

# НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ И ПРОИЗВОДСТВЕННО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>НОВОСТИ ЭНЕРГЕТИКИ</b>	<b>3</b>
<b>ПРОБЛЕМЫ И РЕШЕНИЯ</b>	<b>11</b>
Краткий обзор и сравнение технологий обслуживания оборудования (ППР и «по состоянию»)	11
<b>РЫНОК И ПЕРСПЕКТИВЫ</b>	<b>19</b>
Трансформатор - главное звено энергетической цепи	19
<b>ЭЛЕКТРОХОЗЯЙСТВО</b>	<b>23</b>
Современные вакуумные низковольтные коммутационные устройства	23
Энергоцентры на базе микротурбинных установок	28
Частотно-регулируемый электропривод – эффективная технология снижения расходов электроэнергии на собственные нужды ТЭС	32
Заземляющее устройство - основные понятия	42
<b>ТЕПЛОСНАБЖЕНИЕ</b>	<b>51</b>
Применение теплонасосных установок в системах отопления и горячего водоснабжения	51
Перспективные системы защиты в современном насосном оборудовании	59
Автономные и крышные котельные разработки ОАО «РУМО»	62
<b>ВОЗДУХОСНАБЖЕНИЕ</b>	<b>64</b>
Особенности монтажа магистралей сжатого воздуха	64
Планирование подготовки сжатого воздуха для конкретных применений	67
<b>ДИАГНОСТИКА И ИСПЫТАНИЯ</b>	<b>69</b>
Методика испытания защитных средств	69

### ЖУРНАЛ

#### «ГЛАВНЫЙ ЭНЕРГЕТИК» № 1/2007

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 института повышения квалификации «Нефтехим»

**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**

Журнал на I полугодие 2007 года распространяется через каталоги:

Агенство «Роспечать»,

ООО «Межрегиональное агенство подписки» (МАП)

#### НЕКОММЕРЧЕСКОЕ ПАРТНЕРСТВО ИЗДАТЕЛЬСКИЙ ДОМ «ПРОСВЕЩЕНИЕ»

Тел.: (495) 925-93-50, 131-73-95

Адрес: 119602, Москва, а/я 202.

ИД «ПАНОРАМА»

Email: [glavenergo@mail.ru](mailto:glavenergo@mail.ru)

Адрес сайта: [www.glavenergo.panor.ru](http://www.glavenergo.panor.ru)

Подписано в печать

Формат 60x88/8, Бумага офсетная.

Усл. печ. л. 14

Тираж

Заказ №

# ГЛАВНЫЙ ЭНЕРГЕТИК № 1/2007



[www.ecoenergy.ru](http://www.ecoenergy.ru)

[www.interline.ru](http://www.interline.ru)

Журнал депонированных рукописей

<b>ЭКОНОМИКА И УПРАВЛЕНИЕ</b>	<b>78</b>
Стоимостная оптимизация тепловых систем	78
<b>АВТОМАТИЗАЦИЯ</b>	<b>81</b>
Энергосбережение и энергоучёт в электрических сетях	81
<b>ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ</b>	<b>85</b>
Опыт производства теплоизоляции для России	85
<b>СОВЕТЫ ПРОФЕССИОНАЛОВ</b>	<b>88</b>
ПРАВИЛЬНЫЙ ВЫБОР РЕЛЕ ДЛЯ ИНТЕРФЕЙСОВ ПРОМЫШЛЕННОЙ АВТОМАТИКИ	88
<b>ВЫСТАВКИ</b>	<b>92</b>
Календарь выставок	92
<b>ОХРАНА ТРУДА</b>	<b>95</b>
Санкт-петербургский научно-исследовательский институт охраны труда	95
<b>КНИЖНАЯ ПОЛКА</b>	<b>99</b>
<b>НАДО ДЕЛАТЬ ДОБРО</b>	<b>102</b>
*****	102

# НОВОСТИ ЭНЕРГЕТИКИ

## УВЕЛИЧЕНИЕ ВЫРАБОТКИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ НЕЗАВИСИМЫМИ БЛОК-СТАНЦИЯМИ ПОВЫСИТ НАДЕЖНОСТЬ ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ – РАО «ЕЭС РОССИИ»

РАО «ЕЭС России» призывает владельцев независимых региональных электростанций максимально увеличить выработку электроэнергии в период зимних холодов. Как сообщили сегодня в пресс-службе компании, в ближайшее время владельцам блок-станций будет предложено заключить соответствующий договор с энергосбытовыми компаниями РАО «ЕЭС России» «на реализацию дополнительной выработки».

Как отмечают в РАО «ЕЭС России», в рамках соответствующих договоров владельцы блок-станций «смогут самостоятельно определять ценовое предложение на увеличение выработки электроэнергии, которую энергосбытовая компания будет покупать для покрытия пиковых нагрузок в региональных энергосистемах». При этом владельцы блок-станций смогут получить экономическую выгоду от вывода на полную мощность в большинстве случаев недозагруженных в настоящее время генерирующих мощностей, подчеркивают в «ЕЭС России».

Дополнительные выработки региональных блок-станций будут направлены на обеспечение надежного и бесперебойного энергоснабжения региональных систем в пиковые часы нагрузок в период зимних холодов.

*ЗАО «Комплексные энергетические системы»*

## «КОРУНД» МОДЕРНИЗИРУЕТ ЦЕХ ПО ПРОИЗВОДСТВУ ТРУБ ПВХ

ООО «Корунд» (г. Дзержинск, Нижегородская область) направит более 5 млн. долларов в модернизацию цеха по производству труб ПВХ, приводит пресс-служба предприятия слова

генерального директора Иосифа Хайцина.

По словам И.Хайцина, стоимость оборудования по выпуску труб ПВХ – более 3 млн. евро. Новое оборудование поступит на предприятие в январе-феврале 2007 года.

Запустить две новые экструзионные линии для производства труб большого диаметра планируется в середине марта 2007 года, «на одной из двух линий – трехслойным вспененным способом, который позволит сэкономить дорогостоящее сырье». Партнер проекта – одна из крупнейших немецких инжиниринговых компаний. Планируемый объем выпуска – до 3 тыс. тонн труб в год.

В апреле 2004 года ООО «Корунд» приобрело на аукционе имущественный комплекс ОАО «Корунд», находящийся в состоянии конкурсного производства. Новый собственник и учредитель завода «Корунд» – ООО «Оргсинвест» (Москва).

<http://nta-mn.ru>

## ФАС БУДЕТ ОСУЩЕСТВЛЯТЬ ПРИНУДИТЕЛЬНОЕ РАЗДЕЛЕНИЕ ХОЗЯЙСТВУЮЩИХ СУБЪЕКТОВ В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКЕ

27 октября 2006 года принято постановление Правительства «Об утверждении Правил осуществления контроля за соблюдением юридическими лицами и индивидуальными предпринимателями запрета на совмещение деятельности по передаче электрической энергии и оперативно-диспетчерскому управлению в электроэнергетике с деятельностью по производству и купле-продаже электрической энергии и о внесении изменения в Положение о Федеральной антимонопольной службе, утвержденное постановлением Правительства Российской Федерации от 30 июня 2004 г.».

В соответствии с этим документом Федеральная антимонопольная служба обязана осуществлять меры по принудительной реорганизации тех

хозяйствующих субъектов, которые не выполнили требования закона об особенностях функционирования электроэнергетики в переходный период (ФЗ-36 от 26.03.2003г.).

Закон требует разделения видов деятельности в электроэнергетике на конкурентные и монопольные. К конкурентным видам деятельности относятся купля-продажа и производство электроэнергии, к монопольным – передача электроэнергии и оперативно-диспетчерское управление. Хозяйствующие субъекты Российской Федерации, которые не попадают под исключения, предусмотренные законом, должны были провести разделение до 1 апреля 2006 года. Те из них, которые не выполнили данное требование до указанного срока, подлежат принудительной реорганизации.

Заместитель Руководителя ФАС России Анатолий Голомолзин отметил, что за 9 месяцев 2006 года из 1402 хозяйствующих субъектов электроэнергетики реорганизовано 945, что составляет 67% от общего числа, 239 организаций находятся в процессе разделения. Остальные – 218 энергокомпаний – еще не приступили к этой процедуре.

В отношении них ФАС обязана выносить решение о принудительной реорганизации с указанием срока (от полугода до года) и формы реорганизации – выделение хозяйствующего субъекта или его разделение.

В случае невыполнения решения антимонопольной службы на нарушителя будет наложен штраф в размере от 2 до 5 тысяч МРОТ. Также ФАС обратится в арбитражный суд, по решению которого компания будет реорганизована в соответствии с гражданским законодательством.

Как отметил Анатолий Голомолзин, «из запрета на совмещение конкурентных и монопольных видов деятельности могут быть исключения. Все они установлены законодательством. Запрет не распространяется на хозяйствующие субъекты, функционирующие в семи изолированных энергосистемах — на Камчатке, Магадане, в двух энер-

# НОВОСТИ ЭНЕРГЕТИКИ

горайонах республики Саха (Якутия), Сахалине, Чукотке и Таймыре.

Также не будут выделяться распределительные устройства из состава атомных электростанций. Кроме того, не будут предъявлены требования по разделению и в отношении промышленных энергокомплексов. Их насчитывается примерно 180».

Анатолий Голомолзин считает, что «разделение хозяйствующих субъектов поможет создать конкурентные отношения на рынке электроэнергетики, будет способствовать предупреждению создания дискриминационных условий доступа на рынок энергокомпаний и потребителей электроэнергии».

*Пресс-служба ФАС России*

## ПЕРМСКИЙ ВОДОКАНАЛ БУДЕТ ОБОРУДОВАН СИСТЕМОЙ ТЕЛЕМЕТРИИ

Пермский водоканал будет оборудован системой телеметрии, которая позволяет в режиме online отслеживать работу насосных станций водоснабжения.

При разработке системы был применен опыт двух городов России — Санкт-Петербурга и Москвы, где телеметрия используется уже давно, — сообщили в пресс-службе «Новогор-Прикамье», — арендатора Пермского водоканала.

Вся информация с насосных станций водоснабжения поступает в Центральную диспетчерскую службу, где на экране компьютера диспетчер видит, каков уровень воды в резервуарах, давление на входящих и уходящих водотоках, состояние работы насосных агрегатов (в работе, в резерве или в ремонте) и т. д. Всего по системе телеметрии передается 1400 параметров.

Система позволяет контролировать и возникающие внештатные ситуации. Например, если на одной из насосных станций вода полностью заполнила резервуар и возможен перелив, то диспетчер сразу это видит на экране компьютера — меняется цвет и включается звуковая сигнализация.

В дополнение к системе телеметрии на сетях водопровода устанавливаются датчики, так называемые диктующие точки, которые позволяют получать информацию о давлении в трубах и возникновении аварийных ситуаций. Уже установлено 14 датчиков давления, до конца 2006 года их будет 33.

В 2007 году система телеметрии будет внедряться и на сетях канализации. Проект уже подготовлен. С января по март установят оборудование на 12 канализационных насосных станциях (КНС), а до конца сентября еще на 18.

[www.nr2.ru](http://www.nr2.ru)

## РАО ЕЭС ИЩЕТ МОЩНОСТИ У ПРОМЫШЛЕННОСТИ

РАО «ЕЭС России» нашло еще один способ преодолеть энергодефицит этой зимой. Компания планирует покупать электричество у энергостанций промпредприятий, которые в целом располагают 8 тыс. МВт мощности. В часы пиковых нагрузок станции смогут продать электроэнергию РАО вчетверо дороже среднерыночной цены. Однако многие из них говорят, что не имеют излишков мощности.

Как рассказали в РАО ЕЭС, энергохолдинг разработал схему, по которой мог бы пиковые нагрузки в зимний период покрывать электроэнергией промпредприятий. По подсчетам энергохолдинга, сейчас в РФ есть более 200 электростанций, принадлежащих промышленности, установленная мощность которых составляет около 8 тыс. МВт (5% мощности самого РАО ЕЭС). Для того чтобы снизить риски возникновения ограничений в энергопотреблении, РАО ЕЭС планирует заключить договоры с этими станциями на покупку вырабатываемой ими электроэнергии.

Энергетики говорят, что большинство станций предприятий вырабатывают энергию только на собственные нужды, тогда как могли бы производить ее в большем объеме. Письма с предложением продавать РАО ЕЭС

электроэнергию будут на следующей неделе разосланы на станции и в региональные энергосбытовые компании. Речь идет о станциях, которые синхронизированы с единой энергосистемой. В РАО ЕЭС считают, что дополнительные мощности есть именно в тех регионах, где зимой возможны ограничения. Так, в Петербурге таких дополнительных мощностей должно быть 440 МВт, на Кубани — 290 МВт, в Карелии — 190 МВт, в Свердловской области — 450 МВт, в Коми — 460 МВт, в Тюмени — 400 МВт, в Челябинске — 350 МВт, в Нижнем Новгороде — 580 МВт. Хотя в РАО ЕЭС признают, что реальных возможностей станций не знают. «Не исключено, что многие из них и так загружены и вырабатывать дополнительно электроэнергию не могут», — поясняют в РАО ЕЭС.

В то же время, по данным компании, ряд предприятий не загружают собственные станции, предпочитают покупать энергию на рынке. В связи с этим предприятиям предложат два варианта сотрудничества. Согласно первому, станция будет заключать с местной сбытовой компанией договор, обязавшись продавать излишки электроэнергии на рынке. Цена ее пока не определена. По второму варианту, предприятиям предложат отказаться от покупки электроэнергии на рынке, загружая собственные мощности. При этом РАО ЕЭС обещает снять с предприятий штрафы за поданные ранее объемы на покупку электроэнергии, предусмотренные правилами свободного рынка за невыполнение обязательств. Предприятие будет платить только за тот объем, который фактически приобретет на рынке, обещают в РАО ЕЭС.

В НП «Администратор торговой системы» (АТС) отмечают, что для промпредприятий продажа электроэнергии на свободном рынке может быть экономически выгодна. «Станция может подать заявку с указанием цены, по которой она согласна продавать энергию, — объясняет глава департамента информполитики НП АТС Сергей Пикин. — Энергия в часы пиковых

# НОВОСТИ ЭНЕРГЕТИКИ

нагрузок ощутимо дороже, поэтому эта заявка может быть удовлетворена». По данным НП АТС, прошлой зимой во время сильных морозов индикатор цены балансирующего рынка достигал 2 руб., тогда как средняя цена в обычных условиях составляет 50 коп. Таким образом, даже при условии, что себестоимость электроэнергии промпредприятий высока (по данным отраслевых экспертов, она составляет около 1 руб. за 1 кВт•ч), продавать энергию на рынке в так называемые часы пик они смогут с прибылью.

Однако большинство опрошенных промпредприятий в регионах, указанных РАО ЕЭС, отнеслись к его предложению скептически. В Трубной металлургической компании Ъ сказали, что у их Синарского трубного завода (Свердловская обл.) есть собственная станция, но она и так обеспечивает помимо нужд завода еще и население одного из районов города Каменска-Уральского. Представители Новолипецкого меткомбината сообщили, что мощности их генерации загружены целиком и при этом она обеспечивает комбинат лишь на 40%, ему приходится львиную долю покупать на рынке. Даже на Магнитогорском меткомбинате, имеющем 640 МВт собственных мощностей, Ъ заявили, что используют их все. Более того, со вводом двух электропечей общей мощностью 4 млн тонн стали в год потребности комбината в электроэнергии выросли на 20% и предприятие их покрывает за счет покупки на рынке. С энтузиазмом воспринял идею РАО ЕЭС только столичный автозавод ЗиЛ. Там говорят, что давно хотели выйти на рынок и готовы помочь зимой Москве с электричеством. Правда, уточнить, насколько велики свободные энерго мощности простаивающего автозавода, его представители не смогли.

*ЗАО «Комплексные энергетические системы»*

## ПРИВЛЕЧЕНИЕ ИНВЕСТИЦИЙ БОЛЬШЕ НЕ ЯВЛЯЕТСЯ ГЛАВНОЙ ПРОБЛЕМОЙ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ РФ – ЧУБАЙС

Привлечение инвестиций в модернизацию больше не является основной проблемой российской электроэнергетики, считает председатель правления РАО «ЕЭС России» Анатолий Чубайс.

Объем инвестпрограммы энергохолдинга на 2006-2010 годы составляет \$81 млрд. Для российских компаний это беспрецедентный масштаб вложений, сказал А.Чубайс, однако сомнений в том, что эти средства удастся привлечь, у него нет. «Сейчас я уже абсолютно убежден: проблему привлечения инвестиций мы решим в том объеме, в котором это понадобится российской энергетике», - заявил он в ночь на пятницу в эфире телеканала «Россия».

Уверенность в главу РАО вселило первое IPO генкомпании, созданной в ходе реформы электроэнергетики. Прошедшее в конце октября - начале ноября размещение акций ОГК-5, которое принесло ей \$459 млн, А.Чубайс назвал очень успешным.

Теперь главные проблемы энергетики сосредоточены в смежных секторах - энергомашиностроении и строительстве, которые должны обеспечить реализацию программы ввода новых генерирующих мощностей, считает предправления РАО. «Нам нужно 10-15-кратное увеличение в каждом из этих секторов, которые обслуживают энергетику. Это для нас сейчас самое главное узкое место», - сказал он.

Еще один критический для электроэнергетики вопрос - это поставки газа на действующие и новые электростанции, и пока РАО смотрит на перспективы его разрешения без оптимизма.

«У нас колоссальный рост спроса на электроэнергию, в темпах, которые ни мы, ни правительство не могли спрогнозировать. Обеспечить адекватный рост потребления газа не получа-

ется. Не получается не у нас», - сказал глава РАО. По его словам, для обеспечения мощностей, которые планирует построить энергохолдинг, необходимо дополнительно 27 млрд кубометров газа в год. «Пока не совсем понятно, как эта проблема вообще может быть решена», - признал А.Чубайс.

*ЗАО «Комплексные энергетические системы»*

## СИБАЙСКИЙ ФИЛИАЛ УЧАЛИНСКОГО ГОКА РЕАЛИЗУЕТ МЕРОПРИЯТИЯ ПО ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЮ

В Сибайском филиале Учалинского ГОКа, работающего в составе УГМК, большое внимание уделяется проблеме энергосбережения. Ежегодно на предприятии принимается программа по экономии топливно-энергетических ресурсов. Основные мероприятия программы энергосбережения на 2006 год были ориентированы на внедрение коммерческого учета энергоносителей и холодной воды, а также модернизацию приборов технического учета, сообщили на комбинате.

Как сообщает «Башинформ», в ближайшее время на предприятие поступит современная цифровая автоматическая система коммерческого учета электроэнергии. Она заменит существующую систему «Энергия-Микро», которая действует на предприятии с 1997 года.

В рамках программы энергосбережения на 2007 год запланирован перевод котельной «Породная» Сибайского подземного рудника с мазута на природный газ. Экономический эффект от данного мероприятия, по прогнозам, составит один миллион 600 тысяч рублей. Перевод в летний период бытовок известнякового карьера на электроподогрев позволит проинвестировать полную остановку всех котлов котельной, а значит, сэкономить 600 тонн мазута и два миллиона 100 тысяч рублей в год. Неплохие результаты должны дать внедрение энергосберегающих ламп, реконструкция приво-

# НОВОСТИ ЭНЕРГЕТИКИ

дов грейферного крана в железнодорожном цехе, установка автономных источников отопления зданий удаленных подстанций электроцеха.

REGIONS.RU/Россия. Регионы

## СНИПЫ ПОДЛЕЖАТ ОБЯЗАТЕЛЬНОМУ ИСПОЛНЕНИЮ. ИНФОРМАЦИОННОЕ ПИСЬМО ПО ВОПРОСУ ПРИМЕНЕНИЯ СНИПОВ

Совместное письмо Минпромэнерго России и Минрегионразвития России

Профессиональным объединением проектировщиков, архитекторов и строителей Российской Федерации

Министерство промышленности и энергетики Российской Федерации и Министерство регионального развития Российской Федерации проанализировали вопрос практического применения ряда строительных норм и правил (СНиП), принятых бывшим Госстроем России в 2001-2003 годах до вступления в силу Федерального закона от 27 декабря 2002 г. № 184-ФЗ «О техническом регулировании» (далее-Федеральный закон), и сообщают следующее.

Письмом от 28 апреля 2006 г. № 01/3472-ЕЗ Министерство юстиции Российской Федерации сообщило, что им принято решение не рассматривать СНиПы на предмет их государственной регистрации с учетом их нормативно-технического характера и положений Федерального закона от 27 декабря 2002 г. № 184-ФЗ «О техническом регулировании».

Таким образом, указанные строительные нормы и правила подлежат обязательному исполнению наряду с другими аналогичными нормами, принятыми ранее и зарегистрированными Минюстом России в установленном порядке, в соответствии с пунктом 1 статьи 46 Федерального закона впрямь до вступления в силу соответствующих технических регламентов.

*Заместитель Министра промышленности и энергетики Российской Федерации А.Г. Реус*

*Заместитель Министра регионального развития Российской Федерации Ю.П. Тыртышов*

*Минпромэнерго РФ*

## SIEMENS ПОЛУЧИЛ СТАТУС НАБЛЮДАТЕЛЯ В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОМ СОВЕТЕ СНГ

Компания Siemens получила статус наблюдателя в Электроэнергетическом Совете (ЭЭС) Содружества Независимых Государств, сообщил президент Siemens в России Дитрих Меллер журналистам во вторник.

«Решение об этом принято на недавнем заседании ЭЭС в Астане», - пояснил он.

По словам Д.Меллера, статус наблюдателя предоставит Siemens возможность присутствовать на заседаниях ЭЭС, участвовать в обсуждении взаимовыгодных проектов и в разработке проектов документов ЭЭС, а также предоставлять в исполнительный комитет ЭЭС СНГ инициативные предложения по сотрудничеству в области электроэнергетики. «Членство в ЭЭС СНГ позволит нашей компании еще активнее участвовать в модернизации электроэнергетического сектора в России, а также в других странах СНГ, развивать и укреплять сотрудничество в этой области с РАО «ЕЭС России», - заявил Д.Меллер.

Д.Меллер отметил, что портфель заказов на текущий финансовый год в России вырос на 50%.

*АО KEGOC*

## НОВОРОНЕЖСКАЯ АЭС И НПП СПЕЦТЕК НАЧИНАЮТ АВТОМАТИЗАЦИЮ ТООИР

Филиал ФГУП «Концерн Росэнергоатом» Нововоронежская атомная станция и НПП СпецТек подписали соглашение о начале работ по созданию информационной системы

управления техническим обслуживанием и ремонтом (ТООИР) оборудования станции.

Данный проект расширяет масштаб той деятельности, которая ведется совместно специалистами НПП СпецТек и Концерна Росэнергоатом. Речь идет о разработке и внедрении информационных систем поддержки управления эксплуатацией атомных станций. Выполняемые работы базируются на возможностях программного комплекса TRIM в области управления основными фондами (Enterprise Asset Management, EAM) и учитывают отраслевые правила организации ТООИР на АЭС, а также соответствующие требования внутренних документов станций. Важным этапом данной работы стало создание на Смоленской АЭС типовой информационной системы ТООИР, получившей название «Десна-2», и последовавший за этим проект на Курской АЭС.

Теперь же планируется внедрение аналогичной системы на Нововоронежской АЭС путем тиражирования функциональности «Десны-2» в части управления ТООИР и информационной поддержки оперативного персонала, а также работа по ее адаптации для нужд станции. Специфика автоматизации НВАЭС базируется на составе ее оборудования и систем – в эксплуатации находятся три энергоблока типа ВВЭР (Смоленская и Курская АЭС оснащены реакторами РБМК), и на соответствующих отличиях процессов ТООИР и требований нормативных документов станции.

В качестве объектов автоматизации рассматриваются: процесс формирования и сопровождения базы данных объектов основных фондов станции, процесс планирования ТООИР и определения потребностей в материально-технических ресурсах (МТР), процесс обеспечения потребностей ремонтов в МТР, процесс выполнения программы ТООИР, процесс анализа хода и результатов ТООИР.

