталонные средства измерений:

Рабочий эталон — трансформатор (магнитный компаратор) тока:

Наименование \_\_\_\_\_, тип \_\_\_\_\_, № \_\_\_\_\_

Класс точности (погрешность) \_\_\_\_\_

Прибор сравнения:

Наименование \_\_\_\_\_, тип \_\_\_\_\_, № \_\_\_\_\_

Дата предыдущей поверки \_\_\_\_\_

1) Результат внешнего осмотра \_\_\_\_\_  
 соответствует, не соответствует

2) Результат поверки сопротивления изоляции \_\_\_\_\_  
 соответствует, не соответствует

3) Результат проверки правильности маркировки выводов \_\_\_\_\_  
 соответствует, не соответствует

4) Результаты определения погрешностей

| Частота, Гц | Номинальный первичный ток, А | Нагрузка поверяемого трансформатора тока, В·А; при $\cos \varphi = \dots$ | Значение первичного тока, % от номинального значения | Погрешность поверяемого трансформатора |                        |
|-------------|------------------------------|---|--|--|------------------------|
|             |                              |   |  | $\delta, \%$                           | $\Delta\delta, \dots'$ |
|             |                              |   |  |  |                        |

Заключение \_\_\_\_\_  
 годен, не годен

Поверку провел \_\_\_\_\_  
 подпись \_\_\_\_\_ расшифровка подписи \_\_\_\_\_

Дата поверки \_\_\_\_\_

## ПРИЛОЖЕНИЕ Б

(справочное)

Средства измерений, применяемые при поверке трансформаторов тока

**Таблица Б.1 Рабочие эталоны – трансформаторы тока**

| Обозначение типа | Диапазон первичного тока, А | Номинальная частота, Гц | Номинальное значение вторичного тока, А | Номинальное рабочее напряжение, В | Предел допускаемой погрешности |            |
|------------------|-----------------------------|-------------------------|---|-----------------------------------|--------------------------------|------------|
|                  |                             |                         |   |                                   | токовой, %                     | угловой    |
| И509             | 5÷1000                      | От 50 до 9600           | 5                                       | 500                               | ±0,20                          | ±10'       |
| И512             | 0,5÷3000                    | 50                      | 1; 5                                    | 500                               | ±0,05                          | ±3'        |
| И523             | 4000÷10000                  | 50                      | 5                                       | 500                               | ±0,05                          | ±3'        |
| И532             | 5÷1000                      | 50                      | 1; 5                                    | 660                               | ±0,02                          | ±1,5'      |
| ТЛЛ35            | 5÷3000                      | 50 или 60               | 5                                       | 35000                             | ±0,05<br>±0,10                 | ±3'<br>±5' |
| ИТТ3000.5        | 1÷3000                      | 50                      | 5                                       | 660                               | ±0,01                          | ±0,4'      |

**Таблица Б.2 Рабочие эталоны – магнитные компараторы тока**

| Обозначение типа | Диапазон первичного тока, А | Номинальная частота, Гц | Номинальное значение вторичного тока, А | Номинальное рабочее напряжение, В | Предел допускаемой погрешности |         |
|------------------|-----------------------------|-------------------------|---|-----------------------------------|--------------------------------|---------|
|                  |                             |                         |   |                                   | токовой, %                     | угловой |
| И538             | 0,5÷3000                    | 50                      | 1; 5                                    | 660                               | ±0,005                         | ±0,3'   |
| И539             | 4000÷10000                  | 50                      | 5                                       | 660                               | ±0,005                         | ±0,3'   |