Основная цель проекта – создание на базе TRIM системы, которая обеспечила бы информационную поддержку руководства и специалистов станции

# НОВОСТИ ЭНЕРГЕТИКИ

для принятия ими обоснованных и своевременных (в том числе прогнозных) решений при оперативной эксплуатации, планировании, подготовке и выполнении ТОиР, а также обеспечила бы обратную связь по опыту эксплуатации и ТОиР. В числе частных целей проекта – проведение паспортизации оборудования, обеспечение коллективной работы с формулярами оборудования; снижение трудоемкости ТОиР и затрат на его проведение; уменьшение времени нахождения энергоблоков в ремонте, снижение доли внеплановых работ, дефектов и простоев; повышение качества учета внеплановых ремонтных работ для последующего анализа; сокращение уровня складских запасов МТР; уменьшение затрат времени на подготовку/обмен данными о ТОиР и на получение оперативной информации о наличии и движении МТР; уменьшение времени расчета наработки; повышение достоверности и оперативности отчетов о ходе ТОиР.

В настоящее время идет этап диагностического обследования Нововоронежской АЭС, результатом которого станет разработка спецификаций на внедрение информационной системы ТОиР, на создание базы данных, на модернизацию программно-аппаратного комплекса станции. В ближайшее время станция получит лицензии на программное обеспечение TRIM: на 30 пользователей – для оснащения учебного класса и последующего обучения рабочей группы, и еще на 30 пользователей – для развертывания системы ТОиР на 5 энергоблоке и в подразделениях, относящихся к службе главного инженера. В целом проект предполагает работу в информационной системе нескольких сотен пользователей из различных подразделений станции – управления, реакторно-турбинных цехов, реакторного, турбинного, электрического, химического цехов, цеха тепловой автоматики и измерений, производственных подразделений-исполнителей работ по ТОиР, отделов – радиационной безопасности, управления ремонтами, подготовки и планирования ремонтов, нераз-

рушающего контроля и материаловедения и других подразделений.

*НПП СпецТек*

## СОЛНЕЧНАЯ ЭНЕРГИЯ ДЛЯ ПОЧТОВОГО ВЕДОМСТВА США

Компания Chevron Energy Solutions завершила наиболее крупный солнечноэнергетический проект из энергоэффективных проектов, осуществленных для почтового ведомства США, – на этот раз в почтовом центре Северной Калифорнии.

910-киловаттовая солнечноэнергетическая система – наиболее крупная из установленных до настоящего времени в федеральном здании. Смонтированная на его крыше система почти равняется по своей площади суммарной площади двух футбольных полей. Система поможет удовлетворять спрос на электроэнергию в течение пиковых периодов.

Три 300-тонных центробежных чиллера обеспечивают сохранение в производственной среде озона путем неиспользования в качестве хладагентов хлорофторокарбонатов.

Система контроля работы систем отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха также представляет собой новую систему энергетического менеджмента. Кроме того, комплекс инженерного оборудования здания почтового центра включает высокоэффективные воздушные компрессоры и решения в области консервации воды.

Усовершенствования, внедренные на предприятии, позволят снизить суммарные ежегодные затраты электроэнергии почти на 11 млн. кВт. А это влечет за собой уменьшение на 7400 т выбросов углекислого газа, производимых местной электростанцией. Для поглощения такого объема углекислого газа пришлось бы засадить деревьями более 810 га.

*www.vira.ru*

## ПРИКАЗ РОСТЕХРЕГУЛИРОВАНИЯ

## «ОБ УТВЕРЖДЕНИИ ТЕМПЕРАТУРНЫХ КОЭФФИЦИЕНТОВ»

С 1 января 2007 года вводится в действие Инструкция по разработке и утверждению температурных коэффициентов для счетчиков приборов газа без корректоров, которой определен порядок утверждения температурных коэффициентов при расчетах за газ при использовании потребителями приборов учета газа без температурной компенсации.

В частности, регламентирована процедура проведения экспертизы расчета температурных коэффициентов и их утверждения. В приложениях к Инструкции приведены формы документов, оформляемых для расчета и утверждения указанных температурных коэффициентов.

*http://delo.yuga.ru*

## ИЗНОС ГЕНЕРИРУЮЩЕГО И СЕТЕВОГО ОБОРУДОВАНИЯ В ЭНЕРГЕТИЧЕСКОМ КОМПЛЕКСЕ РФ СОСТАВЛЯЕТ ОКОЛО 60%

Износ основного генерирующего и сетевого оборудования в энергетической отрасли РФ составляет порядка 60%, сообщил генеральный директор ОАО «СевЗап НТЦ» Юрий Маневич в ходе пресс-конференции, организованной агентством «Интерфакс Северо-Запад».

По его словам, одной из важных частей развития энергетики является развитие проектно-научного комплекса, который должен обеспечивать потребности российской энергетики в сервисных услугах, таких как строительство и ремонт.

«Если мы сегодня говорим о том, чтобы обеспечивать надежность энергетики, то надежность энергосистемы в будущем может быть обеспечена ее масштабным развитием, которое заключается в строительстве новых объ-

# НОВОСТИ ЭНЕРГЕТИКИ

ектов, реконструкции существующих», – сказал Ю.Маневич.

При этом он отметил, что работы по ремонту и реконструкции, а также по новому строительству велись и в предыдущие десятилетия, однако были не в состоянии обеспечить нормальное развитие электроэнергетики.

«Мы сейчас выстраиваем основную логику развития в среднесрочной программе и программе до 2025 года. Если в среднесрочной перспективе мы понимаем, что надо делать, то, что касается долгосрочной - здесь нужны доработки», - сказал гендиректор «СевЗап НТЦ», добавив, что существенное влияние на планы по развитию энергетического комплекса оказывает, в частности, рост экономики, изменение ее потребностей в энерго мощностях.

*Интерфакс*

## **В УЛЬЯНОВСКОЙ ОБЛАСТИ В ДЕКАБРЕ НАЧНЕТ РАБОТУ ПЕРВАЯ В РОССИИ МАЛАЯ ГИДРОЭЛЕКТРОСТАНЦИЯ**

Строительство гидроэлектростанции на очистных сооружениях МУП «Ульяновскводоканал» - это инновационный проект, который реализован Ульяновским областным технопарком в рамках поставленной Президентом РФ Владимиром Путиным задачи по развитию малой энергетики в России.

Все компоненты малой гидроэлектростанции отечественного производства. Сама станция выполнена по модульному принципу и полностью автоматизирована.

Инвесторами и участниками данного проекта являются Ульяновский областной технопарк, ОАО «Дагестанская региональная генерирующая компания», ОАО «Ульяновское конструкторское бюро приборостроения» и МУП «Ульяновскводоканал». Стоимость проекта - 23 млн. рублей. Срок окупаемости около 3 года. Электрическая мощность, которую вырабатывает станция, - 1,2 МВт.

*ИРА «Мозаика»*

## **В РЕЗУЛЬТАТЕ РЕАЛИЗАЦИИ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ ПРОЕКТОВ В ПРОМЫШЛЕННОСТИ ПО ИТОГАМ ГОДА ОЖИДАЕТСЯ СНИЖЕНИЕ ДОЛИ ЗАТРАТ ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ (ТЭР) В СЕБСТОИМОСТИ ПРОДУКЦИИ**

В Казани с участием Президента Татарстана Минтимера Шаймиева и Председателя Госсовета РТ Фариды Мухаметшина состоялось расширенное заседание Правительства республики, где был рассмотрен ход выполнения Программы «Энергоресурсоэффективность в Республике Татарстан на 2006-2010 годы». Премьер-министр РТ Рустам Минниханов, открывая заседание, назвал этот вопрос исключительно важным для конкурентоспособности экономики республики, поскольку имеющиеся возможности в этом направлении используются далеко не полностью.

В 2006 году удельная энергоемкость валового регионального продукта по сравнению с предыдущим годом снизилась на 3,6 процента. Об этом в своем докладе сообщил первый заместитель Премьер-министра РТ - министр экономики и промышленности Борис Павлов. В результате реализации энергосберегающих проектов в промышленности по итогам года ожидается снижение доли затрат топливно-энергетических ресурсов (ТЭР) в себестоимости продукции на 1,5 процента при одновременном росте объемов производства более чем на 7 процентов. Так, в ОАО «Татэнерго» удельные затраты топлива на производство электрической энергии снижены на 1,8 процента, тепловой энергии - на 0,8 процента. В республике в 2006 году проведено свыше ста энергетических обследований. Это позволило выявить потенциал энергосбережения в объеме 648 тыс. тонн условного топлива на сумму 903 млн. рублей, или 8,75 процента от годового потребления ТЭР обследованных организаций. Что касается объектов

## НОВОСТИ ЭНЕРГЕТИКИ

социальной сферы и здравоохранения, то здесь этот показатель составил около 27 процентов.

По итогам работы 2006 года достигнуты пороговые значения основных индикаторов выполнения программы, считает Борис Павлов. По его словам, в этом году ее реализация была ориентирована в основном на повышение эффективности использования двух ресурсов – топливно-энергетических и материальных. Дальнейшее повышение эффективности экономики республики предполагает вовлечение в программные мероприятия и других ресурсов, в частности, трудовых и информационных.

Принявший активное участие в заседании заместитель директора Департамента топливно-энергетического комплекса Министерства промышленности и энергетики РФ Сергей Михайлов рассказал о федеральной программе «Эффективное потребление энергоресурсов в Российской Федерации». По его словам, немногим субъектам России есть что показать иностранным партнерам в сфере энергосбережения, и Татарстан – в их числе. По словам федерального чиновника, благодаря взвешенной, продуманной политике руководства республики здесь достигнуты значительные результаты. Именно поэтому в Казани было решено провести международную конференцию «Реализация совместных проектов энергоэффективности европейскими и российскими энергетическими агентствами», которая состоится завтра.

Содиректор Департамента науки, технологий, транспорта и энергетики Представительства Европейской Комиссии в России Торстен Воуллерт сделал сообщение о Программе Комиссии ЕС по энергоэффективности. Оказывается, у европейских стран при всей эффективности их экономик также есть немалые ресурсы энергосбережения. Так, к 2020 году европейцы планируют снизить удельную энергоемкость ВВП еще на 20 процентов. О реализации основных направлений повышения энергоресурсоэффективности ОАО «Татэнерго» сообщил заместитель гендирек-

тора ОАО «Генерирующая компания» Ильгизар Закиров. Минтимера Шаймиева в его выступлении привлекла информация о том, что Казанская ТЭЦ-3 в результате внедрения собственных разработок больше не сбрасывает сточных вод. По словам Президента РТ, это является одним из наглядных примеров того, как новые проекты не только не усугубляют экологическую обстановку, но и улучшают ее. Когда речь зашла о теплофикационном проекте «Татэнерго» в Набережных Челнах, в результате реализации которого тарифы на тепловую энергию для жителей старой части города снизились с 576 до 273 рублей за гигакалорию, глава республики поставил задачу добиться подобного результата и в Казани, где дешевая энергия теплоэлектростанций должна заменить тепло от мелких котельных. «Почему так долго этому противилась столица республики?» - задал вопрос Минтимер Шаймиев и сам же на него ответил: «Потому что у каждой из 129 казанских котельных есть свой президент со своими интересами».

Первый заместитель главы муниципального образования города Казани Рафис Бурганов, говоря о реализации городской программы энергоресурсоэффективности, продолжил затронутую выше тему, напомнив о принятом недавно решении объединить тепловые сети «Татэнерго» с муниципальными сетями. Минтимер Шаймиев высказал надежду, что Казань станет «локомотивом» в деле энергосбережения в бюджетной и жилищно-коммунальной сферах. Главной задачей, по его словам, должно быть сдерживание роста тарифов на коммунальные услуги.

Возможности внедрения энергоресурсоэффективных технологий на крупных предприятиях были представлены на примере ОАО «Нижнекамскнефтехим». Как сообщил гендиректор компании Владимир Бусыгин, за предшествующие пять лет экономический эффект от реализации 500 энергосберегающих мероприятий составил 854 млн рублей, а в рамках новой пятилетней программы предстоит осуществ-

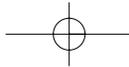
вить еще 11 таких мероприятий с эффектом в 757 млн рублей.

В завершении заседания Минтимер Шаймиев отметил, что хотя в новой программе и идет речь об энергоресурсосбережении, все же на второй составляющей этого слова внимание акцентировать еще не удалось, и это должно стать задачей при подведении итогов 2007 года. Вместе с тем, необходимо вести речь о «трудосбережении», ведь при одновременном повышении зарплат надо снижать трудоемкость продукции, что является «архиважной задачей», подчеркнул Президент РТ.

Обращаясь к главам муниципальных властей, которые также были приглашены на заседание, Минтимер Шаймиев напомнил об их прямой обязанности – энергосбережении в социальной и жилищно-коммунальной сферах, что прямо связано с интересами населения, которое ежемесячно платит по счетам, сказал глава республики. В этом контексте он призвал серьезно продолжить работу по реформированию ЖКХ и предложил Правительству отдельно рассмотреть этот вопрос, чтобы не прикрывать пробелы этой сферы успехами крупных промышленных компаний. Что касается последних, то у них – своя проблема, ведь «мы стоим на пороге шока перед вступлением страны в ВТО, и это надо осмыслить», заявил Минтимер Шаймиев. Сказав, что «мы можем стать сильнее, если раньше других усвоим предстоящие уроки», он поручил Рустаму Минниханову создать группу для изучения последствий для Татарстана, которые повлечет будущее членство в ВТО.

Особое внимание Президент РТ уделил энергетической отрасли. Говоря о ее задачах, он поставил задачу довести мощности энергосистемы Татарстана до соответствия европейским стандартам, увязав это с выходом «Татэнерго» на оптовый энергорынок России.

Уделил внимание Минтимер Шаймиев и роли средств массовой информации в освещении обсуждавшихся на заседании тем, в частности, отметил не всегда компетентное освещение жур-



## НОВОСТИ ЭНЕРГЕТИКИ

налистами экологических проблем. В этой связи он предложил руководителям крупных предприятий быть доступнее для прессы. Для журналистов Президент рекомендовал организовать тематическую учебу.

По завершении заседания Сергей Михайлов вручил грамоты Минпромэнерго за подписью Виктора Христенко с формулировкой «За большой личный вклад в развитие отраслей топливно-энергетического комплекса, многолетний доблестный труд и успешную реализацию политики энергоресурсосбережения». Их были удостоены первый вице-премьер РТ Борис Павлов, гендиректор ОАО «Татэнерго» Ильшат Фардиев, гендиректор ОАО «Татнефть» Шафагат Тахаутдинов, гендиректор ОАО «Нижнекамскнефтехим» Владимир Бусыгин и директор Центра энергосберегающих технологий РТ Евгений Мартынов. Рустам Минниханов вручил дипломы и памятные призы победителям смотра-конкурса по итогам реализации в 2006 году программы энергоресурсоэффективности.

*Татар-информ*

### КОМАНДА ФИЗИКОВ ИЗ МАССАЧУСЕТСКОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ИНСТИТУТА РАЗРАБОТАЛА ТЕХНОЛОГИЮ ПЕРЕДАЧИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ МЕТОДОМ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО РЕЗОНАНСА

Новая технология основана на открытом сотню лет назад электромагнитном излучении. Суть ее в том, что подключенный к источнику питания передатчик, представляющий так называемый долгоживущий резонатор, создает внутри себя электромагнитное поле. Чтобы образовалось электрическое напряжение, необходимо поместить в радиус приема резонатор, настроенный на ту же частоту, что и передатчик. Схема действия очень похожа на эффект акустического резонанса, отмечают физики.

Как надеются изобретатели, их изобретение найдет применение в раз-

личных мобильных устройствах, таких, как ноутбуки, мобильные телефоны и КПК. Пока же оно существует только на бумаге. Новая технология абсолютно безвредна для людей, животных, бытовой техники и электронных устройств.

Изобретение физиков из Массачусетского технологического института – далеко не первая попытка передачи электроэнергии без использования проводов. Известный физик Никола Тесла на протяжении 16 лет строил башню высотой 29 метров, с помощью которой собирался передавать электроэнергию по воздуху. Строительство башни было прекращено в 1917 году в связи с отсутствием финансирования.

*РАО «ЕЭС России»*

### МИНПРОМЭНЕРГО: ПОТЕНЦИАЛ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ В РФ СОСТАВЛЯЕТ 39-47%

Потенциал энергосбережения в России соизмерим с потенциалом новых разведанных запасов углеводородного сырья и составляет 39-47% от существующего годового потребления энергии. Как передает АК&М, об этом сообщил сопредседатель группы по энергосбережению ЭнергодIALOGA Россия-ЕС, замдиректора департамента топливно-энергетического комплекса Минпромэнерго РФ Сергей Михайлов на состоявшейся сегодня, 6 декабря, в Казани конференции по сотрудничеству европейских и российских энергетических агентств. Почти треть этого потенциала сосредоточена в топливно-энергетическом комплексе, еще 35-37% - в промышленности и 25-27% - в жилищно-коммунальном хозяйстве. Исходя из положенных в основу Энергетической стратегии России параметров долгосрочного социально-экономического развития страны, структурная перестройка экономики позволит компенсировать около половины необходимого прироста энергопотребления. По информации С.Михайлова, реализация освоенных в отечественной и мировой практике организационных и техноло-

гических мер по экономии энергоресурсов способна к 2020 г. уменьшить их расход в стране на 360-430 млн т условного топлива в год. В целом по федеральной бюджетной сфере потенциал энергосбережения оценивается в 18-22 млн т условного топлива, причем до 35% потенциала приходится на лечебные учреждения, 30% - на культурно-просветительские и учебные и 27% - на административные здания и 8% - прочие. В жилищно-коммунальном хозяйстве потенциал энергосбережения составляет 95-110 млн т условного топлива.

*ИА RusEnergy*

### МИНПРОМЭНЕРГО К 2008г ВНОВЬ ПЕРЕОСМЫСЛИТ ЭНЕРГОСТРАТЕГИЮ РФ

Минпромэнерго РФ начинает разработку энергетической стратегии до 2030 года, заявил начальник отдела государственной энергетической политики департамента ТЭК Минпромэнерго Владимир Саенко в кулуарах китайско-российско-казахстанского нефтегазового форума.

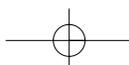
По его словам, в рамках министерства уже создана рабочая группа по написанию обновленной энергетической стратегии, вскоре должно выйти постановление правительства по этому поводу.

Сам документ должен быть готов к 2008 году, сказал чиновник.

По словам В.Саенко, в новой стратегии будут учтены более высокие, чем в существующей, темпы роста российской экономики, а также новая структура российского нефтегазового комплекса, в котором теперь более активно представлено государство.

«Там будет меньше цифр, но сама концепция будет лучше», – сказал В.Саенко, отвечая на вопрос о различиях между действующей стратегией и будущей.

В настоящее время рабочим документом является энергостратегия до 2015 года, которая была принята в 2003 году.



## ПРОБЛЕМЫ И РЕШЕНИЯ



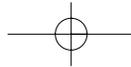
# КРАТКИЙ ОБЗОР И СРАВНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ ОБСЛУЖИВАНИЯ ОБОРУДОВАНИЯ (ППР И «ПО СОСТОЯНИЮ»)

Любое изделие имеет свой срок службы. Тем паче, если это «НЕЧТО» произведено не природой, а руками человека, то срок службы становится вполне конкретным. На бытовом уровне наши представления об ожидаемом сроке службы изделия увязываются со сроками гарантий, указываемых производителем в паспорте на их изделие. Если вы приобретаете обувь, вам могут предоставить гарантию 3-6 месяцев, если телевизор, то обычно 1-1,5 года, но можно приобрести телевизор и с гарантией лет 20-25. Это, конечно, потребует от вас определенных дополнительных затрат, но вы вполне обоснованно можете надеяться, что подобный телевизор прослужит вам всю вашу жизнь. Подобные надежды являются достаточно оправданными, поскольку бытовая техника очень проста в обращении и надо быть очень изобретательным человеком, чтобы ухитриться эксплуатировать ее неправильно, или не по назначению. Вряд ли вам придет в голову помыть телевизор под душем, или фирменной зажигалкой Zippo (где указан срок гарантии - «вечно») поколоть грецкие орехи. Если же вы проделываете нечто подобное, вы прекрасно понимаете, что гарантии изготовителя к вам уже не имеют никакого отношения. Описанные примеры, конечно, маловероятны, но, если перейти к промышленному оборудованию, которое и является предметом нашего

рассмотрения, то здесь уже многое из того, что представляется нам совершенно невероятным в повседневном быту, воспринимается как нечто естественное и привычное. Ниже более подробно описано все то многообразие различных факторов, которые реально влияют на эксплуатационный ресурс механизмов. Здесь пока ограничимся констатацией двух групп причин несомненно влияющих на срок службы любого механизма.

Первое, это разработчик и изготовитель изделия. Те, кто занимается эксплуатацией промышленного оборудования, имеют достаточный опыт, чтобы почувствовать разницу между, например, однотипными вентиляционными установками, изготавливаемыми на авиационном заводе и заключенными в зоне, хотя гарантийные сроки в паспортах будут одинаковыми. Основы длительной эксплуатации закладываются создателями оборудования и что бы не писалось в сопроводительной документации, устойчивый имидж любой фирмы создается годами. Бойтесь новых имен и, в особенности, «дешевого» оборудования.

Второе, это, без сомнения, эксплуатация. Кто бы ни изготовил ваш механизм, но с того момента, как вы начинаете его эксплуатировать, его дальнейшая судьба уже в значительной мере зависит именно от вас. Принятая на вашем



### **ЗАВОД «ВИБРАТОР» ПРЕДСТАВИЛ ЛИНЕЙКУ УСТРОЙСТВ, РЕШАЮЩИХ ПРОБЛЕМУ ЭМС**

Проблема электромагнитной совместимости (ЭМС) – одна из наиболее актуальных проблем промышленности России. В целях повышения эффективности работы, предприятия стали переходить на цифровые устройства релейной защиты (УРЗ), способные выполнять одновременно несколько функций. При воздействии электромагнитных помех основные системы контроля и регулирования могут срабатывать ложно и выходить из строя. Так, по данным издания «Энергетика и промышленность России», с 1999-2001 год в Новосибирской энергосистеме произошло 23264 срабатывания релейной защиты и в 100 случаях это были ложные отключения. Поэтому, проблеме повышения надежности работы электронных устройств в условиях воздействия электромагнитных помех стало уделяться достаточно большое внимание.

Невыполнение требований ЭМС может привести к сбою в электронных системах воздушного транспорта, систем управления автоматических производственных линий, медицинского оборудования. Что может привести не только к финансовым потерям предприятий, но и к человеческим жертвам. Кроме того, решение этой проблемы, и соответственно изготовление приборов, учитывающих параметры электромагнитной совместимости – необходимый элемент для работы российских предприятий на международном рынке.

Решение проблем, затрагивающих несколько областей жизнедеятельности человека, возможно только в случае применения комплекса методов.

**13>>**

предприятию технология технического обслуживания и ремонта является важнейшим фактором реально определяющим рабочий ресурс оборудования. Рассмотрению этих вопросов и посвящена настоящая глава.

Принципиально, по крупному, существуют две технологии технического обслуживания: по регламенту и по состоянию. Рассмотрим их более подробно и вы, надеемся, убедитесь, что многие ваши проблемы с эксплуатацией механизмов заложены в самой технологии работ и никуда вы от них не денетесь ничего не меняя в этой технологии.

#### **2. ОБСЛУЖИВАНИЕ «ПО РЕГЛАМЕНТУ»**

Технология технического обслуживания «по регламенту», часто называемая также технологией ППР (т.е. планово-предупредительных ремонтов), базируется на простых и, на первый взгляд, очевидных вещах. Всякий механизм в процессе своей эксплуатации претерпевает постепенные изменения в техническом состоянии своих узлов, деталей, рабочих сред и т.д. В полном соответствии с совершенно справедливым законом о переходе количества в качество постепенные изменения в отдельных составляющих механизма приводят к тому, что и в целом механизм переходит из одного состояния (исправный, работоспособный) в другое (неисправный, неработоспособный). Здесь необходимо заметить, что процесс этот является абсолютно естественным и неизбежным, какую бы технологию технического обслуживания мы не изобрели. Это просто одно из проявлений фундаментального закона природы, которому подчиняется все в окружающем нас мире. Изложить закон можно буквально в трех словах: энтропия в мире увеличивается. Другими словами, любое творение как природы, так и рук человеческих стремится (и когда-то обязательно этого достигает) в конце концов рассыпаться на молекулы и атомы и вернуться в состояние первозданного хаоса. Такое вот несколько грустно-философское отступление представ-

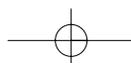
ляется нам здесь вполне уместным, чтобы читатель с самого начала представлял себе, что тут нет и не будет рецептов «вечной молодости» механизмов.

Просто потому, что этих рецептов в принципе не существует в природе. Нас с вами должно интересовать другое: да, процессы, ухудшающие техническое состояние механизмов, неизбежны и естественны, но как их замедлить и тем самым продлить срок службы оборудования? Ответом на этот вопрос и различаются технологии технического обслуживания.

Что же предлагает в качестве ответа технология ППР?

Технология ППР предлагает следующее. В соответствии с рекомендациями эксплуатационной и ремонтной документации на механизмы, с учетом, естественно, и собственного опыта их эксплуатации, периодически, через определенные промежутки времени производить ревизию механизма, ремонт или замену узлов, деталей, смазки и т.д. В ряде случаев эти требования являются категорическими, в других случаях решения о ремонтах и заменах должны приниматься по результатам ревизии, т.е. вскрытия механизма или его узлов. Предлагаемое данной технологией решение является, на первый взгляд, логичным и правильным. Так ли это в действительности? Чтобы ответить на этот вопрос, сначала необходимо постараться максимально ясно и кратко сформулировать тот постулат (или постулаты), на которых базируется подобный подход. По нашему мнению, постулат этот единственный и может быть сформулирован, например, следующим образом: «Остаточный ресурс механизма определяется только временем его эксплуатации.»

Если данный постулат верен, т.е. он действительно описывает поведение механизма в процессе эксплуатации, то и к технологии ППР не может быть никаких претензий. Справедливость же любых постулатов может быть подтверждена только практикой. И в данном случае подтвердить дан-



# ПРОБЛЕМЫ И РЕШЕНИЯ

## НОВОСТИ ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ

&lt;&lt;12

ный постулат могло бы только одно: одинаковые механизмы, работающие в одинаковых условиях, выходили бы из строя с примерно одинаковой периодичностью. А вот этого то мы в практике и не наблюдаем, а зачастую картина бывает прямо противоположной - одни механизмы работают годами, другие, на первый взгляд точно такие же, ломаются каждый месяц. И ведь это не теоретические изыски, а реальная практика эксплуатационщиков оборудования и от этого нельзя просто отмахнуться. Напротив, это серьезный повод задуматься и, значит, попытаться понять, в чем же дело? И один из наиболее интересных вопросов по этому поводу можно было бы сформулировать так:

### **Почему же технология ППР до сих пор широко и повсеместно используется?**

Попробуем ответить на этот вопрос.

Здесь существует несколько причин, которые можно было бы сгруппировать следующим образом:

#### **а) Плохая наследственность**

Технология ППР является просто одним из наглядных примеров реализации простой и, очевидной народной мудрости, выражаемой поговоркой: «по одежке протягивай ножки». Если до сих пор на многих предприятиях основными орудиями труда ремонтного персонала являются гаечный ключ, лом, кувалда и газовый резак, нет ничего удивительного и в том, что в первую очередь появилась и распространилась технология технического обслуживания механизмов, базирующаяся на простом и доступном наборе технических средств. Все это, в общем, вполне естественно, если учесть ту массу объективных обстоятельств, которые способствовали именно такому подходу и связаны с непростой историей нашей страны. Другими словами, вполне можно понять, что вряд ли исторически у нас могло быть иначе, хотя это никак пока не объясняет почему же это происходит и до сегодняшнего дня. Поэтому продолжим.

#### **б) Изготовитель хочет спать спокойно**

Технология ППР в значительной мере устраивает разработчиков и изготовителей оборудования, поскольку обеспечивает им достаточно высокие шансы на то, чтобы не бояться возможных претензий и рекламаций. Тому есть несколько причин.

*Во-первых*, разработчики и изготовители оборудования (будем для краткости далее их называть просто изготовителями) являются тем первоисточником, где и формируется, в основном, технология технического обслуживания конкретного оборудования. Именно здесь создается та эксплуатационная и ремонтная документация, которая ложится в основу технологии. Естественно, что любой изготовитель закладывает в документацию определенный «запас прочности», чтобы чувствовать себя уверенно перед потребителями продукции. Есть ли в этом какой-либо криминал, или это не инженерный подход? Отнюдь нет, именно так и должно делаться. Вопрос только в том, каков этот запас. А вот здесь-то рекомендаций и мнений существует великое множество и окончательное решение почти всегда на совести изготовителя. Естественно, что технология ППР позволяет изготовителю подстраховаться от возможных случайностей в эксплуатации его оборудования, причем в той мере, в которой он сам сочтет это необходимым.

*Во-вторых*, технология ППР в большинстве случаев позволяет изготовителю защитить свои позиции перед эксплуатационщиками даже и в тех случаях, когда они все-таки доходят до предъявления претензий. Дело в том, что ни один изготовитель, конечно, не напишет, что при ремонте механизма следует, например, снять подшипник с помощью газовой горелки, а насаживать его кувалдой. Там будут фигурировать индукционные нагреватели, масляные ванны, гидравлические гайки, съемники и масса прочих приспособлений, которые действительно в принципе существуют и известны и изготовителям и

Поэтому, проблема электромагнитной совместимости регулируется как с государственной позиции, так и с позиции непосредственно предприятий-изготовителей различного электротехнического оборудования. Так, в 2005 году Государственная Дума приняла Закон РФ «О государственном регулировании в области обеспечения электромагнитной совместимости технических средств», разработанный Госстандартом РФ совместно с Комитетом по информационной политике и связи Госдумы, который диктует правила соблюдения определенных параметров. Также, проблему ЭМС пытается решить Росстандарт, издаются новые ГОСТы, являющиеся повторением стандартов МЭК, направленные на обеспечение ЭМС.

Приборостроительный завод «Вибратор», одно из первых предприятий России, занимающихся разработкой и производством контрольно-измерительных приборов, применяемых в системах управления и контроля, которое обратило внимание на обеспечение надежности функционирования своих приборов в условиях воздействия сильных электромагнитных помех. С 2005 года «Вибратор» выпускает ряд приборов, обладающих повышенной устойчивостью к воздействию внешних электромагнитных помех в жесткой электромагнитной обстановке.

Одноканальные, полностью программируемые потребителем, панельные приборы для систем контроля и регулирования Ф1775-АД предназначены для работы с источниками унифицированных сигналов постоянного тока и напряжения, с термопреобразователями сопротивления и терморезисторами и обеспечивают измерение, контроль и 2-х или 3-х позиционное регулирование либо ПИД-регулирование параметров в системах технологического контроля и регулирования

21&gt;&gt;

## ПРОБЛЕМЫ И РЕШЕНИЯ

эксплуатационщикам. Но им также хорошо известно, что сплошь и рядом в дело пойдет именно кувалда. Поэтому изготовитель почти всегда имеет возможность в ответ на предъявляемые к нему претензии выставить встречные претензии к эксплуатационщикам в отступлении от рекомендаций изготовителя и будет прав.

*В-третьих*, изготовитель, гладко излагая в документации как правильно механизм должен эксплуатироваться, обслуживаться и ремонтироваться, на самом деле прекрасно себе представляет, что зачастую происходит в реальной жизни. А в действительности происходит следующее: технология обслуживания «по регламенту» плавно трансформируется в технологию обслуживания «по поломкам». Другими словами, часто механизмы эксплуатируются просто до тех пор, пока не сломаются, а уж потом начинаются авралы, ремонты, выговоры, награды и прочее. Если поинтересоваться почему так происходит, вам всегда назовут массу объективных причин: нехватка персонала, времени, запчастей, денег (... перечень можете продолжить сами). Что же тут может не устраивать изготовителя?

### **в) Эксплуатационщик: «Я свою работу сделал!»**

Те, кто занимается эксплуатацией механизмов, в полной мере ощущают на себе как недостатки самих механизмов, так и изъяны технологии обслуживания, принятой на предприятии. Как ни странно, их при этом в определенной мере также устраивает технология ППР, в особенности это касается низового звена непосредственных исполнителей. В большинстве случаев к ним не может быть никаких претензий - они действительно делают все, что положено и все, что могут с использованием того, что они имеют. А вот имеют они, к сожалению, очень немного и в этом нет никакой их вины. В результате мы и имеем то, что имеем: каждый честно сделал свою работу, механизм через неделю сломался, причины опять остались невыяснены, виноватых нет. Зачастую технология ППР стимулируется и системой оплаты труда - чем больше ремонтов, тем лучше, тем выше зарплата. А в этом как непосредственные исполнители, так и руководители заинтересованы одинаково и даже руководители, естественно, в большей степени, а, значит, и добиться каких-то перемен становится намного сложнее.

Так было до недавнего времени. Но сейчас, к счастью, ситуация начинает меняться в лучшую сторону в первую очередь благодаря смене форм собственности предприятий. Каждый руководитель уже на собственном опыте и кармане начинает понимать, что эксплуатационные затраты могут быть оправданы только в той мере, в какой они обоснованы технически и экономически. Иначе предприятие просто разорится.

Теперь, поняв причины появления и живучести технологии ППР, настало время сформулировать основные недостатки этой технологии.

### **Недостатки технологии ППР**

а) Основная идея, лежащая в основе технологии ППР о том, что остаточный ресурс механизма определяется

только временем его эксплуатации, очень часто не находит подтверждения в практике. Естественно, что время эксплуатации всегда влияет на изменения в техническом состоянии механизма, но это далеко не единственный фактор, определяющий его остаточный ресурс, а зачастую и просто малозначимый. Любой механизм представляет собой целую систему допусков: конструкторских, технологических, на изготовление, сборку и наладку, допусков на материалы и комплектацию и т.д. Значит нет и не может быть совершенно одинаковых механизмов, а, следовательно, нет и их одинакового поведения в процессе эксплуатации. Наряду с этим можно перечислить еще целый ряд факторов, оказывающих влияние на поведение механизмов:

- ◆ время и место изготовления;
- ◆ условия хранения, транспортировки монтажа;
- ◆ квалификация и техническое оснащение обслуживающего персонала;
- ◆ содержание и качество прошедших ремонтов;
- ◆ влияние соседнего оборудования;
- ◆ состояние окружающей среды и т.д.

б) Во многих случаях для механизмов роторного типа технология ППР дает результат прямо противоположный ожидаемому. Даже в тех случаях, когда вы просто вскрыли механизм, например, подшипниковый узел, убедившись, что нет оснований для какого-либо вмешательства или ремонта и опять закрыли. Остаточный ресурс такого механизма уже уменьшится относительно того, который был до ревизии. Связано это с тем, что любое, не обоснованное реальным текущим техническим состоянием «шевеление» механизма, нарушает качество кинематических взаимосвязей в его узлах, достигнутое естественной приработкой сопрягаемых узлов и деталей в процессе эксплуатации. Это очень существенный недостаток технологии ППР для вращающихся механизмов. Чем более высокооборотный механизм, тем больший урон ему наносят необоснованные ревизии.

в) Технология ППР носит явно выраженный затратный характер. Если еще и система оплаты труда ремонтников на предприятии сделана по принципу «чем больше работы, тем выше зарплата», ситуация зачастую становится просто абсурдной, во всяком случае, на уровне житейского здравого смысла она уже не поддается пониманию.

Все ли мы теперь сказали о технологии ППР? Отнюдь нет, поэтому продолжим:

### **Несколько слов в защиту технологии ППР**

Очевидно, что если бы технология ППР состояла из одних недостатков, она бы не просуществовала столь долго, несмотря на все то, что о ней говорилось выше. Естественно, что есть в этой технологии много полезного и разумного и об этом тоже надо обязательно сказать. И для начала нам бы хотелось здесь сформулировать, наконец, позицию авторов по данному вопросу. Мы не являемся принципи-

## ПРОБЛЕМЫ И РЕШЕНИЯ

альными противниками технологии ППР, считающими, что везде и во всех случаях от нее больше вреда, чем пользы. Отнюдь нет. Ошибочным, по нашему мнению, является не само использование технологии ППР, а убежденность в том, что она должна использоваться везде и всегда и ничего другого нет и не надо. Вот это глубокое заблуждение, особенно применительно к механизмам роторного типа, которым, собственно, и посвящена данная книга.

Итак, когда же технология ППР вполне оправдана и эффективна ?

Начнем с примеров достаточно очевидных. Например, производство горячекатанной стали. Наряду с огромным количеством механизмов роторного типа (электродвигатели, редукторы, клетки, рольганг, насосы, воздухонагнетатели и т.д.) в ведении служб энергетика и механика находятся и такие агрегаты, как, скажем, нагревательные печи. В процессе работы внутренние поверхности и конструкции печей подвергаются значительному износу и разрушению. И поддержание их в эксплуатационном состоянии не требует, естественно, никакой диагностики. Срок службы здесь действительно определяется в основном временем их эксплуатации и, в некоторой степени, количеством пусков печи, если по каким-либо причинам ее приходилось останавливать в течение межремонтного периода. Из опыта эксплуатации здесь совершенно однозначно известно, что, скажем, через каждые три года внутреннюю кладку печи необходимо заменять. И это всегда действительно так - надо заменять. Это, нам кажется, один из примеров вполне обоснованного использования технологии ППР, причем в ее «чистом» виде, без трансформации технологии «по регламенту» в технологию «по поломкам». Все понимают, что это в данном случае чревато слишком серьезными последствиями.

Из того же ряда можно приводить еще достаточно большое количество примеров различных агрегатов и узлов, состояние которых в основном определяется временем эксплуатации: котлы ТЭЦ и котельных, рельсовые стыки и стрелки, тросовое хозяйство шахт и лифтов и т.д.

Наряду с этим, можно привести примеры вполне обоснованного использования технологии ППР и для механизмов роторного типа. Даже для таких традиционных объектов вибродиагностики, как, скажем, электродвигатель. Все зависит от условий эксплуатации. Например, тяговые электродвигатели вагонных тележек трамваев или электричек. Расположенные под вагонами, они работают в очень тяжелых условиях: высокая запыленность, забрызгивание водой, снегом и грязью, постоянная смена режимов разгонторможение (особенно для трамваев). Естественно, что их рабочий ресурс может в десятки раз отличаться от ресурса аналогичных электродвигателей, работающих, к примеру, на приводе дымососов в какой-нибудь котельной. При этом даже хорошее техническое состояние этих электродвигателей по кинематике (например, по сбалансированности ротора или состоянию подшипников) не может служить достаточным основанием существенного увеличения периодич-

ности ППР. Во всех случаях через каждые 2-3 месяца эти электродвигатели необходимо разбирать и, как минимум, тщательно чистить от пыли и грязи, проверять состояние изоляции обмоток и т.д. Таковы условия эксплуатации, и технология ППР здесь совершенно оправдана. Другое дело, что даже в подобных случаях совершенно неразумно впадать в противоположную крайность и убеждать себя и других, что уж здесь-то совершенно ни к чему заниматься какой-то вибродиагностикой и наладкой, поскольку через три месяца механизм все-равно надо будет разбирать, а уж тогда мы и так увидим, что там требует замены или ремонта. Глубокое заблуждение. Никакая ревизия не позволит определить, например, повышенный динамический дисбаланс ротора, а это важнейший фактор остаточного ресурса любого роторного механизма. Таким образом, грамотный подход в подобных случаях состоит в следующем.

Эксплуатация механизма осуществляется по технологии ППР, но после прохождения ремонта электродвигатель обязательно подвергается виброконтролю, диагностике и, при необходимости, наладке (например, подбалансировка ротора) и только после этого монтируется на вагонную тележку. В противном случае нет никаких гарантий, что он работает хотя бы положенный ему период между чистками.

Из всего сказанного следует, по нашему мнению, один простой вывод: во всех случаях технология технического обслуживания должна быть не догматической (только так или только этак), а осмысленной, позволяющей снизить эксплуатационные затраты и продлить рабочий ресурс механизмов.

### 3. ОБСЛУЖИВАНИЕ «ПО СОСТОЯНИЮ»

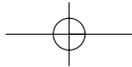
В качестве альтернативы технологии ППР при техническом обслуживании и эксплуатации механизмов роторного типа в большинстве случаев неизмеримо лучшие результаты дает использование технологии обслуживания «по состоянию» (будем для краткости называть ее «технология ПС»).

Суть технологии ПС состоит в том, что техническое обслуживание механизмов ведется не только в зависимости от того, сколько механизм проработал, но и с учетом его реального текущего технического состояния, контролируемого в процессе эксплуатации без каких-либо разборок и ревизий на базе измерения соответствующих параметров работающего механизма.

Естественно, что сразу возникает вопрос, что это за параметры, как их контролировать, какие к ним предъявляются требования и т.д. С этого и начнем.

#### *Требования к контролируемым параметрам*

При ревизиях механизмов определяются так называемые первичные параметры их состояния: дефекты кинематических узлов, рабочих органов, креплений и т.д. Оценка состояния проводится визуально или с использованием каких-либо инструментальных средств и представляется, в целом, достаточно надежной. Хотя, как уже говорилось выше, далеко не все даже важные для технического состоя-



## ПРОБЛЕМЫ И РЕШЕНИЯ

ния механизма первичные параметры (например, динамический дисбаланс ротора) могут быть определены методом ревизии.

При технологии ПС, которая предполагает оценку технического состояния механизма без ревизии, на эксплуатационных режимах, речь, естественно, идет о контроле по вторичным параметрам и поэтому вполне логично, что эти параметры должны удовлетворять определенным требованиям. Требования к ним могут быть сформулированы, например, следующим образом:

- 1 контролируемые параметры должны иметь однозначную количественную взаимосвязь с первичными параметрами технического состояния;
- 2 измерение параметров должно обеспечиваться по возможности простыми, портативными техническими средствами, не требующими специальной квалификации персонала;
- 3 технические средства должны быть метрологически аттестованы, когда это необходимо;
- 4 диапазон изменения контролируемых параметров в процессе работы механизма от состояния «хорошо» до состояния «недопустимо» должен быть достаточно большим (параметр должен меняться не менее, чем в 15-20 раз) для своевременного выявления зарождающихся дефектов и достоверного прогнозирования остаточного ресурса механизма;
- 5 стоимость выполнения работ по контролю вторичных параметров и время их выполнения должны быть существенно ниже, чем при ревизии механизмов;
- 6 достоверность контроля по вторичным параметрам должна быть не ниже 80 %;
- 7 параметры контроля должны быть по возможности универсальны для диагностики одинаковых дефектов однотипного оборудования или его узлов.

Изложенный перечень не является, видимо, исчерпывающим и может дополняться еще какими-либо требованиями в зависимости от конкретных особенностей механизмов и тех дефектов, которые в нем могут появляться, но удовлетворение контролируемых параметров данному перечню является, на наш взгляд, обязательным.

Итак, что же это за вторичные параметры с помощью которых можно достоверно оценивать техническое состояние механизмов без разборок и ревизии ?

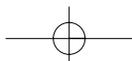
Для механизмов роторного типа (электродвигатели, насосы, вентиляторы, турбины, генераторы, редукторы и т.д.) наиболее широкое распространение во всем мире получили методы контроля, диагностики и наладки, базирующиеся на измерении соответствующих параметров вибрации этих механизмов. Обусловлено это целым рядом существенных достоинств вибропараметров при оценке технического состояния роторных механизмов.

### 3.1. ДОСТОИНСТВА ВИБРОПАРАМЕТРОВ

- 1 Вибрационные параметры в силу самого физического смысла своего происхождения всегда определяются на

работающем механизме, а используемые для съема вибрационной информации первичные вибропреобразователи всегда устанавливаются на наружных поверхностях механизмов (за редким исключением), что не требует каких-либо остановок или разборок механизмов.

- 2 Высокая информативность. Первичные вибрационные сигналы несут в себе огромное количество информации о состоянии механизма: кинематических узлов и деталей, рабочих органов и протекающих сред, систем крепления и амортизации, состоянии фундаментов, трасс и арматуры, качестве монтажа механизма и т.д. При этом как теория, так и практика обработки вибросигналов к настоящему времени столь обширны и разнообразны, что, используя соответствующий алгоритм обработки, можно извлечь из вибросигнала достоверную информацию без искажений и потерь практически по любому интересующему параметру технического состояния механизма.
- 3 Высокая чувствительность. Подавляющее большинство вибрационных параметров, характеризующих те или иные аспекты технического состояния механизма, изменяют свои значения в очень широком диапазоне величин. Например, один из вибропараметров, характеризующий состояние подшипника качения, может изменять свои значения за время эксплуатации подшипника в тысячи раз (подробнее обо всем этом в последующих главах). Высокая чувствительность имеет очень большое значение для рассматриваемых задач, поскольку это позволяет в большинстве случаев методами вибродиагностики начинать отслеживать изменения в механизме с самой ранней стадии зарождения в нем дефектов. Это, в свою очередь, обеспечивает высокую достоверность при прогнозировании остаточного ресурса механизма, сроков его ревизий и ремонтов.
- 4 Аппаратурное оснащение. Практическая виброметрия в настоящее время обеспечивается очень широкой номенклатурой различных приборов: от простых, специализированных для решения тех или иных конкретных задач, до достаточно сложных, многофункциональных аппаратов, представляющих порой из себя целую переносную виброакустическую лабораторию, уместящуюся в небольшом чемоданчике. Более подробно о технических средствах виброметрии сказано в отдельной главе. Здесь же заметим только, что в настоящее время для большинства задач вибродиагностики методы и алгоритмы обработки вибросигналов уже давно отработаны и реализованы в конкретных приборах. Таким образом, в подавляющем большинстве случаев речь вообще не идет о необходимости разработки и создания каких-либо новых приборов - все уже сделано и нужно только оснащаться необходимой техникой и начинать ее использовать. Естественно, что фирмы разработчики и изготовители виброизмерительной техники тоже не сидят сложа руки, а все время предлагают новые и новые приборы. Но в основном это уже связано с естественным совер-



## ПРОБЛЕМЫ И РЕШЕНИЯ

шенствованием элементной базы аппаратуры, улучшением ее потребительских свойств, уменьшением габаритов, потребляемой мощности и т.д.

- 5 Взаимосвязь с первичными параметрами. Для подавляющего большинства первичных параметров технического состояния механизма существуют соответствующие вибрационные параметры, имеющие однозначную количественную взаимосвязь между собой. Более того, зачастую существует возможность оценивать один и тот же первичный параметр несколькими вибрационными параметрами вследствие того, что иногда один и тот же первичный дефект в механизме порождает несколько независимых вибрационных процессов. Это позволяет дополнительно увеличивать достоверность вибродиагностических измерений.
- 6 Нормативная база. К настоящему времени во всем мире накоплен столь большой опыт по виброизмерениям роторных механизмов, что он уже давно материализовался в виде обширного класса разнообразных ГОСТов, норм, рекомендаций и т.д. Как отечественных, так и международных. Во многих случаях изготовители механизмов включают соответствующую информацию и в их паспорта. Во всяком случае, тем, кто с завтрашнего дня решил заняться виброконтролем, никаких америк открывать не придется. Порывшись в нормативных материалах, вы в большинстве случаев увидите, что критерии виброконтроля и для вашего механизма уже существуют. Берите и пользуйтесь!
- 7 Оперативность. Проведение виброизмерений на механизме осуществляется очень быстро. Обычно это несколько минут, а иногда достаточно и нескольких секунд. Т.е. пока один откручивает там какой-нибудь болт, другой уже может получить всю необходимую информацию по состоянию механизма и понять, что никаких болтов вообще крутить не следует.
- 8 Экономическая эффективность. Срок окупаемости дополнительных капиталовложений на техническое оснащение для виброизмерений, как правило, не превышает нескольких месяцев. При этом довольно часто бывает и так, что все ваши затраты полностью окупаются уже на первом же механизме после его своевременной и качественной виброналадки. Конкретные примеры даны в Приложении.