**Таблица Б.3 Приборы сравнения**

| Обозначение типа | Номинальный ток, А | Номинальная частота, Гц | Предел измерения разности токов (погрешности по 9.5.2) |                   | Предел допускаемой погрешности |                  |
|------------------|--------------------|-------------------------|--|-------------------|--------------------------------|------------------|
|                  |                    |                         | токовой, %   | угловой           | токовой, %                     | угловой          |
|                  |                    |                         |  |                   |                                |                  |
| Р541             | 1; 5               | От 200 до 8000          | От ±0,5 до ±4  | От ±30' до 240'   | От ±0,025 до ±0,20             | От ±1' до ±8'    |
| АИТ              | 1; 5               | 50                      | От ±0,3 до ±10   | От -10' до +650'  | От ±0,003 до ±0,10             | От ±0,3' до ±10' |
| К507             | 1; 2; 2,5; 5       | 50                      | От ±0,1 до ±10   | От -3,5' до +650' | От ±0,001 до ±0,10             | От ±0,1' до ±10' |
| К535             | 0,5; 1; 2; 2,5; 5  | 50                      | От ±0,2 до ±20   | От ±20' до ±200'  | ±0,005                         | ±0,3'            |
| КТ01             | 1; 5               | 50                      | От ±0,2 до ±20   | От ±20' до ±2000' | От ±0,001 до ±0,10             | От ±0,1' до ±10' |

**Таблица Б.4 Нагрузочные устройства**

| Обозначение типа | Диапазон значений нагрузки  | Номинальная частота, Гц | Номинальный ток, А | Предел допускаемой погрешности |
|------------------|---|-------------------------|--------------------|--------------------------------|
| Р542             | От 0,4 до 4 Ом (при $\cos \varphi = 0,5, \dots, 0,8$ )                                      | От 200 до 8000          | 5                  | ±(0,05Z + 0,002) Ом            |
| Р5018            | От 1,25 до 50 Ом — при $\cos \varphi = 0,8$ ; от 1 до 15 Ом — при $\cos \varphi = 1$        | 50                      | 5                  | ±(0,03Z + 0,003) Ом            |
| Р5018/1          | От 1 до 50 Ом — при $\cos \varphi = 0,8$ ; от 1 до 15 Ом — при $\cos \varphi = 1$           | 50                      | 1                  | ±(0,04Z + 0,02) Ом             |
| Р5002            | От 0 до 15 Ом — при $\cos \varphi = 0,8$ и 1; от 0 до 1,6 Ом — при $\cos \varphi = 0,8$ и 1 | 50                      | 1                  | ±(0,04Z + 0,02) Ом             |
|                  |   | 50                      | 5                  | ±(0,03Z + 0,003) Ом            |
| НТТ50.5          | От 1,75 до 50 В·А - при $\cos \varphi = 0,8$  | 50                      | 5                  | ±0,04S В·А                     |
| УНТТ-5.60        | От 1,75 до 60 В·А - при $\cos \varphi = 0,8$  | 50                      | 5                  | ±0,04S В·А                     |

Обозначения:  
 Z — полное сопротивление нагрузочного устройства;  
 S — полная мощность нагрузочного устройства.

## ПРИЛОЖЕНИЕ В

(справочное)

### Библиография

- [1] РМГ 29—99 Государственная система обеспечения единства измерений. Метрология, Основные термины и определения
- [2] Правила эксплуатации электроустановок потребителей
- [3] Межотраслевые правила по охране труда при эксплуатации электроустановок (Правила безопасности) (ПОТ Р М-016-2001)
- [4] РД 34.20.501—95 Правила технической эксплуатации электрических станций и сетей РФ
- [5] Курс электрических измерений. — Под редакцией В.Т. Прыткова и А.В. Талицкого. М., 1960, часть I
- [6] ПР 50.2.006—94 Государственная система обеспечения единства измерений. Поверка средств измерений. Организация и порядок проведения

Ключевые слова: трансформаторы, ток, поверка



## CONTENTS №3/2006

### ENERGETICS NEWS

#### FROM FIRST PERSON

Second wind of the works

#### PROBLEMS AND SOLUTIONS

Small thermoelectric plant and future of the power engineering of Russia

#### MARKET AND PROSPECTS

Prospects for application of vacuum cassette switch at factory-assembled switch-gear

#### POWER FACILITIES

Circuit breaker - basic definitions

The new developments of company group «Transformer of Togliatti»

Devices for nondestructive testing and control desk for high-voltage circuit breakers

#### HEAT SUPPLY

Vacuum boiler «Vacumatic» of «Dorogobuzhkotlomash»

Design features of heat exchanger

Deposit of boiler of medium and low pressure.