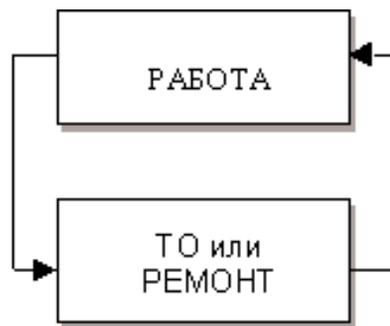
Приведенный перечень не является, вероятно, исчерпывающим, но и сказанного уже вполне достаточно, чтобы понять, что использование вибропараметров в качестве базы для оценки технического состояния механизмов, особенно роторного типа, вполне оправдано.

Итак, мы выяснили, что оценить техническое состояние механизма можно не только разобрав его и посмотрев, «что там внутри», но и по неким вторичным (в данном случае вибрационным) параметрам, без всяких разборок и ревизий. Это и лежит в основе технологии ПС.

### 3.2. ОСНОВЫ ТЕХНОЛОГИИ ПС

Коренное отличие технологии ПС от ППР состоит в том, что ППР основывается только на времени эксплуатации механизма, а ПС учитывает всю совокупность факторов, определяющих его эксплуатационный ресурс. Причем происходит это совершенно автоматически, поскольку какие бы факторы и в какой комбинации в каждом конкретном случае не воздействовали на механизм, мы наблюдаем совокупную реакцию на эти воздействия по изменению соответствующих вибрационных параметров. А они, как уже говорилось выше, в силу своей высокой информативности и чувствительности обязательно отразят происходящие с механизмом перемены. В последующем, если это необходимо, соответствующей обработкой и анализом вибропараметров всегда можно определить и с реальной причиной, вызывающей данные изменения: дефекты его изготовления, или монтажа, или наладки, или это идут естественные износовые процессы в узлах и деталях и т.д. Другими словами, при этом появляется возможность не только контролировать состояние механизма, но и определять реальные причины происходящих изменений в каждой конкретной ситуации, а, значит и принимать вполне обоснованные решения по их устранению в дальнейшем. Это существеннейшее достоинство технологии ПС.

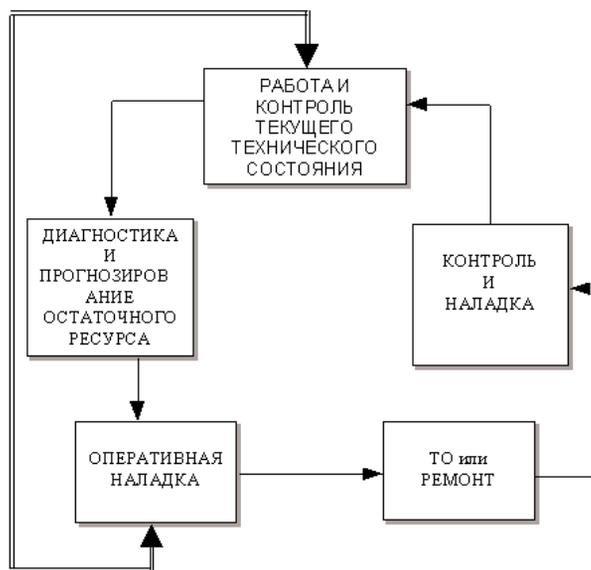
Еще одним преимуществом технологии ПС является то, что используемые при этом технические средства, как правило, позволяют не только производить вибрационные измерения и контролировать состояние механизмов, но и обеспечивают решение задач по оперативной наладке механизмов в процессе эксплуатации. В первую очередь это касается динамической балансировки роторов. Таким образом, при технологии ПС существенно изменяется сам цикл работ при эксплуатации оборудования. При технологии ППР эксплуатационный цикл, рисунок 3.1, представляет собой непрерывное чередование двух фаз: «работа»/«ТО или ремонт», при этом в любой момент цикла может вклиниться поломка механизма со всеми вытекающими последствиями.



**Рисунок 3.1- Технология обслуживания «по регламенту»**

При технологии ПС, рисунок 3.2, в составе цикла появляются совершенно новые фазы, коренным образом изменяющие саму идеологию эксплуатации оборудования.

## ПРОБЛЕМЫ И РЕШЕНИЯ



**Рисунок 3.2 – Технология обслуживания «по состоянию»**

Параллельно с работой механизма с определенной периодичностью (обычно достаточно это сделать 1 раз в 2-3 месяца) осуществляется контроль текущего технического состояния механизма по измерению соответствующих вибропараметров. Анализ этих параметров во времени позволяет отслеживать реальную динамику происходящих изменений и обоснованно прогнозировать сроки и содержание наладочных работ, ТО и ремонтов. Введение операций контроля и, при необходимости, наладки, позволяет существенно улучшать качественное состояние механизмов после прохождения ремонта.

При этом необходимо понимать, что проведение любого, даже капитального ремонта роторного механизма, ни в коей мере не гарантирует, что все проблемы решены и его можно смело эксплуатировать без всяких ограничений. Только послеремонтный виброконтроль дает объективную картину о действительном состоянии механизма. После ремонта виброактивность механизма может действительно существенно снизиться, но может измениться мало или даже возрасти. Естественно, что причина может быть в качестве ремонта (дефектные узлы, плохой монтаж и т. д.), но очень часто такое происходит и тогда, когда никаких претензий по ремонту нет. И в этом нет ничего мистического или необъяснимого. Дело в том, что любой роторный механизм, даже простенький вентилятор, на самом деле в динамике (т.е. при работе) представляет собой сложную колебательную систему, поведение которой зависит от множества факторов. Поэтому послеремонтный виброконтроль и, при необходимости, наладка, являются важнейшей фазой технологии ПС, гарантирующей продление эксплуатационного ресурса оборудования.

Еще одно достоинство технологии ПС состоит в том, что в настоящее время в большинстве случаев изготовите-

ли виброизмерительной аппаратуры предлагают своим заказчикам не только измерительные приборы, но и соответствующее программное обеспечение по автоматизированному ведению компьютерных баз данных виброизмерений, что существенно упрощает процедуру и расширяет возможности пользователя по достоверному прогнозированию остаточного ресурса механизмов, сроков и содержания их технического обслуживания и ремонта.

Итак, в чем же основные достоинства технологии ПС?

### 3.3. Достоинства технологии ПС

Переход на технологию обслуживания механизмов «по состоянию» позволяет:

- ◆ контролировать реальное текущее техническое состояние механизмов и качество их ремонта;
- ◆ уменьшить финансовые и трудовые затраты при эксплуатации оборудования;
- ◆ продлить межремонтный период и срок службы ваших механизмов;
- ◆ сократить потребность в запасных частях, материалах и оборудовании;
- ◆ избавиться от «внезапных» поломок механизмов и остановок производства;
- ◆ планировать сроки и содержание технического обслуживания и ремонта;
- ◆ повысить общую культуру производства и квалификацию персонала.

В заключение хотелось бы еще раз предостеречь читателя от догматизма как в отношении технологии ППР, так и в отношении технологии ПС. Реально, на практике технология ПС всегда представляет собой комплексную технологию, включающую в себя как элементы контроля, диагностики и наладки по вторичным параметрам, так и процедуры ревизий и обслуживания «по регламенту». Важно только, чтобы это сочетание было осознанным и разумным и обеспечивало по отношению к бездушным механизмам реализацию основной врачебной заповеди: «не навреди».

В обслуживании механизмов всегда нужно стремиться к тому, чтобы сделать максимум возможного без ревизий и разборок и только, когда все возможности этого исчерпаны, переходить к ревизиям. В этом и состоит основная идея технологии обслуживания механизмов «по состоянию».

*По материалам НПФ «Ресурс»*

## РЫНОК И ПЕРСПЕКТИВЫ

**О. И. Иоффе,  
Техсовет**



# ТРАНСФОРМАТОР – ГЛАВНОЕ ЗВЕНО ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЦЕПИ

Трансформатор – важнейший и обязательный элемент энергосистем, без него невозможно любое использование электроэнергии ни в быту, ни на производстве. «Днем рождения» трансформаторов считают 30 ноября 1876 г., когда выдающийся русский электротехник и изобретатель Павел Николаевич Яблочков получил французский патент, в котором был описан принцип действия и способ применения трансформатора. Изобретение трансформатора дало возможность генерировать электроэнергию при одном напряжении, передавать ее с другим напряжением (ориентируясь на минимальные потери) и потребителю подавать при напряжении, рассчитанном на параметры электроприемников.

Традиционный трансформатор имеет сравнительно простую конструкцию и высокий к.п.д. (Подробное описание можно посмотреть на [www.transform.ru](http://www.transform.ru)). По мнению специалистов, отечественные трансформаторы по надежности и долговечности не уступают зарубежным, взрываются не чаще, чем импортные.

Установленная мощность трансформаторов в России в 5-6 раз превышает суммарную генераторную мощность. Основная масса сегодняшних «трудяг» российской электроэнергетики установлена на наших станциях в 60-70-х гг. прошлого столетия и практически парк с тех пор не обновлялся. На сегодняшний день износ подстанционного высоковольтного оборудования (трансформаторов, реакторов,

коммутационных устройств) 110 – 750 кВ превышает 50 – 60 %, а около 10 % трансформаторов полностью отработали нормативный срок службы.

Нормативный ресурс трансформатора — 25-30 лет. Реально же они работают без серьезного уменьшения надежности 40-50 лет. Конечно, при соответствии условий эксплуатации и обслуживания техническим требованиям и регулярных ремонтах. Если с текущими ремонтами обычно более-менее эксплуатирующие организации справляются, то с условиями эксплуатации, к сожалению, – далеко не всегда. Характеристики трансформаторов тока и напряжения сильно зависят от параметров нагрузки, которые часто находятся в предельной области применения, или превышают максимально допустимые значения. В любом случае, наступает момент, когда трансформатор требует замены.

### Что «на новенького»?

На большинстве энергетических объектов установлены масляные трансформаторы. Взрыв такого трансформатора часто приводит к пожарам из-за выброса горячего масла. А к чему может привести такой взрыв, хорошо показала крупнейшая за последние полвека авария в московской энергосистеме в мае 2005г. Специалисты советуют заменять масляные трансформаторы на современные сухие. Сухие трансформаторы с литой изоляцией устанавливаются в

## НОВОСТИ ЭНЕРГЕТИКИ



помещениях с особо жесткими требованиями пожарной безопасности и взрывобезопасности, например, вблизи технологических участков предприятий химической, атомной и металлургической промышленности. Их основное достоинство – высокая пожаробезопасность, следовательно, трансформаторные пункты можно размещать максимально близко к потребителям электроэнергии, что значительно снижает потери при передаче электроэнергии в сетях низкого напряжения. Кроме того, они не требуют отвода городской территории под подстанции и земляных работ по прокладке коммуникаций. Магнитопровод, изготовленный из высококачественной холоднокатаной листовой электротехнической стали с ориентированной зернистой структурой и собранный по схеме «Step lap», обеспечивает снижение потерь холостого хода трансформатора и уровень шума при его работе. (Заметим, что вообще производители современных трансформаторов ориентируются на сердечники из холоднокатанной стали, поскольку трансформаторы с сердечниками из горячекатаного материала отличаются большими потерями энергии). К важным преимуществам трансформаторов с литой изоляцией относится экологическая чистота (нет масла – нет утечек, нет и выделения токсичных газов в случае пожара), устойчивость к воздействию сырости и влаги, высокая надежность, безопасность и низкие эксплуатационные затраты, существенное уменьшение габаритов, простота монтажа. Специалисты, однако, указывают и на определенные сложности: в условиях естественного охлаждения длительная перегрузка литого трансформатора не должна превышать 10–15% от его номинальной мощности. Кроме того, стоимость сухого трансформатора с литой изоляцией значительно выше стоимости масляного трансформатора. До сих пор в России трансформаторы с литой изоляцией были только импортные.

### Патриархи и молодое поколение

Почти половину российского рынка электрооборудования, в т.ч. трансформаторов, «оккупировали» лучшие мировые фирмы ABB, Siemens, Schneider Electric, Alstom., Areva, General Electric и др. Однако, трансформаторостроение в России имеет глубокие корни и отличную школу, потому сегодня отечественные производители вытесняют зарубежных грандов. Ниже приводится далеко не полный перечень предприятий, имеющих хорошие конкурентные позиции и активно развивающихся. Почти все они входят в крупные интегрированные структуры, а продукцию реализуют через официальных поставщиков.

Производство трансформаторов в России началось в 1928г. на московском «Электротехзаводе» по образцу Дженерал Электрик и при участии консультантов американской фирмы. Сегодня патриарх отрасли входит в ОАО «Холдинговая компания Электротехзавод» вместе с уфимским заводом «Электроаппарат», и известен как ведущий российский и мировой производитель самого разнообразного трансформаторного оборудования с диапазоном напряжений от десятков вольт до 1150 кВ и мощностей – от десятков вольт-ампер до 400 МВА. В номенклатуре - трансформаторные и выключательные вводы до 500 кВ, высоковольтные силовые трансформаторы и автотрансформаторы для электросетей 110-500 кВ, линейные трансформаторные агрегаты для регулирования напряжения под нагрузкой в электросетях до 750 кВ и т.д. Освоено производство сухих трансформаторов с литой изоляцией мощностью до 2500 кВА по лицензии фирмы «Шнайдер Электрик» (Франция). На московской площадке ведется реконструкция основных цехов с ориентацией на производство сверхмощных трансформаторов мощностью до 630 МВА напряжением до 750 кВ, в Уфе – строительство нового крупнейшего в России трансформаторного завода.

Стоимость проекта около 2 млрд руб. Суммарная мощность предприятия составит до 27 млн кВА в год. На предп-



&lt;&lt;13



рия будут производиться силовые трансформаторы мощностью до 125 МВА, распределительные масляные трансформаторы (в т.ч. в герметичном исполнении) мощностью до 1250 кВА и сухие трансформаторы (в т.ч. с литой изоляцией) мощностью до 4000 кВА. По проекту, который разработан в ГУП «Башпромстройпроект», планируется создание комплекса из двух заводов под одной крышей общей площадью 60 тыс. кв. м. «Первый колышек» был забит в сентябре прошлого года, пуск предполагается в 2007г. В настоящее время в главный корпус предприятия начинает поступать оборудование ведущих мировых фирм: George и Hedrich (Германия), Haefely и Tiboly (Швейцария), Von Roll Izola (Австрия), L.A.E. (Италия) и др. После выхода на проектную мощность, ожидаемый объем производства составит более 3,6 млрд руб. в год.

Из производителей и поставщиков сухих трансформаторов назовем также ОАО «Уралэлектротяжмаш» (Екатеринбург, входит в «Энергомашкорпорацию») – признанного лидера на рынке мощных силовых трансформаторов. Завод выпускает мощные преобразовательные трансформато-

ры для предприятий алюминиевой промышленности, тяговых подстанций электрифицированных железных дорог, силовые трансформаторы мощностью до 125 000кВА на напряжение до 220кВ, сухие трансформаторы мощностью до 6300кВА на напряжение до 24кВ с изоляцией «монолит» и с воздушнobarьерной изоляцией, трансформаторы мощностью до 8000кВа на напряжение до 10кВ с

жидким негорючим экологически чистым диэлектриком «марки 7131». Серийный выпуск элегазовых баковых выключателей серии ВЭБ-110 со встроенными трансформаторами тока, элегазовых измерительных трансформаторов тока серии ТРГ-110.

Завод «Электроцит» (г.Чехов, Московской обл) с помощью ЗАО «ЭнЭргия» реализует амбициозную идею только из отечественных материалов и по российским технологиям выпускать электротехническое оборудование, которое удовлетворяло бы запросы именно российского потребителя. На предприятии освоен выпуск комплектных трансформаторных подстанций (КТП) блочного типа «Утепленные». Это проходные однодвухтрансформаторные подстанции мощностью от 100 до 630 кВА и от 100 до 1000 кВА, для эксплуатации на открытом воздухе при температуре окружающего воздуха от -60 до +60 град. С, сейсмостойкие, комплектуются масляными либо сухими трансформаторами, а также камерами с вакуумными выключателями ВВ/TEL.

Завод «Трансформатор» (Тольятти) выпускает силовые стационарные масляные трансформаторы трехфазные двухобмоточные общего назначе-

ния промышленных предприятий (на АЭС, пунктах хранения ядерных материалов и радиоактивных веществ, хранилищ радиоактивных отходов, объектах энергетики).

Линейка амперметров и вольтметров постоянного тока (Ф1761.5-АД, Ф1761.6-АД, Ф1762.7-АД, Ф1761.7-АД, Ф1761.3-АД, Ф1762.1-АД) предназначена для измерения и контроля постоянного тока и напряжения постоянного тока, а также неэлектрических величин при работе в комплекте с первичными преобразователями. Приборы предназначены для отображения аналоговых параметров в системах управления АЭС и других объектов энергетики.

Кроме того, указанные КИП выполнены в специальных конструктивах и имеют степень защиты корпуса по передней панели (а также, при необходимости, по прибору в целом) IP54.

Агентство «INFOLine»

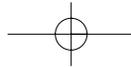
## ЕМКОСТЬ РЫНКА ТОКОПРОВОДОВ УВЕЛИЧИТСЯ В НЕСКОЛЬКО РАЗ

Самарский завод «Электроцит» - один из ведущих отечественных производителей электротехнической продукции.

На сегодняшний день, Самарский завод «Электроцит» выпускает номенклатуру электротехнических изделий от 0,4 до 220 кВ, в том числе и силовые трансформаторы, трансформаторы тока и напряжения, вакуумные выключатели, разъединители, выключатели на грузки.

Одна из важнейших задач руководителей завода на текущий момент - возобновление выпуска токопроводов, которые были разработаны и произведены специалистами завода в семидесятые годы.

22&gt;&gt;


**<<21**

Токопроводы используются при строительстве и расширении электрических станций всех типов (тепловых, гидроэлектростанций, атомных станций), а также для подключения к электрическим сетям промышленных предприятий. Производство токопроводов было приостановлено вследствие принятия решения Министерством энергетики освободить производственные мощности Самарского Электроцига для изготовления более сложной продукции, и передать выпуск продукции другим предприятиям.

До конца 2006 года РАО ЕЭС удовлетворит не более 10 % заявок на подключение к электросетям. Эта ситуация обусловлена нехваткой генерирующих мощностей и мощностей оборудования распределительных сетей. На данный момент РАО ЕЭС решило эту проблему, введя плату за подключение, которая будет источником средств для строительства новых сетей и подстанций. Таким образом, заявки на подключение будут выполняться, и промышленным предприятиям также потребуются токопроводы.

Для осуществления плана ГОЭЛРО-2 в следующие 5 лет будет вводиться в строй или расширяться 20-30 станций ежегодно (за предыдущие 15 лет было построено 4 станции). Поэтому емкость рынка токопроводов (и другого электротехнического оборудования) увеличится в разы.

На сегодняшний день в России существуют и работают два производителя этой продукции - Московский завод Электроцит и Невский завод Электроцит. Также анонсировал производство токопроводов завод Санкт-Петербурга - «Электропульт». Их изделия известны на рынке и имеют хорошую репутацию.. Московский завод Электроцит уже 50 лет выпускает продукцию для энергетики, благодаря своим высококвалифициро-

вания класса напряжения 10кВ, до 35 кВ типа ТМ и ТМН, 110 кВ типа ТД и ТДН, а также трансформаторные подстанции КТПБ (М). Официальный дилер завода самарское ООО «Выбор-АС».

Измерительные трансформаторы тока и напряжения, лабораторные, силовые трансформаторы, тока нулевой последовательности и др. выпускает Свердловский завод трансформаторов тока (Екатеринбург). На сайте завода дана таблица возможной замены ранее выпускавшихся трансформаторов тока, напряжения и силовых на современные с аналогичными техническими характеристиками. Из новинок - трансформатор со встроенным предохранительным устройством уменьшенных габаритов для КРУ, силовые трансформаторы для собственных нужд мощностью от 10 до 63 кВА с литой изоляцией, трансформаторы тока опорные переключаемые по первичной стороне или по вторичной стороне, т.е.кратно двум, допустим 100-200 А, 300-600А.

Подольский завод «Трансформер» (входит в группу компаний «Хайтек») в этом году начал выпуск масляных (ТМГ) трансформаторов нового поколения до мощности 1250 кВА и сухие (ТСЛ) трансформаторов до мощности 2500 кВА. По данным компании, продукция отличается герметичностью, уменьшенными габаритами и пониженным уровнем шумов.

Отметим еще Минский электротехнический завод им. В.И. Козлова – крупнейший производитель трансформаторов, в 2004г. ему принадлежало 19% российского рынка силовых трансформаторов (по данным журнала Электро-Info №8, август 2004г.). Трансформаторы с симметрирующими устройствами типа ТМСУ и ТМГСУ. В этих трансформаторах ликвидировано явление перегрева потоками нулевой последовательности. Производство многоцелевых трансформаторов до 4 кВА, силовых распределительных сухих трансформаторов «ТСЗГЛ-630», силовых трансформаторов и комплектных подстанций

до 1000 кВА для нефтегазодобывающих, железнодорожных, промышленных и сельскохозяйственных предприятий, собственных нужд электростанций. Официальный представитель завода на российском рынке – московская компания «Элтком».

#### Полезная информация

<http://www.transform.ru/> – портал посвящен силовым трансформаторам: полный жизненный цикл (планирование, исследовательские работы, проектирование, технологическая проработка, изготовление, производство, транспортировка, монтаж, эксплуатация, ремонт, утилизация), основные принципы работы, предельные допустимые значения температуры, правила эксплуатации. Материалы по системам расчетов, программному обеспечению, диагностике трансформаторов, оценке состояния оборудования и т.д., информация о новых разработках, производителях, посредниках, ремонтных организациях. Есть торговая площадка, терминологический словарь, календарь выставок.

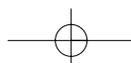
**1el.ru** – узкоспециализированная поисковая система информации только в электротехническом сегменте рунета. Сайты, внесенные в базу 1el.ru проходят переиндексацию каждые 1-2 недели в зависимости от регулярности обновления информации. База электротехнических ресурсов постоянно пополняется и проверяется.

<http://www.elecab.ru> – справочный портал электрика и энергетика. Статьи, справочники, каталог производителей, баннерная сеть, доска объявлений, тендеры, отраслевые и корпоративные новости.

#### ЛИТЕРАТУРА

Игнатьев Е.Б., Комков Е.Ю., Попов Г.В. *Оценка состояния электрооборудования на основе программного комплекса «Диагностика+» в режиме on-line.* - VIII Симпозиум «Электротехника 2010». Сборник тезисов докладов. М.: ВЭИ, 2005.

*Силовые трансформаторы (Справочная книга).* Под ред. С.Д. Лизунова и А.К. Лоханина. М.: Энергоиздат, 2005г. Изложены основные практические вопросы современных высоковольтных силовых трансформаторов, приведены сведения о шунтирующих реакторах, а также о силовых трансформаторах для питания электрических печей и преобразовательных трансформаторах, питающих выпрямительные установки.

**34>>**


Э. А. Киреева



## СОВРЕМЕННЫЕ ВАКУУМНЫЕ НИЗКОВОЛЬТНЫЕ КОММУТАЦИОННЫЕ УСТРОЙСТВА

Вакуумные коммутационные устройства, к которым относятся высоковольтные выключатели, низковольтные и высоковольтные контакторы, автоматические выключатели и дугогасительные камеры, представляют собой надежно электрооборудование с большим сроком службы. Поэтому применение его при проектировании и реконструкции систем электроснабжения объектов различного назначения является экономически целесообразным.

Современные вакуумные коммутационные устройства приспособлены для работы без текущих и средних ремонтов в течение всего срока их службы (25 лет). Периодические проверки их состояния, являющиеся минимальными, необходимы в связи с тем, что технические характеристики с течением времени могут изменяться (например, из-за загрязнения изоляции, разрегулировки узлов, высыхания смазки и т. д.).

Современные вакуумные коммутационные устройства отличает высокая электрическая прочность изоляции, определяемая свойствами полимерного материала. Следует заметить, что полимерная изоляция загрязняется незначительно, поэтому исключается необходимость проведения профилактических работ при эксплуатации.

Однако, как бы ни была надежна конструкция вакуумных коммутационных устройств, необходимо считаться с возможными случаями их отказа и повреждением узлов и деталей.

Одним из известных производителей вакуумных устройств, отличающихся повышенной надежностью и долговечностью, является ФГУП НПП «Контакт» (г. Саратов).

Ниже приведены некоторые из устройств, разработанных этим предприятием.

**а)** Контактторы вакуумные типа КВТ-1,14 (3-х, 2-х, однополюсные) низковольтные, открытого исполнения с естественным воздушным охлаждением, встраиваемые в комплектные устройства, предназначены для включения и отключения приемников электрической энергии.

Вакуумные контакторы характеризуются небольшими габаритными размерами и малой массой. Они рассчитаны на длительный срок службы при минимальных затратах на обслуживание.

Контакторы предназначены для работы в следующих режимах:

- \* продолжительном;
- \* прерывисто-продолжительном;
- \* кратковременном;
- \* повторно-кратковременном.

Технические характеристики контакторов типа КВТ-1,14 приведены в табл. 1.

Условия эксплуатации контакторов: климатическое исполнение УЗ; высота над уровнем моря до 1000 м; диапазон рабочих температур от -60°C до +55°C.

Дополнительные характеристики контакторов:

- \* механическая износостойкость, циклов ВО – 1600000;
- \* коммутационная износостойкость в зависимости от режимов (циклов ВО) от 500000 до 1600000; каждый режим характеризуется частотой включений в час, продолжительностью включения,  $\cos\phi$ , номинальным рабочим током;
- \* гарантийный срок эксплуатации – 5 лет;



# ЭЛЕКТРОХОЗЦЕСТВО

начены для оперативного управления и защиты электродвигателей и трансформаторов в трехфазных цепях 0,4 кВ переменного тока с частотой 50 Гц.

Виды защит при следующих аномальных режимах:

- \* обрыв одной или двух фаз или небаланс тока в фазах  $40 \pm 10\%$  от значения уставки рабочего тока в течение 4...8 с;
- \* перегрузка в фазах более 130% от значения рабочего тока в течение 4...120 с в зависимости от значения тока перегрузки;
- \* отключение электродвигателя при подаче сигнала релейного типа от внешних датчиков технологической защиты без выдержки времени;
- \* перегрев электродвигателя (для электродвигателей с встроенными датчиками перегрева);
- \* сигнализация вида аварии.

**б)** Контактторы вакуумные типа КВТ2-1,14 (3-х, 2-х, однополюсные) имеют то же назначение, но и контакторы типа КВТ-1,14, но в отличие от последних предназначены для работы в следующих режимах:

- \* продолжительном;
- \* прерывисто-продолжительном;
- \* кратковременном.

В отличие от контакторов КВТ-1,14 контакторы КВТ2-1,14 имеют климатическое исполнение УХЛ2, диапазон рабочих температур: от  $-60^{\circ}\text{C}$  до  $+40^{\circ}\text{C}$ ; в зависимости от номинального тока (соответственно: 1000А и 630А); коммутационный ресурс контактора находится в тех же пределах, что и механический.

В отличие от контактора КВТ-1,14 гашение электрической дуги в контакторе КВТ2-1,14 обеспечивается вакуумной дугогасительной камерой типа КВД2-1,14-5/630УХЛ2, КДВ2-1,14-6,3/1000 УХЛ2; габариты контактора: 285x310x250.

**в)** Выключатели вакуумные автоматические типа ВВА-1,14-20/100УЗ открытого исполнения с естественным воздушным охлаждением предназначены для проведения тока в номинальном режиме, для защиты при токах КЗ, токах перегрузки и недопустимых снижениях напряжения, а также для нечастого оперативного включения и отключения приемников электрической энергии.

Вакуумные автоматические выключатели характеризуются небольшими габаритными размерами и малой массой. Они рассчитаны на длительный срок службы при минимальных затратах на обслуживание.

Технические характеристики автоматических вакуумных выключателей типа ВВА-1,14-20/100УЗ

Номинальное напряжение, кВ	0,4; 0,66; 1,14
Номинальный ток отключения, кА	20
Номинальный переменный ток 50 Гц главной цепи, А	1000
Номинальное напряжение цепи управления приводом, В	220
Номинальный ток вспомогательных контактов, А	10
Номинальное напряжение вспомогательных контактов, В, не более	660
Собственное время включения, мс, не более	60
Собственное время отключения, мс, не более	40
Ток потребления электромагнита включения, А, не более	10
Ток потребления электромагнита отключения, А, не более	0,5
Масса выключателя, кг, не более	50

Механический ресурс, циклов ВО	25000
Коммутационный ресурс, циклов ВО	25000
Рабочий диапазон температур, $^{\circ}\text{C}$	$-45...+40$

Выключатель поставляется как с блоком электронной токовой защиты, так и без блока (для применения в горнорудной и других отраслях, где токовая защита применяется своя).

Электронная токовая защита обеспечивает следующие виды защит (одну или несколько в зависимости от типоразмера выключателя или без защит):

- \* максимальную токовую каждой из фаз от перегрузки с выдержкой времени, зависимой от тока;
- \* максимальную токовую каждой из фаз от перегрузки с выдержкой времени, независимой от тока;
- \* токовую отсечку в зоне КЗ с выдержкой времени, зависимой от тока;
- \* токовую отсечку в зоне КЗ с выдержкой времени, независимой от тока;
- \* токовую отсечку в зоне КЗ без выдержки времени;
- \* токовую защиту по току утечки на землю с выдержкой времени, независимой от тока;
- \* минимальную защиту каждой из фаз по напряжению, с выдержкой времени;
- \* нулевую защиту каждой из фаз по напряжению, с выдержкой времени.

Устройство обеспечивает оперативную уставку пороговых уровней защиты, приведенную ниже.

Номинальный ток выключателя, А	630; 1000
Рабочий ток $I_{\text{раб}}$ в долях от номинального тока выключателя	0,63; 0,8; 1,0
Уставка по времени в зоне токов перегрузки с выдержкой времени, зависимой от тока (при токе $6 \times I_{\text{раб}}$ ), с	4; 8; 16
Уставка по времени в зоне токов перегрузки с выдержкой времени, независимой от тока, с1	до 128 с шагом 1 с
Уставка по току отсечки в зоне КЗ с выдержкой времени I2, кратная Iраб	2; 3; 5; 7; 10
Уставка времени задержки срабатывания защиты по току отсечки с токозависимой выдержкой времени (при токе I2), с	0,1; 0,2; 0,3
Уставка времени задержки срабатывания защиты по току отсечки с токозависимой выдержкой времени, с1	до 1,0 с шагом 0,1 с
Уставка по току отсечки в зоне КЗ без выдержки времени I3, кратная Iраб	3; 5; 7; 10; 12; 16
Уставка по току утечки на землю, в долях от $I_{\text{раб}}$	0,4; 0,6; 1,0
Уставка по времени задержки срабатывания защиты по току утечки на землю, с	0,1; 0,2; 0,4; 0,8
Номинальное напряжение минимального расцепителя, в	220; 230; 380; 400; 415; 660; 690; 725
Уставка по времени задержки срабатывания защиты по нулевому и минимальному напряжению, с	0; 0,5; 1,0; 1,5; 2,0; 2,5; 3,0

**Примечания:** 1. При поставке, уставки по току отсечки и току отсечки и току перегрузки с выдержкой времени, зависимой от тока, программируют неотключаемые уставки.

2. При отдельном заказе программируют другие значения уставки по требованию потребителя.

Выключатель имеет электромагнитный привод, вакуумную дугогасительную камеру, а также микропроцессорный

# ЭЛЕКТРОХОЗЯЙСТВО

Тип исполнения	Номинальное напряжение главной цепи, В	Тип блока ОПН
350	1140	-
351	127/220	SAU/TEL-230
352	220/380	SAU/TEL-400

блок защиты и встроенные блоки трансформаторов, отслеживающие токи и напряжения главной цепи.

## г) Вакуумные дугогасительные камеры

Одной из обширных областей применения вакуумных технологий является производство вакуумных дугогасительных камер (ВДК)

Предприятие «Таврида Электрик» также разрабатывает вакуумные устройства и постоянно работает над их совершенствованием с целью улучшения технических и потребительских характеристик этих устройств. Ниже приведены некоторые из них.

а) Низковольтные вакуумные контакторы типа LSM/TEL предназначены для коммутации электрических цепей переменного трехфазного тока промышленной частоты 50 Гц, с номинальным напряжением до 1140 В при работе в нормальных условиях и при перегрузках.

Контакторы применяются в составе низковольтных комплектных устройств для частых коммутаций; устанавливаются в блоках управления асинхронными электродвигателями с короткозамкнутым и фазным ротором, в системах дистанционного управления приводами, а также в устройствах АВР.

Диапазон рабочих температур: -40°C...+55°C. Контакторы соответствуют требованиям МЭК, ГОСТ Р и предназначены для коммутации номинальных токов и токов перегрузки при операциях «О», «В», «ВО», «ОВ».

Контактор имеет электромагнитный привод.

Технические характеристики контакторов типа LSM/TEL

Номинальное напряжение, В (-)	140
LSM/TEL-1-4/400-350	127/220
LSM/TEL-1-4/400-351	220/380
LSM/TEL-1-4/400-352	
Номинальный ток (категории AC-2, AC-4, A)	400
Номинальный ток отключения, кА	4
Номинальный ток включения, кА	4
Ток электродинамической стойкости, кА, амплитуда	10
Номинальный кратковременно допустимый ток, 10 с, кА	3,2
Механический ресурс, циклов «ВО», не менее	2 000 000
Максимальное количество «ВО» операций в ч	600
Коммутационный ресурс при номинальном токе, циклов «ВО»	2 000 000
Время включения, мс, не более	50
Время отключения, мс, не более	60
Время отключения полное, мс, не более	80
Температура индикации перегрева, °C	70±3
Сопротивление главных контактов, мкОм, не более	90
Температура аварийного самоотключения, °C	80±3
Степень защиты	IP40
Габариты, мм	335x190x250
Срок службы, лет	25
Масса, кг, не более	10

В зависимости от номинального напряжения главной цепи, контакторы различаются по типоразмерам.

Каждый блок вспомогательных контактов имеет 1 замыкающий и 1 размыкающий контакты.

Технические характеристики вспомогательных блок контактов

Максимальное коммутируемое напряжение, В (=/~)	400
Номинальное напряжение, В (=/~)	250
Отключающая способность (~, cosφ= 0,8), В·А	750
Максимальное значение пропускаемого тока, А	10
Минимальное значение коммутируемого тока, А	0,1
Диэлектрическая прочность, В(=)	750
Коммутационный ресурс при максимальном значении коммутируемого тока, циклов ВО	50 000
Механический ресурс, циклов ВО	10 000 000

Сигналы управления электромагнитным приводом контактора поступают от микропроцессорного блока управления, который является составной частью контактора.

Технические характеристики микропроцессорного блока управления

Оперативное питание:

* номинальное напряжение, В (-)	220
* допустимый диапазон значений напряжения оперативного питания, В (-)	187...242
* допустимая длительная нестабильность напряжения питания, В, амплитуда, не более	420

Мощность, потребляемая от источника оперативного питания, не более:

* подготовка к выполнению команды «ВКЛЮЧЕНИЕ» (зарядка конденсатора включения), В·А	35
* ожидание команды «ВКЛЮЧЕНИЕ», В·А	8
* ожидание команды «ОТКЛЮЧЕНИЕ», В·А	15
Время подготовки к включению, с, не более	
* после подачи напряжения оперативного питания	10
* после предыдущей операции отключения	5,5

Напряжение управления:

* номинальное напряжение управления включением, В (-)	220
* допустимый уровень напряжения управления, В, не более	242
* минимальный уровень напряжения, воспринимаемый как команда «ВКЛЮЧЕНИЕ», В, не более	176
* уровень напряжения, не воспринимаемый как команда «ВКЛЮЧЕНИЕ», В, не более	132
* уровень напряжения, не воспринимаемый как команда «ОТКЛЮЧЕНИЕ», В, не более	88
* уровень напряжения, воспринимаемый как команда «ОТКЛЮЧЕНИЕ», не более	44
Время обнаружения команды, мс, не более:	
«ВКЛЮЧЕНИЕ»	30
«ОТКЛЮЧЕНИЕ»	30

Потребляемая мощность, ВА, не более 2

В состав контакторов исполнения 351 и 352 входят блоки ОПН типа SAU/TEL

В состав контактора входит самая маленькая вакуумная дугогасительная камера из когда-либо изготавливаемых. Контактор объединяет в себе коммутационный мо-

# ЭЛЕКТРОХОЗЯЙСТВО

**Таблица 3. Технические характеристики ВДК**

Тип	Номинальное напряжение, кВ	Номинальный ток, А	Номинальный ток отключения, кА
КДВ2-1,14-2,5/250 ВЗ	1,14	250	2,5
КДВ2-1,14-4,0/400 ВЗ	1,14	400	3,5
КДВ2-1,14-5,0/630 УХЛ2	1,14	630	5,0
КДВ2-1,14-6,3/1000 УХЛ2	1,14	1000	6,3
КДВ2-1,14-20/1000 УХЛ2	1,14	1000	20

дуль и блок управления. Последний обеспечивает операции включения, отключения и удержание контактов в замкнутом состоянии. Применение принципа конденсаторного включения гарантирует полное замыкание главных контактов при кратковременных провалах напряжения оперативного питания.

б) Коммутационные вакуумные модули типа КМ/TEL предназначены для использования в низковольтных распределительных устройствах в качестве аппаратов, способных включать, проводить и отключать токи при нормальных условиях и прерывать их при рабочих перегрузках. Применяются в условиях частых коммутаций. В качестве прерывателей тока используются вакуумные дугогасительные камеры, которые при рекордно малых габаритах и массе обеспечивают эффективное гашение дуги при минимальном износе контактов. Инновационные решения, воплощенные в конструкции коммутационных моделей, и жесткий контроль качества их произ-

**Технические характеристики ОПН типа SAU/TEL**

	SAU 230	SAU 400
Номинальное напряжение, В	220	380
Максимальный импульсный ток, А, (8/20 мкс)	8000	8000
Максимальная энергия поглощения Дж (2 мс)	100	135
Средняя мощность рассеивания, Вт	1	1

водства обеспечивают высокую надежность работы в самых тяжелых условиях эксплуатации.

Отличительные особенности:

- \* необслуживаемость на протяжении всего срока службы;
- \* большой механический и коммутационный ресурс;
- \* возможность работы в любом пространственном положении;
- \* гибкость и удобство монтажа;
- \* малое потребление мощности;
- \* компактность.

**Таблица 4. Технические характеристики коммутационных вакуумных модулей типа КМ/TEL**

Параметры	КМ/TEL-1-12,5/630	КМ/TEL-1-4/160	КМ/TEL-1-4/400
Число полюсов, шт.	1	2	3
Номинальное напряжение, В		1000	
Номинальный ток, А	630	160	400
Номинальный ток отключения, кА	12,5	4	4
Допустимая кратковременная нагрузка, 10 с, кА	5	13	3,2
Механический ресурс, циклов ВО, не менее	100000	10000	2.000.000
Коммутационный ресурс, циклов ВО, не менее:			
- при номинальном токе	100000	100000	100000
- при номинальном токе отключения	100	100	50
Время включения, мс, не более		20	
Время отключения собственное, мс, не более		10	
Время отключения полное, мс, не более		20	
Температура окружающей среды, °С		от +55 до -40	
Максимальная высота над уровнем моря, м		2000	
Номинальное напряжение для цепей управления, В		= 220	
Емкость включения, мкФ	680±20%	1000±20%	2000±20%
Емкость отключения, мкФ	47±20%	47±20%	47±20%
Ток удержания, А	80±20%	400±20%	400±20%
Масса, кг, не более	4	3,6	9

## ЭЛЕКТРОХОЗЯЙСТВО



**В. А. Акшель,**  
**директор по маркетингу**  
**технического холдинга**  
**«Электросистемы»**

# ЭНЕРГОЦЕНТРЫ НА БАЗЕ МИКРОТУРБИННЫХ УСТАНОВОК

В настоящее время на российском рынке стало предлагаться новое энергетическое оборудование на основе микротурбинных установок, интерес к которому постоянно растет.

Условия, выдвигаемые поставщиками электро- и тепловой энергии для подключения к электрическим и тепловым сетям, часто ведут к значительным безвозвратным расходам и даже к пересмотру этих подключений. Удельная стоимость подключения к энергетическим сетям уже достигла, а в ряде регионов превышает, удельную стоимость когенерационной установки с одинаковыми энергетическими параметрами. Существенная разница капитальных затрат на энергоснабжение от централизованного источника и от собственного источника заключается в том, что затраты, связанные с приобретением когенератора, возмещаются, а на подключение к централизованному источнику безвозвратно теряются при передаче вновь построенных подстанций на баланс энергетических компаний. Капитальные затраты на приобретение когенератора компенсируются за счет низкой себестоимости энергии в целом. Обычно полное возмещение капитальных и эксплуатационных затрат происходит после использования когенератора в течение трех–пяти лет.

Тригенерация дает возможность эффективно использовать в летний период утилизируемое тепло. Это особенно важно для многих промышленных предпри-

тий и учреждений, где летняя потребность в отоплении помещений и нагреве воды может быть незначительной. Применение в когенерационных системах абсорбционных устройств, позволяющих преобразовывать тепловую энергию в холод, позволяет эффективно использовать когенерационные установки и значительно повысить экономическую эффективность всей системы. Преимущества вышеуказанных технологий становятся очевидными при строительстве новых объектов.

Основным преимуществом микротурбин является возможность их применения на объектах с большой цикличностью нагрузок (зима–лето, день–ночь и основное – часовые перепады).

Потребителями таких мощностей, как правило, являются: жилые дома, офисные, развлекательные и торговые центры, бани, бассейны, складские помещения, предприятия быстрого питания, малого и среднего бизнеса, больницы, прачечные и др. с единовременной нагрузкой 100–1500 кВт.

На таких объектах, к примеру днем, электрическая нагрузка может достигать до 1000 кВт, а ночью падать до 20–30 кВт. Применение газопоршневых машин в таких случаях нереально, т. к. минимальная рекомендуемая долговременная нагрузка должна составлять не менее 30–50 % единичной мощности агрегата (данные из эксплуатацион-

# ЭЛЕКТРОХОЗЯЙСТВО

ной документации), а работать параллельно с сетями, как это принято и поощряется государством в зарубежных странах, у нас пока еще невозможно по ряду причин. В то же время микротурбинная установка может работать в течение длительного времени при очень низких нагрузках, в том числе в режиме холостого хода.

Кроме того, микротурбины отличаются от газопоршневых установок высокими эксплуатационными характеристиками. К ним можно отнести низкие затраты на эксплуатацию и обслуживание, высокую заводскую готовность, практически отсутствие вибрации и возможность установки на крыше зданий, экологически чистый выхлоп, большой диапазон изменения нагрузок, отсутствие внешних охладителей, необходимых газопоршневым установкам при отсутствии теплосъема. Эти особенности позволяют считать данное оборудование наиболее востребованным и перспективным для применения на объектах с нагрузками 10–1500 кВт.

## ПРЕИМУЩЕСТВА МИКРОТУРБИНЫХ КОГЕНЕРАТОРОВ

Высокие экологические характеристики и низкие уровни вибраций делают микротурбинный когенератор единственно возможным для применения в местах плотной застройки, в таких как жилые кварталы и деловые районы в крышном варианте размещения.

Преимущества когенератора:

- ✓ единовременный прием (наброс) 100 %-ной нагрузки, в то время как у газопоршневого агрегата (ГПА) существует жесткое ограничение не более 15–25 %;
- ✓ автоматическая синхронизация с сетью (у ГПА требуется внешний синхронизатор);

- ✓ встроенная защита генератора (у ГПА требуется специальное внешнее устройство);
- ✓ отсутствует дрейф частоты;
- ✓ возможность работы в течение длительного времени при очень низких нагрузках (у ГПА существует ограничение не менее 30–50 %);
- ✓ возможность работы на низкокалорийных топливах с минимальной концентрацией метана 30 % (у ГПА – 60–65 %);
- ✓ ресурс до капитального ремонта в среднем в 2,5–4 раза выше (40–60 тыс. против 15–20 тыс. ч).
- ✓ более высокая надежность вследствие отсутствия большого количества трущихся вращающихся и других частей, таких как поршни, распределительные и коленчатые валы, клапаны и др.;
- ✓ затраты на техническое обслуживание и эксплуатацию в 1,5–6 раз ниже (0,3–1 центов за 1 кВт•ч против 1,5–2 у ГПА);
- ✓ номенклатура требуемых во время технического обслуживания запасных частей примерно на порядок меньше;
- ✓ интервал между техническими обслуживаниями около 8 тыс. против 750–1500 ч у ГПА;
- ✓ интервал между заменой масла в газовой турбине 24 тыс. против 750–1000 ч у ГПА;
- ✓ уровень эмиссии по NOx в 8–20 раз ниже (25 против 200–500 ppm);
- ✓ низкий уровень вибраций;
- ✓ более простое конструктивное исполнение системы утилизации тепла; так, при одинаковой выработке тепла в конструкции микротурбинного когенератора

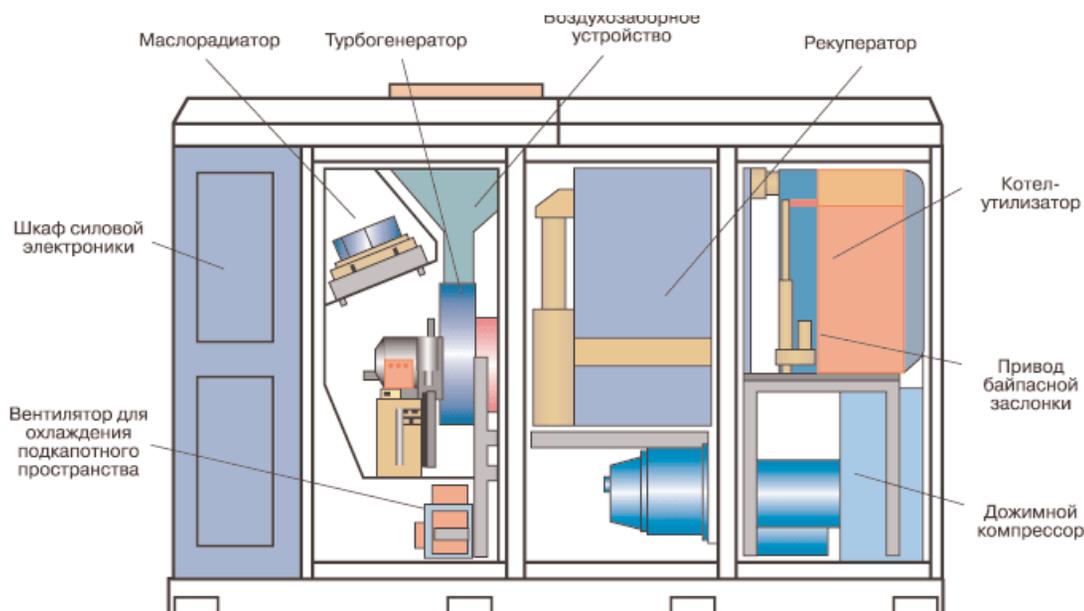


Рисунок 1. Конструкция микротурбинной установки

## ЭЛЕКТРОХОЗЯЙСТВО

только один котел-утилизатор, в то время как у газопоршневого когенератора кроме котла-утилизатора имеются дополнительные системы для снятия тепла с контура охлаждения двигателя и масла.

Для многих предприятий и организаций важным фактором является наличие аварийных систем производства электроэнергии. Поскольку в микротурбинах используется технология инверторов, они могут осуществлять мониторинг состояния электрической сети и переводить мощность с главного электрического контура на аварийный. Аналогичным образом микротурбины могут использоваться для питания системы UPS (англ. uninterruptible power supply – система бесперебойного электропитания), что для зданий с большим количеством компьютеров и другого офисного оборудования является весьма актуальным.