Methods of washing in service and stop

#### AIR SUPPLY

Compressor. Choice problem from the point of user

#### DIAGNOSTICS

Experience of diagnostics and repair of power transformer for raising of operate reliability and extension of service life

### EXPERIENS EXCHANGE

Experience of introduction of thyristor reversible electric drive at OAO «Corporation VSMPO-AVISMA»

### ADVICE OF PROFESSIONAL

Outage repair

### ECONOMICS AND RIGHT

On conclusion of power supply contract for a long time

### ENERGY SAVING

Industrial compressor - new possibilities for energy saving

### SOFT

Software for power engineer department

### QUESTION – ANSWER

### EXHIBITIONS

Technical novelties at «Aqua Therm'2006»

### LABOUR PROTECTION

### AND ACCIDENT PREVENTION

Method of electric testing for protection means

### BOOKSHELF

### STANDARDS DOCUMENTS

### ПРАЙС-ЛИСТ НА РАЗМЕЩЕНИЕ РЕКЛАМНОЙ ИНФОРМАЦИИ В ЖУРНАЛЕ

| Размер модуля   | Стоимость публикации, руб         |
|---|-----------------------------------|
| 1/1 полосы  | 10 000                            |
| 1/2 полосы  | 5 000                             |
| 1/4 полосы  | 2 500                             |
| 1/8 полосы  | 1 250                             |
| 1/16 полосы   | 625                               |
| Строчка таблицы   | 660                               |
| 2-я полоса обложки  | 30 000                            |
| 3-я полоса обложки  | 25 000                            |
| 4-я полоса обложки  | 35 000                            |
| Размещение рекламы в блоке журнала, с указанием страницы, где она размещена, в оглавлении | +50% к стоимости 1 (одной) полосы |

ДОЛГОВРЕМЕННОЕ СОТРУДНИЧЕСТВО ПРЕДУСМАТРИВАЕТ СКИДКИ

ПРИ РАЗМЕЩЕНИИ РЕКЛАМЫ ПАКЕТАМИ:

№1 ПАКЕТ **ПРОБА**: 3 ВЫХОДА – 5%

№2 ПАКЕТ **СОТРУДНИЧЕСТВО**: 6 ВЫХОДОВ – 10%

ОПЫТ РЕКЛАМНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПОКАЗЫВАЕТ,

ЧТО РАЗМЕЩЕНИЕ РЕКЛАМЫ В ПАКЕТЕ

ПОЗВОЛЯЕТ ПОЛУЧИТЬ

МАКСИМАЛЬНЫЙ ЭФФЕКТ

АДРЕС И ТЕЛЕФОНЫ: 119 602, РОЖДЕСТВЕНКА, Д.5/7, ОФИС 3. ФАКС 921-99-98

УВЕРЕНЫ, ЧТО СОТРУДНИЧЕСТВО С ЖУРНАЛОМ ПОМОЖЕТ ДОНЕСТИ ДО НАШИХ ЧИТАТЕЛЕЙ

ПОЛОЖИТЕЛЬНЫЙ ОБРАЗ НАШЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ, А ТАКЖЕ, ПРИ НЕОБХОДИМОСТИ, ПРИВЛЕЧЬ НОВЫХ КЛИЕНТОВ.

БЛАГОДАРИМ ЗА ДОВЕРИЕ К ЖУРНАЛУ И НАДЕЕМСЯ НА СОТРУДНИЧЕСТВО!