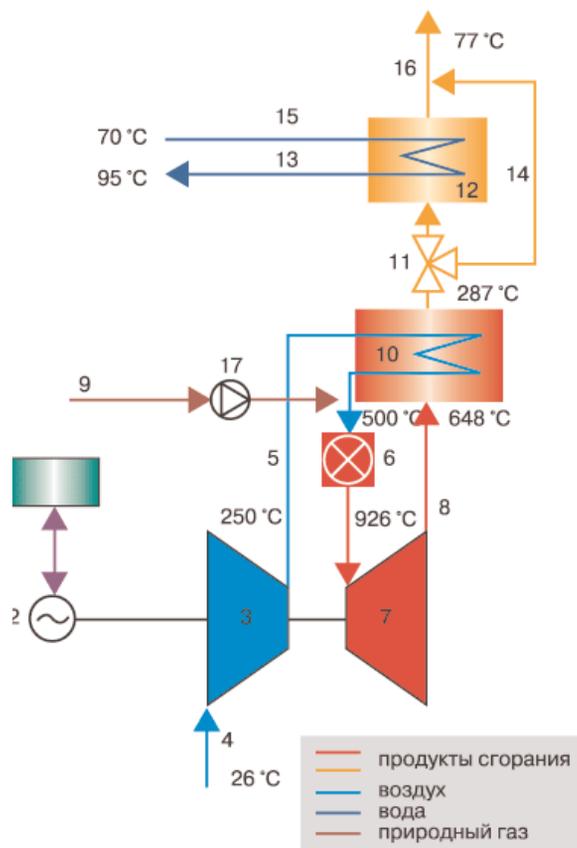
Микротурбины (рис. 1) – это высокоскоростная газовая турбина (в камере сгорания, которой сжигается газ природный, сжиженный, биогаз), выполненная в виде конструкции с одной движущейся деталью – вращающимся неразрезным валом, на котором соосно расположены электрический генератор, компрессор и турбина. В отличие от газопоршневой установки, в микротурбинах утилизируется только тепло выхлопных газов, а отсутствие охлаждающих жидкостей не требует внешних систем охлаждения при отсутствии теплосъема, что значительно упрощает конструкцию. Благодаря ряду преимуществ перед газопоршневыми установками малой мощности, микротурбины на рынке начинают вытеснять ГПУ. Единичная мощность машин – 30, 60, 80, 100 кВт. Микротурбины позволяют создавать мини-ТЭЦ с глубоким диапазоном регулирования от 0 до 100 % электрической нагрузки, что важно для потребителей с циклическими, неравномерными в течение суток нагрузками.

Применение такого оборудования позволяет собственнику сделать свою компанию, предприятие полностью независимым от центральных сетей, став при этом хозяином собственного источника электро- и теплоснабжения.

Необходимо заметить, что, несмотря на простоту установки и подключения микротурбинных установок, заказчики требуют выполнить не только эти работы, но и все остальные, без выполнения которых невозможно обеспечить нормальную работу микротурбин, или как обычно говорят в таких случаях: «Выполнить проект под ключ».

Под этим обычно подразумевается:

- ✓ выпуск и согласование всей проектной документации;
- ✓ строительство здания энергетического комплекса;
- ✓ установка пиковых водогрейных котлов;
- ✓ установка теплового и газораспределительного пункта;
- ✓ установка силового распределительного устройства;
- ✓ установка резервного дизель-генератора с топливной системой;
- ✓ монтаж системы подвода воздуха к микротурбинным установкам;



**Рисунок 2. Функциональная схема микротурбинной установки: 1 – блок силовой электроники, 2 – высокоскоростной генератор, 3 – компрессор, 4 – воздухозаборник, 5 – воздуховод между компрессором и рекуператором, 6 – камера сгорания, 7 – турбина, 8 – газоход между турбиной и рекуператором, 9 – подвод природного газа из сети, 10 – рекуператор, 11 – байпасная заслонка, 12 – котел-утилизатор, 13 – выход горячей воды, 14 – байпасный газоход, 15 – вход холодной воды, 16 – выхлопной тракт, 17 – дожимной компрессор**

- ✓ монтаж системы отвода выхлопных газов и охлаждающего воздуха;
- ✓ монтаж системы вентиляции, отопления и кондиционирования здания;
- ✓ разработка системы управления верхнего уровня, а также ряд других работ.

### Принцип работы микротурбинных установок (рис. 2)

Очищенный атмосферный воздух попадает в воздухозаборник (4), откуда подается на вход в компрессор (3). В компрессоре (3) воздух сжимается и за счет этого нагревается. После компрессора воздух еще дополнительно подогревается в специальном газозовоздушном теплообменнике (10) – рекуператоре.

## ЭЛЕКТРОХОЗЯЙСТВО

Использование такого решения позволяет примерно в 2 раза повысить электрическую эффективность установки. Затем нагретый сжатый воздух перед камерой сгорания (6) смешивается с газообразным топливом (9), откуда гомогенная газоздушная смесь попадает в камеру сгорания для горения.

Предварительное смешение воздуха с газообразным топливом позволяет снизить уровень эмиссии выхлопных газов до 24 ppmv при 15 % O<sub>2</sub> при 100 % электрических нагрузках и практически до нуля при нагрузках ниже 50 %.

Покидая камеру сгорания нагретые выхлопные газы попадают в колесо турбины (7), где, расширяясь, совершают работу, приводя его в движение, а также колесо компрессора (3) и высокоскоростной генератор (2).

Покинув турбину (7), по газоходу (8) выхлопные газы попадают в рекуператор (10), где отдают свое тепло воздуху после компрессора.

На выходе из рекуператора (10) стоит байпасная заслонка, которая направляет выхлопные газы либо по бай-

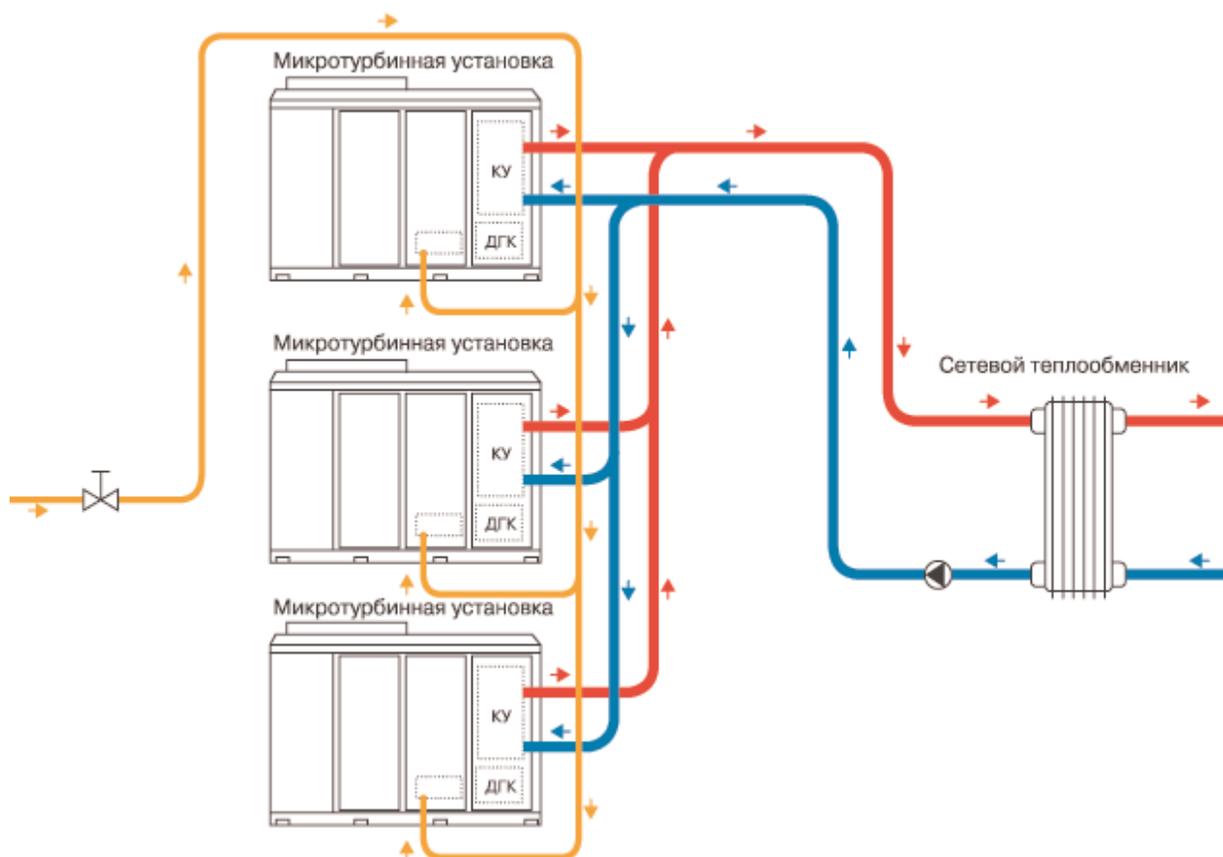
пасному газоходу (14), либо напрямую в котел-утилизатор (12). В котле-утилизаторе (газоводяном теплообменнике) выхлопные газы отдают свое тепло сетевой воде, которая там нагревается до требуемой температуры.

В конструкции турбины отсутствует редуктор. Частота вращения ротора практически не зависит от нагрузки и составляет примерно 69 000 об./мин. Выработываемое высокочастотное напряжение подвергается двойному преобразованию: из высокочастотного переменного в постоянное, а затем в переменное 380, 400 или 480 В с частотой 50 или 60 Гц. Принципиальная схема преобразования аналогична применяемой в источниках бесперебойного питания. Это обеспечивает выходное трехфазное напряжение с правильной формой синусоиды.

Такая особенность позволяет использовать для обслуживания и эксплуатации установок специалистами, которые знакомы с обслуживанием трехфазных источников бесперебойного питания.

*По материалам журнала «АВОК»*

**Рисунок 3. Вариант использования микротурбинных установок**



## ЭЛЕКТРОХОЗЯЙСТВО



**Лазарев Г.Б.,  
канд. техн. наук,  
член-кор. Академии  
электротехнических наук РФ,  
зав. лабораторией Научно-  
исследовательского института  
электроэнергетики (ВНИИЭ)**

# ЧАСТОТНО-РЕГУЛИРУЕМЫЙ ЭЛЕКТРОПРИВОД – ЭФФЕКТИВНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ СНИЖЕНИЯ РАСХОДОВ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ НА СОБСТВЕННЫЕ НУЖДЫ ТЭС

Одно из стратегических направлений развития электроэнергетики России на период до 2015 года - техническое перевооружение и реконструкция около половины эксплуатируемых тепловых электростанций с продлением их ресурса и заменой основного и вспомогательного оборудования на новое с улучшенными технико-экономическими характеристиками. Приоритетом при этом является повышение эффективности топливоиспользования, энерго- и ресурсосбережение.

### НАПРАВЛЕНИЯ И ТЕХНОЛОГИИ

Три принципиальных направления при решении этой проблемы в условиях ограниченности топливных ресурсов и роста их стоимости, ужесточения экологических требований:

**X Строительство энергоблоков со сверхкритическими параметрами пара**, обеспечивающими дальнейшее снижение удельного расхода топлива на вырабатываемый кВт.ч.

**X Применение на ТЭС парогазовых технологий**, существенно повышающих к.п.д. энергоблоков и эффективность его топливоиспользования.

**X Оптимальное управление режимами механизмов СН энергоблоков, обеспечиваемое за счет исключения дросселирования по тракту питательной воды и газовоздушному тракту котлов и перехода к регулированию производительности многочисленных насосных и вентиляторных установок с помощью электроприводов с переменной (регулируемой) частотой вращения.**

Частотно-регулируемые электроприводы позволяют плавно изменять производительность и напор в зависимости от текущей нагрузки энергоблока, обеспечивают «щадящие» без электрических и гидравлических ударов режимы работы, как самих насосов и вентиляторов, так и их приводных электродвигателей, а также сетей электроснабжения, повышают к.п.д. механизмов СН и существенно снижают потери на собственные нужды.

Первые два направления, помимо необходимости решать сложные технические проблемы, капиталоемкие и требуют значительных инвестиций при больших сроках строительства и окупаемости.

# ЭЛЕКТРОХОЗЯЙСТВО

Частотно-регулируемый электропривод признан в мировой практике одной из наиболее эффективных энергосберегающих экологически чистых технологий и является важным инструментом проведения политики энерго- и ресурсосбережения в электроэнергетике.

Частотное регулирование производительности насосов и вентиляторов, позволяет обеспечить новые существенно важные в эксплуатации ТЭС возможности:

- ✗ Оптимизацию нагрева поверхностей парогенераторов при разгрузках энергоблоков за счет уменьшения температурных перекосов, что не только повышает надежность их работы, но и существенно увеличивает ресурс;
- ✗ Экономичное прохождение энергоблоками режима «скользящих» параметров пара, что обеспечивает маневренность и высокую эффективность топливоиспользования в этом режиме.
- ✗ Дополнительное повышение мощности энергоблока в часы максимума нагрузок в энергосистеме.
- ✗ Обеспечение режима «мягкого» самозапуска (рестарта) электроприводов с механизмами СН при глубоких колебаниях или кратковременных исчезновениях с последующим восстановлением напряжения в системе электроснабжения собственных нужд.
- ✗ Снижение уровня выбросов загрязняющих веществ в атмосферу до 1.5% и эмиссии CO<sub>2</sub> до 1.5 тонн на каждую экономленную тонну условного топлива за счет оптимизации процесса его сжигания.
- ✗ Повышение уровня автоматизации, совершенствование АСУ ТП энергоблоков.

Насосные и вентиляторные установки на ТЭС выбраны в расчете на базовые режимы энергоблоков и максимальную производительность этих механизмов и оснащены асинхронными электроприводами, работающими с постоянной частотой вращения. Между тем, вследствие переменных режимов большинства энергоблоков ТЭС, часы работы механизмов СН с максимальной нагрузкой не превышают 10-20% общего времени их использования. Это приводит к значительным (до 12-14%) потерям электроэнергии на собственные нужды. По экспертным оценкам в СН ТЭС России ежегодно теряются сотни млн.кВт.ч. *Рис. 1* в качестве примера иллюстрирует средневзвешенные потери мощности на собственные нужды пылеугольного энергоблока 210 МВт.

Эффективность применения электропривода с регулируемой частотой вращения можно охарактеризовать тремя важными показателями:

- ✗ коэффициентом удельной экономии электроэнергии, учитывающим вклад 1 кВт установленной мощности регулируемого электропривода в экономию электроэнергии

$$K_э = \frac{Э(кВт.ч / год)}{P_{ЧРП} (кВт)}$$

При  $K_э > 800 \frac{кВт.ч / год}{кВт}$  оснащение механизмов собственных нужд регулируемым электроприводом оказывается целесообразным.

- ✗ коэффициентом, учитывающим снижение мощности, потребляемой насосными и вентиляторными установками ТЭС, в часы максимума нагрузки энергоблока

$$K_{P(макс)} = \frac{100 \cdot P_{макс} (кВт)}{P_{ЧРП} (кВт)} \%$$

Этот коэффициент характеризует важную составляющую энергосбережения - дополнительное увеличение мощности турбоагрегатов, механизмы собственных нужд которых оснащены регулируемым электроприводом, без ввода в энергосистему нового генерирующего оборудования, либо мощность выводимого низкоэффективного морально и физически изношенного оборудования;

- ✗ коэффициент, характеризующий вклад в суммарный годовой доход 1 кВт установленной мощности регулируемого электропривода

$$K_{дохода} = \frac{Д_{год}}{P_{ЧРП}} (\text{руб} / \text{кВт})$$

Достижение высоких показателей экономичности возможно при оснащении частотно-регулируемыми электроприводами таких наиболее энергоемких механизмов ТЭС, как дутьевые вентиляторы и дымососы, питательные электронасосы, циркуляционные и сетевые насосы.

*Рис. 2* иллюстрирует интегральную оценку экономии электроэнергии (топлива) в зависимости от относительно потребления механизмами СН с регулируемой частотой вращения в общем потреблении электроэнергии на собственные нужды ТЭС.

При значении показателя  $K = 0,7$  (это примерно соответствует оснащению регулируемым электроприводом указанных выше мощных механизмов) экономия электроэнергии может составить порядка 14% , а экономия удельного расхода топлива – 3 г/кВт.ч.

*Рис. 3 и 4* иллюстрируют возможности снижения энергопотребления дутьевого вентилятора и дымососа котла при переходе от дроссельного регулирования их производительности направляющим аппаратом и регулирования изменением частоты вращения.

## ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ РЕГУЛИРОВАНИЯ

Эффективность применения технологии частотного регулирования для питательных насосов можно проиллюстрировать полученными экспериментально на энергоблоке 200 МВт характеристиками, показанными на *рис. 5*. При среднегодовом числе часов использования энергоблока в режиме максимальных, средних и минимальных нагрузок –

&lt;&lt;22

ваным кадрам постоянно работает над усовершенствованием старых и производством новых конструкций. Невский завод Электроцит производит более 100 наименований электротехнического оборудования. Проектирование, поставка и шеф-монтаж токопроводов - основная специализация этого завода. Но эти заводы сейчас настолько загружены заказами, что некоторым клиентам приходится ждать по полгода, чтобы получить заказные токопроводы.

Самарский завод «Электроцит» планирует к выпуску токопроводы для генераторов мощностью от 50 до 1 000 000 кВА, и токопроводы собственных нужд. Процесс возобновления производства завершится проведением испытаний, сертификацией и серийным выпуском токопроводов. Для выполнения этой задачи маркетологи проводят исследование рынка, специально созданная техническая служба совершенствует конструкцию, готовится производственная площадка.

www.iElectro.ru

### ТОМСККАБЕЛЬ ПЛАНИРУЕТ НАЧАТЬ СЕРИЙНЫЙ ВЫПУСК ПРОВОДОВ МАРКИ СИП

Для удовлетворения спроса на самонесущие провода в Сибирском регионе и на Урале руководством ЗАО «Томсккабель» было принято решение об освоении производства проводов марки СИП.

Серийный выпуск проводов марок СИП-1, СИП-2, СИП-1А, СИП-2А планируется освоить до конца 2006 года. В данный момент опытная партия продукции проходит квалификационные испытания.

www.ruscable.ru

38&gt;&gt;

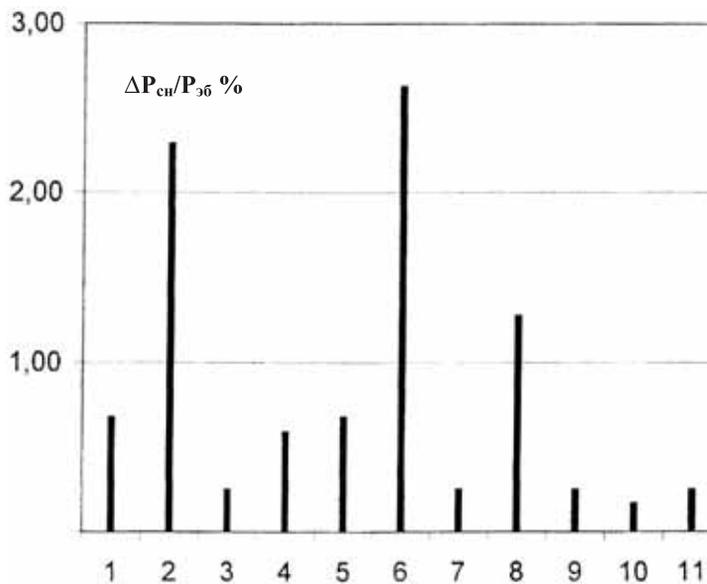


Рис. 1. Типичные средневзвешенные потери мощности на собственные нужды пылеугольного блока 210 МВт по группам механизмов, оснащенных асинхронными электроприводами с постоянной частотой вращения.

Группы потребителей: 1 - топливоподача; 2 - мельницы - вентиляторы; 3 - насосы гидрозолоудаления; 4 - дутьевые вентиляторы; 5 - дымососы; 6 - питательный насос котла; 7 - конденсатные насосы; 8 - циркуляционные насосы охлаждающей воды; 9 - 11 - вспомогательные механизмы энергоблока (маслонасосные установки, насосы газоохладителей, и т.п.).

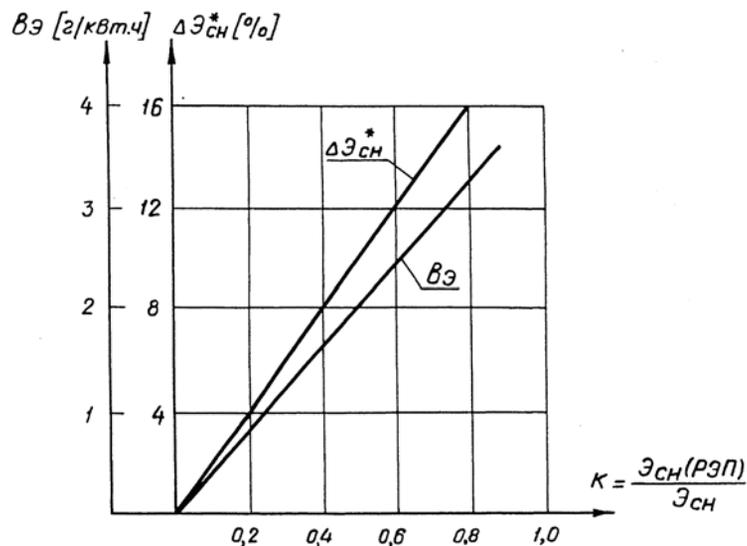
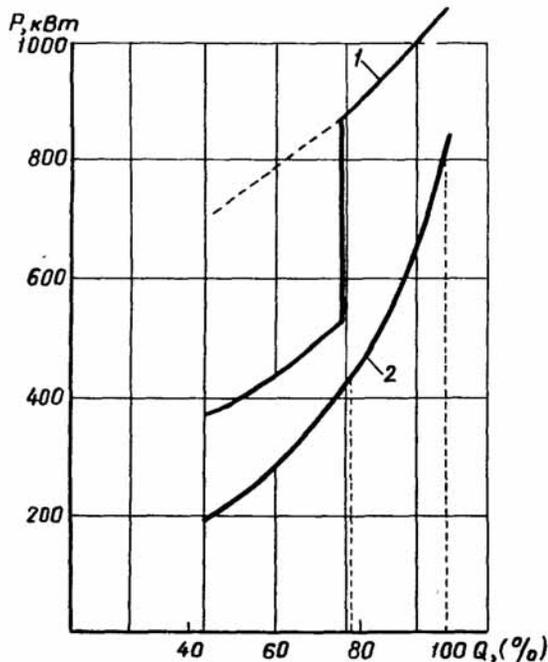


Рис. 2. Экономия электроэнергии (топлива) в зависимости от относительного потребления механизмами СН ТЭС с регулируемой частотой вращения.

$B_{э}$  - экономия удельного расхода топлива;  $\Delta Э_{сн}^*$  - экономия электроэнергии на собственные нужды;  $Э_{сн(ЧРП)}$  - электроэнергия, потребляемая механизмами собственных нужд, оснащенными регулирующими электроприводами;  $Э_{сн}$  - электроэнергия, потребляемая на собственные нужды

# ЭЛЕКТРОХОЗЯЙСТВО



**Рис. 3. Энергопотребление электропривода центробежного дутьевого вентилятора при регулировании производительности: 1 - направляющим аппаратом; 2 - регулируемым электроприводом.**

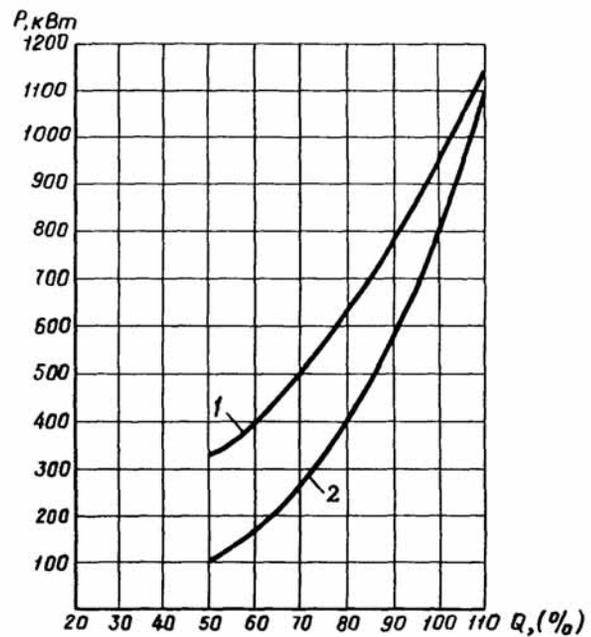
6750 ч экономия электроэнергии за счет оснащения питающего насоса электроприводом 5000 кВт с регулируемой частотой вращения составила 6 млн. 250 тыс. кВтч.

При этом основные показатели эффективности  $K_{\text{э}} = 1250 \text{ кВт.ч/кВт}$ ;  $K_{\text{р}} (\text{макс}) = 6\%$ .

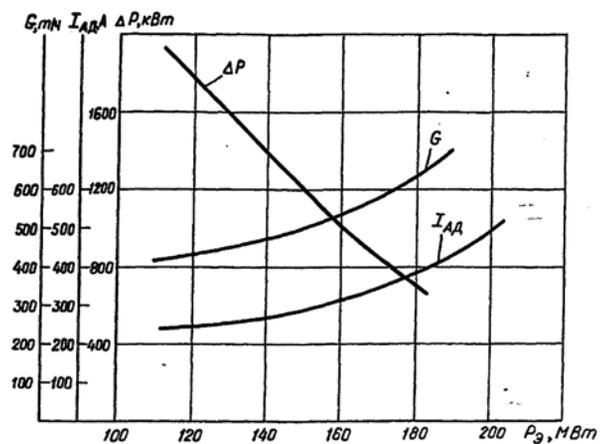
В качестве альтернативы электрическому частотному регулированию насосных и вентиляторных установок предлагаются гидравлические системы регулирования с помощью различных типов гидромуфт. Наибольшее распространение получили гидромуфты фирмы Фойт. В тоже время сопоставляя электрическое частотное регулирование с регулированием гидромуфтой, можно отметить, что энергоэффективность частотно-регулируемого электропривода существенно выше, что особенно проявляется при маневренных режимах работы энергоблоков с глубокими разгрузками. Приведенные по данным фирмы General Electric на рис. 6 и 7 сравнительные зависимости к.п.д. от нагрузки и частоты вращения для частотно-регулируемого электропривода 7100 кВт питающего насоса и различных типов гидромуфт фирмы Фойт показывают значительное снижение эффективности гидромуфты уже при частоте вращения 70% номинальной.

## АСИНХРОННЫЕ ДВИГАТЕЛИ И ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ ЧАСТОТЫ

Возможность эффективного использования потенциала энергосбережения на ТЭС при реконструкции оборудо-



**Рис. 4. Энергопотребление электропривода осевого дымососа при регулировании производительности: 1 - направляющим аппаратом; 2 - регулируемым электроприводом**

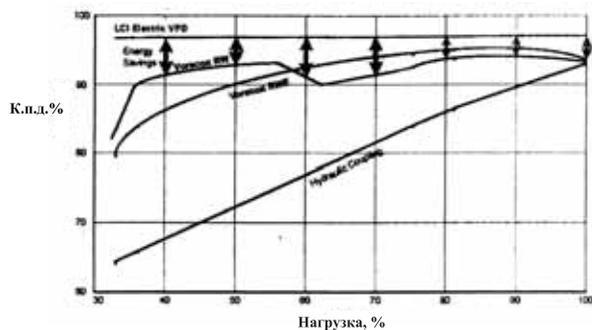


**Рис. 5. Показатели режима регулируемого электропривода питающего насоса ПЭ-580 при изменении нагрузки энергоблока 200 МВт.  $\Delta P$  - экономия мощности,  $G$  - расход питательной воды  $I_{\text{АД}}$  - ток статора электродвигателя 4АЗМ-5000/6000**

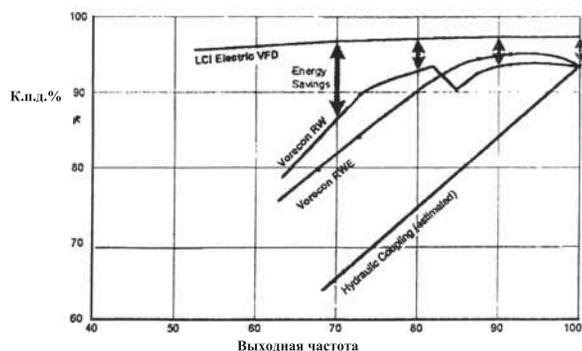
вания СН должна базироваться принципиально на двух направлениях:

Х Замена механизмов СН и их приводных электродвигателей на новые энергоэкономичные с повышенным к.п.д. для теплоэнергетических установок ТЭС, работающих большую часть времени в базовой части графика электрических нагрузок энергообъединения. Та-

# ЭЛЕКТРОХОЗЯЙСТВО



**Рис. 6. Зависимость к.п.д. преобразователя частоты и гидромолты в диапазоне изменения нагрузки электропривода**



**Рис. 7. Зависимость к.п.д. преобразователя частоты и гидромолты в диапазоне изменения частоты**

кую замену принципиально следует проводить в первую очередь для изношенного оборудования, нормативный срок эксплуатации которого достиг предельно допустимого. Применение при этом регулируемого электропривода или гидромолты требует в каждом конкретном случае тщательного технико-экономического обоснования, которое, наряду с прочими условиями, должно учитывать, позволяет ли такое регулирование упростить технологический процесс, насколько увеличивается ресурсосбережение, не ухудшается ли прохождение режима самозапуска, можно ли увеличить мощность энергоблока и т.п.;

**X Сохранение в работе находящихся в эксплуатации электродвигателей СН, сопрягая их с преобразователями с регулируемой частотой,** обеспечивающими оптимальное изменение производительности механизмов и значительную экономию электроэнергии в широком диапазоне нагрузок маневренных энергоблоков ТЭС.

Мощные механизмы собственных нужд на ТЭС обусловили применение высоковольтных асинхронных двигателей и для их регулирования, как правило, высоковольтных преобразователей частоты.

Наибольшее применение для широкодиапазонного регулирования частоты вращения электродвигателей пере-

менного тока получили двухзвенные преобразователи частоты, преобразующие электроэнергию питающей сети в два этапа. К.п.д. двухзвенных преобразователей частоты 96,5-98,5%, что обусловлено эффективностью применяемых в них силовых полупроводниковых приборов.

В отечественной и зарубежной практике в регулируемом электроприводе получили применение три варианта сопряжения преобразователя частоты с асинхронными двигателями (рис. 8 и 9):

X с высоковольтным преобразователем частоты, подключенным непосредственно к статору высоковольтного двигателя.

X с низковольтным преобразователем частоты и высоковольтным асинхронным двигателем и использованием двух трансформаторов – на входе и выходе преобразователя – для согласования с напряжением сети СН и двигателя 6 кВ.

X с заменой высоковольтного двигателя на стандартный низковольтный с соответствующим преобразователем частоты и входным согласующим трансформатором для подключения преобразователя к сети СН 6 кВ.

## МИРОВОЙ РЫНОК И РОССИЙСКАЯ ПРАКТИКА

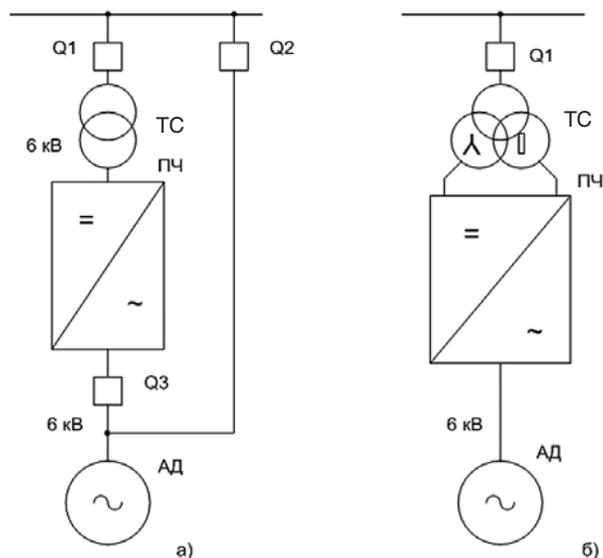
По данным консалтинговой группы ARC Advisory Group (США), в 2004 г. мировой рынок регулируемых электроприводов оценивался примерно в \$ 2,5 млрд, и в ближайшие несколько лет будет расти ежегодно на 5,3%. Предполагается, что за 5 лет в индустриально развитых странах соотношение нерегулируемого и регулируемого электропривода составит 1:1. В России регулируемый электропривод составляет пока не более 2–2,5% всего рынка приводов.

Потребности электроэнергетики России можно проиллюстрировать на примере обследованных ВНИИЭ в 1999-2003 гг. 60-ти ТЭС РАО «ЕЭС России». При общем количестве 1155 механизмов СН (питательные электронасосы, дымососы, дутьевые вентиляторы, циркуляционные и сетевые насосы), оснащаемых частотно-регулируемыми электроприводами суммарной установленной мощностью 1549960 кВт, прогнозируемая прямая экономия электроэнергии составит 2810564000 кВт.ч в год, т.е. Кэ ? 1800 кВт.ч/кВт. Прогнозируемы затраты на внедрение этого количества электроприводов («под ключ») составляет порядка 5,5 млрд.рублей. При средневзвешенном тарифе на электроэнергию 0,65 – 0,7 рублей за кВт.ч эффект только от прямой экономии электроэнергии составит порядка 1,83 млрд.рублей. Окупаемость полных затрат на проекты «под ключ» не превысит в среднем 3-4 лет

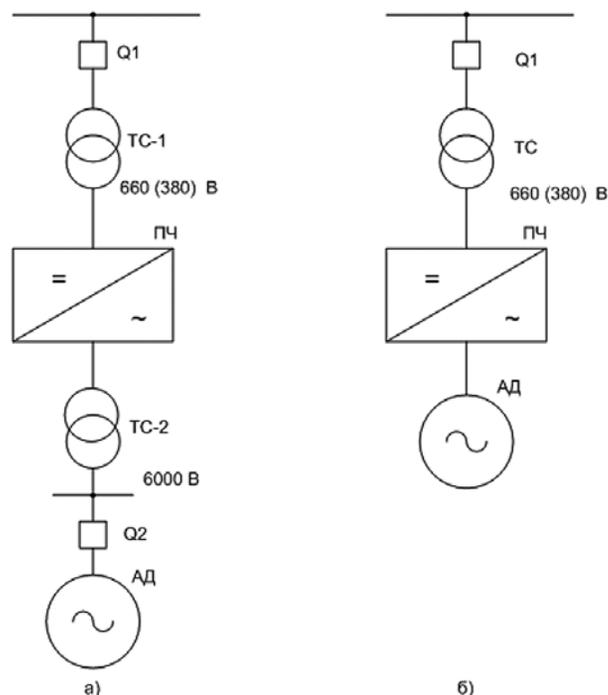
Первый опыт применения регулируемого электропривода в отечественной электроэнергетике относится к началу 80х годов. За 5-7 лет на тепловых электростанциях были внедрены 14 регулируемых электроприводов мощностью 800-5000 кВт на дутьевых вентиляторах, дымососах, питательных насосах.

В ОАО «Мосэнерго» в рамках реализации программы энергосбережения с 1995 года за 9 лет внедрены 28 высо-

# ЭЛЕКТРОХОЗЯЙСТВО



**Рис. 8. Применение в асинхронном электроприводе высоковольтного преобразователя частоты**



**Рис. 9. Применение низковольтного преобразователя частоты для регулируемого электропривода с асинхронным двигателем:**  
**а) с высоковольтным двигателем;**  
**б) с низковольтным двигателем.**  
**ТС (ТС-1, ТС-2) - согласующий трансформатор;**  
**ПЧ - преобразователь частоты;**  
**АД - асинхронный двигатель**

ковольтных частотно-регулируемых электропривода общей установленной мощностью 30630 кВт.

Экономия на начало 2005г. составила:

X Электроэнергии около 90 млн.кВт.ч

$$\left( K_3 \approx 2940 \frac{\text{кВт.ч}}{\text{кВт}} \right)$$

X топлива ~ 15000 т

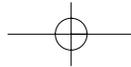
X снижение выбросов CO<sub>2</sub> 22500 т

(принято, что 1 тунт соответствует эмиссия CO<sub>2</sub> 1.5 т)

При суммарной стоимости сэкономленных ресурсов (с учетом всех составляющих эффективности внедрения регулируемых электроприводов) порядка 85 млн.рублей и стоимости затрат на проекты «под ключ» регулируемых электроприводов эксплуатируемых в Мосэнерго, ~ 240 млн.рублей (усредненная стоимость 1 кВт установленной мощности электропривода ~ 7800 рублей) средневзвешенный показатель окупаемости затрат ~ 3 года.

В настоящее время для мощных механизмов собственных нужд применяются преимущественно частотно-регулируемые асинхронные электроприводы с высоковольтными преобразователями частоты (ВПЧ). При этом наибольшее применение для широкодиапазонного регулирования частоты вращения асинхронных двигателей получили двухзвенные ВПЧ. Такие устройства преобразуют электроэнергию питающей сети в электроэнергию с требуемыми значениями напряжения, тока и частоты в два этапа. На первом с помощью выпрямителя производится преобразование тока и напряжения сети с частотой 50 Гц в постоянные ток и напряжение. На втором этапе постоянные ток и напряжение преобразуются в переменные, но уже с новыми значениями тока, напряжения и частоты, требуемыми для обеспечения желаемого режима работы электродвигателя. Это преобразование осуществляется специальными устройствами – автономными инверторами. Автономным инвертор назван потому, что его работа не связана непосредственно с питающей сетью. Несмотря на кажущуюся громоздкость такого метода преобразования, КПД двухзвенных ВПЧ оказывается весьма высоким – 96,5–98,5%. Это обусловлено эффективностью применяемых силовых полупроводниковых приборов в ключевом режиме работы.

Если автономный инвертор получает питание от источника напряжения, то есть от источника с малым внутренним сопротивлением (выпрямитель с емкостным фильтром), то на его выходе при переключении силовых полупроводниковых «ключей» может быть получено переменное напряжение в форме последовательности разнополярных прямоугольных импульсов. Первая гармоника такой последовательности должна соответствовать требуемому значению выходного напряжения. В этом случае для нагрузки – асинхронного электродвигателя – инвертор также является источником с малым внутренним сопротивлением, т.е. источником напряжения. Такой инвертор называется автономным инвертором напряжения (АИН).


**<<34**
**ЭКОНОМИЯ ПРИ  
ИСПОЛЬЗОВАНИИ  
16-КАНАЛЬНОГО  
ЭЛЕКТРОННОГО  
САМОПИСЦА СОСТАВИТ  
750000р**

Рост промышленного производства в России к 2005 году снизился почти в два раза по сравнению с 2003 годом, до 4%. Основной причиной возникшей ситуации является высокий уровень физического и морального износа оборудования, который по основным видам деятельности превышает 47%.

В целях повышения экономической эффективности производства, российские предприятия увеличивают объем инвестиций в основной капитал, например, в первом полугодии текущего года прирост составил 10,8%, что превышает показатели 2005 года. Обновляется не только парк оборудования, но и меняются системы контроля и управления различных параметров технологических процессов.

Тем не менее, значительное число промышленных предприятий используют бумажные самописцы, а также обычные показывающие приборы. Подобная ситуация приводит к тому, что на сбор и анализ данных затрачивается большой объем временных и материальных ресурсов. Поскольку, бумажные самописцы требуют постоянного обслуживания во время эксплуатации: необходимо проводить замены механических и движущихся частей прибора, бумажных лент, чернил, пишущих элементов. Кроме того, бумажные самописцы не позволяют проводить сложные измерения, визуализировать данные в различных режимах и быстро работать с архивными данными.

В целях решения этой проблемы в 2005 году на Приборостроительном заводе «Вибратор» было запущено

**58>>**

Если инвертор получает питание от источника с большим внутренним сопротивлением – источника тока, например, сетевого выпрямителя с индуктивным фильтром (ток в индуктивности фильтра не может изменяться скачком), то при переключении «ключей» на выходе инвертора может быть сформирован переменный ток в виде последовательности разнополярных прямоугольных импульсов тока. Первая гармоника такой последовательности должна соответствовать требуемому значению выходного тока. В этом случае для нагрузки инвертор является источником с большим внутренним сопротивлением, то есть источником тока. Такой инвертор называется автономным инвертором тока (АИТ).

На российском рынке с начала 90-х гг. прошлого века для экономичного регулирования насосных и вентиляторных установок применяются различные преобразователи частоты с инверторами обоих типов, в основном производства западных фирм. Это ABB (Германия), Allen-Bradley (Канада), ESTEL (Эстония), General Electric (США), Mitsubishi Electric (Япония), Siemens (Германия), Toshiba (Япония) и другие компании, предлагающие свои разработки на российском рынке.

Таблица 1 иллюстрирует сравнительные характеристики ВПЧ ряда фирм-производителей этой техники.

Что касается отечественных разработок ВПЧ для регулируемого асинхронного электропривода, то необходимо отметить следующее.

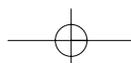
Еще в 80-х гг. прошлого века наша страна являлась мировым лидером в создании, промышленном освоении и внедрении высоковольтных преобразователей частоты для асинхронного электропривода. Высоковольтные преобразователи частоты серии ЭТВА на мощности 800-5000 кВт и напряжении 6 и 10 кВ разработки ВНИИЭ и производства Таллиннского электротехнического завода (в настоящее время фирма ESTEL) в то время не имели аналогов. В силу известных причин это лидерство к концу 80х го-

дов – началу 90х годов было утеряно, и только в последние годы разворачиваются активные работы по созданию отечественных ВПЧ.

Так, ОАО «Электровыпрямитель» (г.Саранск) завершает работу по созданию серии ВПЧ для асинхронного электропривода напряжением 6000 В. В этом году в Москве установлен опытно-промышленный образец такого преобразователя мощностью 630 кВт на одной из районных станций теплоснабжения Московской объединенной энергетической компании для регулирования сетевого насоса. Близка к завершению разработка высоковольтного преобразователя частоты в фирме «ЭЛСИЭЛ» (Москва). Предполагается совместно с фирмой ESTEL (Эстония) освоить производство ВПЧ для электроприводов 630-1250 кВт, 6000 В. Фирмой «Электротекс» (г. Орел) изготовлен и испытан ВПЧ для электропривода 1000 кВт, 6000 В, предназначенного для регулирования нефтеперекачивающего насоса. Мощностной ряд ВПЧ этой фирмы охватывает диапазон до 5000 кВт. Фирма «Л-СТАРТ» (Москва) предлагает серию ВПЧ на мощности 500-4000 кВт, 6000 В. В 2006г. два ВПЧ этой фирмы будут введены в эксплуатацию в электроприводах 1000 кВт, 6000 В дутьевых вентиляторов энергоблока 320 МВт Конаковской ГРЭС. В начале 2007г. намечен ввод ВПЧ «Л-СТАРТ» в электроприводе 4000 кВт. 6000 В питательного насоса одного из энергоблоков Нижегородской ГРЭС.

**КТО ЕСТЬ КТО**

Наметившаяся в последние несколько лет интенсификация работ отечественных производителей позволит с уверенностью прогнозировать, что уже с 2007 г. в России начнется процесс активного импортозамещения ВПЧ, а это в свою очередь позволит получить инструмент, позволяющий эффективно решать такую актуальную проблему, как снижение расходов электроэнергии на собственные нужды ТЭС.



# ЭЛЕКТРОХОЗЯЙСТВО

**Таблица 1. Сравнительные характеристики высоковольтных преобразователей частоты ряда зарубежных фирм.**

Показатели	Фирма	ABB	Siemens	Allen-Bradley	Toshiba	Mitsubishi	GE	ESTEL
Серия	ACS 1000i	Perfect Harmony	1557 MV	PowerFlex 7000	Tosvert MV	MELTRAC -F500HV	TM Drive	Innovation MV
1	2	5	7	8	9	10	11	12
Выходное напряжение (В)	2200, 3300, 4160, (6000 – с вых. трансформатором)	2200, 3300, 4160, 6000, 7200, 10000, 13800	2300, 3300, 4160, 6600, 4160, 6600	2400 3300, 4160, 6600	3300, 6000	3300, 6600	330000/3000, 6600/6000	3300, 4160, 6600 (10000)
Мощность (кВт)	315 ÷ 5000	600 ÷ 10000	315 ÷ 7500	300 ÷ 6340	500 ÷ 5450	500 ÷ 6600	250 ÷ 3550 (при 3300 В) и до 7700 (при 6000)	2000-12500
Диапазон изменения выходной частоты (Гц)	0 ÷ 66 (200)	0 ÷ 250	0-75	0-75	0-60 (120)	0-50 (60)	0-50 (60)	0-60
Перегрузочная способность	110% -1 мин, (150%- 1мин. опция)	115%-1 мин 150% - 1 мин	110%-1 мин. 150% - 1мин.	110%-1 мин. 150% - 1мин.	110% -1 мин	120% -1 мин. (150%-1мин, опция)	120% -1 мин. (150%-1мин, опция)	120% - 1 мин. 120% - 1 мин.
Схема преобразователя (стандартное исполнение)	12 (24) – пульсный НВ, АИН по схеме NPC с выходным LC-фильтром	Многообмот. трансформ. с последоват. соединением IGBT- АИН в фазе	6 (12, 18) – пульсный УВ, АFE, АИТ с ШИМ	Многообмот. трансформ. 18, 30 и 36-ти пульсный НВ и IGBT- АИН, АFE в фазе	Многообмот. трансформатор 18-ти пульсный НВ и IGBT- АИН в фазе	Многообмот. трансформатор 18-ти пульсный НВ и IGBT- АИН в фазе	Многообмот. трансформ. 18-ти пульсный НВ и IGBT- АИН в фазе	6-ти пульсный УВ бестрансформаторный, АИТ с парой коммутирующих тиристоров
К.п.д. (%)	98 (без тр-ра.)	96 (с тр-ром)	97,0 (без тр-ра.)	98,0 (без тр-ра.)	97,6 (с тр-ром)	98 (с тр-ром)	97,0 (с тр-ром)	97,5
Коскоэффициент мощности выпрямителя	>0,96 (без тр-ра.)	0,96	0,96 (18-пульсый, 0,98-1,0 для ШИМ выпрям.)	0,96 (18-пульсый, 0,98-1,0 для ШИМ выпрям.)	0,95	0,96	0,95	0,98 – 1,0
Тип силовых полупроводниковых приборов	Диоды – НВ, IGBT – АИН	Диоды – НВ, АИН – IGBT и IGBT – АИН	Тир-ры – УВ, GTO – АИТ	Тир-ры – УВ, Тир-ры – УВ, SGC – АИТ	Диоды – НВ, IGBT – НВ, IGBT – АИН	Диоды – НВ, IGBT – АИН	Диоды – НВ, IGBT – АИН	Тир-ры – УВ и АИТ

# ЭЛЕКТРОХОЗЯЙСТВО

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Принцип коммутации в инверторе	Трёхуровневый ШИМ – модуляция в "звезду"	Многоуровневый ШИМ – модуляция в "звезду"	Трёхуровневый ШИМ – модуляция в "звезду"	Трёхуровневый ШИМ – модуляция в "звезду"	Многоуровневый ШИМ (multi-level PWM)	ШИМ с избир. подавлением высших гармоник	ШИМ с избир. подавлением высших гармоник	Многоуровневый ШИМ (multi-level PWM)	Многоуровневый ШИМ (multi-level PWM)	Многоуровневый ШИМ (multi-level PWM)	Комбиниров. ШИМ ("multi-level PWM bridge topologies")	"Конденсаторная" коммутация
THD сетевой, % (зависит от отношения мощности к.з. сети к мощности ПЧ)	5,2% (напр.) 6,5% (ток) для Х <sub>источн.</sub> =5,75%	1,5% (напр.) 1,0% (ток)	5,2% (напр.) 6,5% (ток) для Х <sub>источн.</sub> =5,75%	5,2% (напр.) 6,5% (ток) для Х <sub>источн.</sub> =5,75%	1,2% (напр.) 0,8% (ток) для Х <sub>источн.</sub> =5,75%	? 5% (напр.) ? 6,5% (ток) - для 12-ти пульсного выпрямителя	1,5% (напряж.) <1,25% (ток) - для ШИМ выпр. ? 3,5% (напр.) ? 3% (ток) - для 18-ти пульсного выпрямителя	1,2% (напр.) 0,8% (ток) для Х <sub>источн.</sub> =5,75%	1,2% (напр.) 0,8% (ток) для Х <sub>источн.</sub> =5,75%	1,2% (напр.) 0,8% (ток) для Х <sub>источн.</sub> =5,75%	? 3,5% (напр.) 5,2% (напр.) 6,5% (ток) для Х <sub>источн.</sub> =5,75%	5,2% (напр.) 6,5% (ток) для Х <sub>источн.</sub> =5,75%
Установка выходного фильтра	sin-фильтр	Не требуется	sin-фильтр	sin-фильтр	Не требуется	Не требуется	Не требуется	Не требуется	Не требуется	Не требуется	Не требуется	Не требуется
THD – ток нагрузки, %	? 5% с выходным sin-фильтром	< 5%	? 5% с выходным IHV sin-фильтром	? 5% с выходным sin-фильтром	< 2,5%	? 5%	? 5%	< 5%	< 5%	< 5%	< 3%	6,5%
Возможность рекуперативного торможения	Нет	Нет	Нет	Нет	Нет	Есть	Есть	Нет	Нет	Нет	Да	Да
Возможность удаления трансформатора от ЧРП	Да	Да	Да	Да	Нет	Да	Да	Нет	Нет	Нет	Нет	Да
Возможность удаления двигателя от ЧРП на большое расстояние без вых. фильтра	Нет	Да	Нет	Нет	Да	Да	Да	Да	Да	Да	Да	Да
Информационно-управляющая электроника	Микро-процессор	Микро-процессор	Микро-процессор	Микро-процессор	Микро-процессор	Микро-процессор	Микро-процессор	Микро-процессор	Микро-процессор	Микро-процессор	Микро-процессор	Микро-процессор (с 2005 г.)

# ЭЛЕКТРОХОЗЯЙСТВО

Окончание таблицы 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Коммуникацион. возможности	Все обычные периферийные шины	Все обычные периферийные шины	Интегрирован ProfiBus, совместимость с CAN-шиной, Ethernet и другими шинами		Все обычные периферийные шины	Все обычные периферийные шины	Все обычные периферийные шины	Все обычные периферийные шины	Все обычные периферийные шины	Все обычные перифер. шины	Все обычные периферийные шины	RS-485, ProfiBus
Исполнение	IP21, 22, 31 32 и 42	IP32 (Стандартное исполнение) До IP54 (опция)-	IP21 (воздушное охлаждение) и IP41, 43, 54 (опция - жидкостное охлаждение)	IP22 (воздушное охлаждение), IP43 (жидкостное исполнение)	IP21 (опция - IP42) - воздушное охлаждение, IP23 (опция - IP54) - жидкостное охлаждение	IP21	IP21	IP21 (стандартное исполнение)	IP21	IP21	IP32 (IP54)	IP21
Охлаждение	Воздушное - до 1600 кВт	Жидкостное - форсированное	Воздушное - до 6000 кВт, жидкостное - от 1800 до 5000 кВт	Воздушное - до 6000 кВт, жидкостное - от 1800 до 5000 кВт	Воздушное - до 4000 кВт, жидкостное - от 2500 кВт, жидкостное - более 3150 кВт	Воздушное до 4000 кВт, жидкостное - от 3700 кВт	Воздушное, форсиро-ванное	Воздушное, форсированное	Воздушное форсирован.	Воздушное форсирован.	Жидкостное	Воздушное форсирован. Не базе "тепловых труб"
Диапазон температур, °С.	1 - 40	1 - 40 (50 - опция)	5 - 40	5 - 40	5 - 40	5 - 40	5 - 40	0 - 40	0 - 40	0 - 40	0 - 40	0 - 35 (40 - опция)
Удельные габариты, (без тр-ра), дм <sup>3</sup> /кВт	39,6 - 13	3,2 - 1,15	11,9 - 2,87 (12-ти пульсный НВ, воздушное охлаждение)	16 - 3,43 (12-ти пульсный НВ, воздушное охлаждение)	17,4 - 9,375, (при воздушном охлаждении, 8,7 - 3,66 (при жидкостном охлаждении) (с тр-ром) жидкостное охлаждение)	19,8 - 3,52 (6-ти пульсный УВ), 21 - 7,6 (18-ти пульсный УВ) воздушное охлаждение, 3,41 - 2,16 - 18 ти пульсный УВ жидкостное охлаждение)	9,315 - 3,6 (для исполнения на 6000В)	20,24 - 7,1 (для исполнения на 6000 В) (с тр-ром)	18,4 - 8,34 при 3300 В, 10,5 - 6,81 - при 6000 В (с тр-ром)	6,4 - 1,48	13,2 - 3,78	

## ЭЛЕКТРОХОЗЯЙСТВО



**В.Н. Харечко,  
Ю.В. Харечко**

# ЗАЗЕМЛЯЮЩЕЕ УСТРОЙСТВО – ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ

В седьмой статье, посвященной разъяснению терминологии, применяемой в нормативных документах, устанавливающих требования к низковольтным электроустановкам и к низковольтному электрооборудованию, рассматриваются понятия «заземляющее устройство», «заземлитель», «заземляющий проводник», «главная заземляющая шина» и связанные с ними понятия. Терминология адаптирована к электроустановкам зданий.

**Эталонная земля** – проводящая электрический ток и находящаяся вне зоны влияния какого-либо заземляющего устройства часть Земли, электрический потенциал которой условно принят равным нулю.

В Международном электротехническом словаре<sup>1</sup> МЭС (в стандарте МЭК 60050-195 «Международный электротехнический словарь. Часть 195. Заземление и защита от поражения электрическим током» 1998 г. с поправкой 2001 г. [1, 2]) определен термин «эталонная земля» – часть Земли, рассматриваемая в качестве проводящей, электрический потенциал которой условно принят в качестве нуля, находящаяся вне зоны влияния какого-либо заземляющего устройства. В примечании к определению термина сказано, что понятие «Земля» означает планету со всеми ее физическими свойствами. Аналогично этот термин определен в

стандарте МЭК 60050-826 «Международный электротехнический словарь. Часть 826. Электрические установки» 2004 г. [3].

В ранее действовавшем стандарте МЭК 60050-826 1982 г. [4] был определен термин «земля»: проводящая масса земли, чей электрический потенциал в любой точке условно принят в качестве равного нулю.

В стандарт МЭК 61140 «Защита от поражения электрическим током. Общие положения для установки и оборудования» 2001 г. [5] термин «эталонная земля» и его определение заимствованы из стандарта МЭК 60050-195. Стандарт МЭК 61936-1 «Энергетические установки переменного тока напряжением, превышающим 1 кВ. Часть 1. Общие правила» 2002 г. [6] определил этот термин на основе информации из стандарта МЭК 60050-195: часть Земли, рассматриваемая в качестве проводящей, электрический потенциал которой условно принят в качестве нуля, находящаяся вне зоны влияния соответствующего заземляющего устройства.

В стандарте МЭК 62128-1 «Применения для железных дорог. Неподвижные установки. Часть 1. Защитные меры предосторожности, относящиеся к электрической безопасности и заземлению» 2003 г. [7] и в некоторых других стан-

<sup>1</sup>В состав Международного электротехнического словаря входит более 70 стандартов комплекса МЭК 60050, в которых даны определения около 20 000 терминов.

# ЭЛЕКТРОХОЗЯЙСТВО

дартах МЭК, в технических спецификациях МЭК 62257-9-2 «Рекомендации для маленьких систем возобновляемых источников энергии и гибридных систем для сельской электрификации. Часть 9-2. Микросети» 2006 г. [8] и МЭК 62257-9-3 «... Часть 9-3. Интегрированная система. Интерфейс пользователя» 2006 г. [9] использован термин «земля», определение которого заимствовано из стандарта МЭК 60050-826 1982 г.

Британский стандарт BS 7671 «Требования для электрических установок. Правила электропроводок IEE<sup>2</sup>» 2001 г. [10] определил термин «земля» следующим образом: проводящая масса Земли, чей электрический потенциал в любой точке условно принят в качестве нуля.

ГОСТ Р МЭК 61140 [11], который разработан на основе ранее действовавшего стандарта МЭК 61140 1997 г., термин «эталонная земля» определил так: «Проводящая электрический ток и находящаяся вне зоны влияния какого-либо заземлителя часть земной коры, электрический потенциал которой принимают равным нулю».

В ГОСТ Р 50571.18 [12], ГОСТ Р 50571.19 [12], ГОСТ Р 50571.20 [14], ГОСТ Р 50571.21 [15], ГОСТ Р 50571.22 [16] и ГОСТ Р 50571.23 [17] определен термин «земля (относительная, эталонная)»: «Проводящая электрический ток и находящаяся вне зоны влияния какого-либо заземлителя часть земной коры, электрический потенциал которой принимают равным нулю». Наименование этого термина целесообразно изменить на «эталонная земля», так как она представляет собой своеобразный эталон с нулевым электрическим потенциалом.

Правила устройства электроустановок (ПУЭ) седьмого издания [18] определили термин «зона нулевого потенциала (относительная земля)»: «часть земли, находящаяся вне зоны влияния какого-либо заземлителя, электрический потенциал которой принимается равным нулю». Для большего соответствия МЭС рассматриваемый термин следует назвать эталонной землей.

Термин «эталонная земля» определяет часть Земли, способную проводить электрический ток, но не подверженную воздействию электрического тока, стекающего в нее с заземлителя какого-либо заземляющего устройства. Электрический потенциал эталонной земли условно принят равным нулю. Электрические потенциалы проводящих частей отсчитывают от нулевого потенциала эталонной земли.

После монтажа какого-либо заземляющего устройства обособленная часть Земли может быть подвергнута воздействию стекающего с его заземлителя электрического тока, который изменяет ее электрический потенциал. В этих условиях земля, ранее бывшая эталонной, становится локальной землей.

**Локальная земля** – часть Земли, находящаяся в электрическом контакте с заземлителем, электрический потенциал которой может быть отличен от нуля.

В стандарте МЭК 60050-195 определен термин «(локальная) земля» – часть Земли, которая находится в электрическом контакте с заземляющим электродом и электрический потенциал которой не обязательно равен нулю. Аналогичный термин определен в стандарте МЭК 60050-826.

В приложении А стандарта МЭК 60364-1 «Низковольтные электрические установки. Часть 1. Основные правила, оценка общих характеристик, определения» 2005 г. [19] этот термин дополнен следующим примечанием: вблизи заземляющего электрода потенциал может не быть нулевым.

В стандартах МЭК 61140, МЭК 61936-1 и некоторых других стандартах МЭК использованы термин «(локальная) земля» и его определение, которые заимствованы из стандарта МЭК 60050-195.

ГОСТ Р МЭК 61140 термин «локальная земля» определил так: «Часть земли, находящаяся в контакте с заземлителем, электрический потенциал которой под влиянием тока, стекающего с заземлителя, может быть отличен от нуля». В примечании к определению термина указано, что «В случаях, когда отличие от нуля потенциала части земли не имеет принципиального значения, вместо термина локальная земля используют общий термин земля».

В ГОСТ Р 50571.18, ГОСТ Р 50571.19, ГОСТ Р 50571.20, ГОСТ Р 50571.21, ГОСТ Р 50571.22 и ГОСТ Р 50571.23 определен термин «локальная земля»: «Часть земли, находящаяся в контакте с заземлителем, электрический потенциал которой под влиянием тока, стекающего с заземлителя, может быть отличен от нуля. В случаях, когда отличие от нуля потенциала части земли не имеет принципиального значения, вместо термина «локальная земля» используют общий термин «земля»».

ПУЭ в главе 1.7 определили термин «зона растекания (локальная земля)»: «зона земли между заземлителем и зоной нулевого потенциала». В пояснении к определению этого термина указано, что «Термин земля, используемый в главе, следует понимать как земля в зоне растекания». Рассматриваемый термин следует назвать локальной землей, чтобы он соответствовал аналогичному термину в МЭС.

Термин «локальная земля» определяет ту часть Земли, которая находится под воздействием электрического тока, стекающего с размещенного в ней заземлителя какого-либо заземляющего устройства. В этих условиях электрический потенциал локальной земли может существенно отличаться от электрического потенциала эталонной земли, который условно принят равным нулю.

Термин «локальная земля» используют в стандартах МЭК и в национальной нормативной документации для определения других терминов, например, терминов «заземлитель», «заземление», «сторонняя проводящая часть».

**Заземляющее устройство** – совокупность заземлителя, заземляющих проводников и главной заземляющей шины.

<sup>2</sup>The Institution of Electrical Engineers - Общество инженеров-электриков

# ЭЛЕКТРОХОЗЯЙСТВО

В стандарте МЭК 60050-195 термин «заземляющее устройство» определен следующим образом: все электрические соединения и устройства, вовлеченные в заземление системы, установки и оборудования. Аналогичное определение рассматриваемого термина приведено в стандарте МЭК 60050-826.

В стандарте МЭК 60728-11 «Кабельные сети для телевизионных сигналов, звуковых сигналов и интерактивных связей. Часть 11. Безопасность» 2005 г. [20] и в технической спецификации МЭК 62257-5 «Рекомендации для малых систем возобновляемых источников энергии и гибридных систем для сельской электрификации. Часть 5. Защита от опасностей поражения электрическим током» 2005 г. [21] использовано определение термина «заземляющее устройство» из стандарта МЭК 60050-195. В стандарте МЭК 61140 это определение дополнено примечанием, в котором разъяснено, что это могло быть локально ограниченным устройством взаимосвязанных заземляющих электродов на стороне высокого напряжения.

Определение термина «заземляющее устройство», используемое в стандартах МЭК, имеет общий теоретический вид и охватывает все проводящие части, находящиеся в электрической связи с локальной землей. В соответствии с этим определением к заземляющему устройству следует относить и защитные проводники, которые подключают к открытым проводящим частям электрооборудования класса I, и проводники уравнивания потенциалов, которые присоединяют к сторонним проводящим частям здания и к открытым проводящим частям электроустановки здания, и некоторые другие проводящие части, которые имеют соединение с главной заземляющей шиной. Для нормативной документации, устанавливающей требования к электроустановкам зданий, следует использовать более практичное определение термина «заземляющее устройство», которое будет однозначно определять конкретное устройство, монтируемое для электроустановки здания и предназначенное для выполнения в ней защитного и функционального заземления. Определение термина «заземляющее устройство» целесообразно построить на исчерпывающем перечислении его составных частей.

В ГОСТ Р 50571.18, ГОСТ Р 50571.19, ГОСТ Р 50571.20, ГОСТ Р 50571.21 и ГОСТ Р 50571.22 термин «заземляющее устройство» определен так: «Совокупность заземлителя и заземляющих проводников». В нем указаны лишь две составные части заземляющего устройства электроустановки здания. Поэтому в этом определении следует упомянуть третий элемент заземляющего устройства – главную заземляющую шину.

ПУЭ определили термин «заземляющее устройство» следующим образом: «совокупность заземлителя и заземляющих проводников». Прочитанное определение противоречит следующему определению термина «главная заземляющая шина» ПУЭ: «шина, являющаяся частью заземляющего устройства электроустановки до 1 кВ и пред-

назначенная для присоединения нескольких проводников с целью заземления и уравнивания потенциалов».

Заземляющее устройство электроустановки здания всегда состоит из следующих трех элементов: заземлителя, заземляющих проводников и главной заземляющей шины. Поэтому в анализируемом определении термина «заземляющее устройство» следует указать главную заземляющую шину.

В нормативной документации широко используют термин «заземляющее устройство», особенно в требованиях по обеспечению в электроустановках зданий надлежащего уровня электробезопасности. Большинство открытых проводящих частей в электроустановке здания, а также сторонних проводящих частей в здании присоединяют к заземляющему устройству с целью осуществления мер по защите от поражения электрическим током. Некоторые проводящие части электрооборудования также могут быть присоединены к заземляющему устройству для обеспечения его нормальной работы.

Заземляющее устройство электроустановки здания состоит из трех основных частей: заземлителя, заземляющих проводников и главной заземляющей шины. Заземляющее устройство электроустановки здания должно быть спроектировано и смонтировано таким образом, чтобы его сопротивление удовлетворяло требованиям электробезопасности и обеспечивало нормальную работу электрооборудования в течение всего периода ее эксплуатации. При выборе конструкции заземляющего устройства следует учитывать возможное увеличение его сопротивления в процессе эксплуатации вследствие коррозии. Конструкция заземляющего устройства должна быть безопасной в отношении нагрева, обладать термической и динамической устойчивостью при протекании токов замыкания на землю. Заземляющее устройство должно обладать достаточной механической прочностью и (или) иметь защиту от воздействия на него неблагоприятных внешних факторов.

Для электроустановки индивидуального жилого дома целесообразно выполнять заземляющее устройство следующей конструкции: вертикальные электроды длиной 3 м забивают в землю на глубину 0,5 м с шагом 6 м и соединяют горизонтальным электродом, заглубленным на 0,5 м. К горизонтальному электроду присоединяют два заземляющих проводника, которые вводят в дом и подключают к главной заземляющей шине.

Выполнение заземляющего устройства рассматриваемой конструкции с пятью вертикальными электродами потребует предварительной копки траншеи глубиной 0,5–0,7 м и длиной около 25 м. Вертикальные и горизонтальные электроды, а также заземляющие проводники легче всего изготавливать из стали круглой, имеющей диаметр не менее указанного в таблице (см. заземлитель).

Требования к заземляющим устройствам изложены в ГОСТ Р 50571.10 и в главе 1.7 ПУЭ.

# ЭЛЕКТРОХОЗЯЙСТВО

**Заземлитель** – проводящая часть или совокупность электрически соединенных между собой проводящих частей, находящихся в электрическом контакте с локальной землей прямо или через промежуточную проводящую среду.

В стандарте МЭК 60050-195 определен термин «сеть заземляющих электродов» – часть заземляющего устройства, включающая в себя только заземляющие электроды и их взаимные соединения. Аналогично этот термин определен в стандарте МЭК 60050-826. Указанный термин является эквивалентом термина «заземлитель», используемого в национальной нормативной документации. Однако его применение в стандартах МЭК ограничено. Обычно в требованиях стандартов МЭК употребляют другой термин – «заземляющий электрод», определенный в стандарте МЭК 60050-195 так: проводящая часть, которая может быть погружена в специальную проводящую среду, например, бетон или кокс, в электрическом контакте с Землей.

В стандарте МЭК 60050-826 термин «заземляющий электрод» определен более точно: проводящая часть, которая может быть погружена в грунт или в специальную проводящую среду, например, бетон или кокс, в электрическом контакте с Землей.

Процитированные определения имеют теоретический вид и поэтому не позволяют точно ответить на вопрос, что такое заземлитель? Подсказку можно найти в ранее действовавшем стандарте МЭК 60050-826 1982 г., в котором термин «заземляющий электрод» был определен иначе: проводящая часть или группа проводящих частей, находящихся в тесном контакте с землей и предусматривающих электрическое соединение с ней. Это определение более простое. Оно легче воспринимается и поэтому его можно положить в основу определения термина «заземлитель» для национальной нормативной документации.

В стандартах МЭК 61140, МЭК 60364-5-54 «Электрические установки зданий. Часть 5-54. Выбор и монтаж электрического оборудования. Заземляющие устройства, защитные проводники и защитные проводники уравнивания потенциалов» 2002 г. [22] и некоторых других стандартах МЭК использовано определение термин «заземляющий электрод», которое заимствовано из стандарта МЭК 60050-195. Стандарт МЭК 61936-1 определил этот термин на основе информации из стандарта МЭК 60050-195 следующим образом: проводящая часть, которая может быть погружена в специальную проводящую среду в электрическом контакте с землей. В стандартах МЭК 62128-1, МЭК 60728-11 и некоторых других стандартах МЭК определение рассматриваемого термина заимствовано из стандарта МЭК 60050-826 1982 г.

Стандарт BS 7671 определил термин «заземляющий электрод» следующим образом: проводник или группа проводников в непосредственном контакте с Землей и обеспечивающая электрическое присоединение к ней.

В национальной нормативной документации вместо термина «заземляющий электрод» обычно используют тер-

мин «заземлитель», который, например, в ГОСТ Р 50571.1 [23] определен так: «проводник (электрод) или совокупность электрически соединенных между собой проводников, находящихся в контакте с землей или ее эквивалентом, например, с не изолированным от земли водоемом».

В ГОСТ Р 50571.18, ГОСТ Р 50571.19, ГОСТ Р 50571.20, ГОСТ Р 50571.21 и ГОСТ Р 50571.22 предпринята попытка уточнить национальную терминологию – в стандартах даны определения двух терминов, которые являются примерными эквивалентами терминов «сеть заземляющих электродов» и «заземляющий электрод» МЭС:

«заземлитель: Часть заземляющего устройства, состоящая из одного или нескольких электрически соединенных между собой заземляющих электродов»;

«заземляющий электрод (электрод заземлителя): Проводящая часть, находящаяся в электрическом контакте с локальной землей непосредственно или через промежуточную проводящую среду, например через слой бетона или проводящее антикоррозионное покрытие».

ПУЭ определили термин «заземлитель» и два производных от него термина:

«заземлитель – проводящая часть или совокупность соединенных между собой проводящих частей, находящихся в электрическом контакте с землей непосредственно или через промежуточную проводящую среду»; «искусственный заземлитель – заземлитель, специально выполняемый для целей заземления»;

«естественный заземлитель – сторонняя проводящая часть, находящаяся в электрическом контакте с землей непосредственно или через промежуточную проводящую среду, используемая для целей заземления».

В процитированных определениях терминов «заземлитель» и «естественный заземлитель» использован общий термин «земля», который следует заменить конкретным термином «локальная земля». Кроме того, в определении термина «естественный заземлитель» сказано о сторонней проводящей части, однако как только указанная проводящая часть здания стала заземлителем, ее нельзя называть сторонней проводящей частью, так как она является частью электроустановки здания. Поэтому в рассматриваемом определении термин «сторонняя проводящая часть» следует заменить словами «проводящая часть здания и сооружения».

Заземлитель является той составной частью заземляющего устройства, которая обеспечивает электрическую связь заземляющего устройства с локальной землей. Заземлитель обычно выполняют из нескольких, электрически соединенных между собой вертикальных и горизонтальных металлических электродов (проводящих частей), которые расположены в локальной земле или в промежуточной проводящей среде, имеющей электрическую связь с землей.

В качестве заземлителей можно использовать металлические стержни, трубы, полосы, проволоку, плиты, пластины, листы, фундаментные заземлители, стальную арма-

# ЭЛЕКТРОХОЗЯЙСТВО

туру железобетонных конструкций (с некоторыми ограничениями), а также некоторые металлические подземные сооружения. Например, в качестве заземлителя допускается применять металлические трубы водопровода и других инженерных систем, свинцовые и другие металлические оболочки кабелей, не подверженные разрушению коррозией, и др.

Конструктивное исполнение заземлителей и глубина их заложения должны быть такими, чтобы высыхание и промерзание грунта не вызывали превышения значения сопротивления заземляющего устройства выше допустимого значения. Заземлители должны быть сделаны из устойчивых к коррозии материалов. В таблице 1.7.4 главы 1.7 ПУЭ установлены минимально допустимые размеры заземлителей и заземляющих проводников, проложенных в земле (см. таблицу).

**Таблица. Наименьшие размеры заземлителей и заземляющих проводников, проложенных в земле**

Материал	Профиль сечения	Диаметр, мм	Сечение, мм <sup>2</sup>	Толщина стенки, мм
Сталь черная	Круглый: для вертикальных заземлителей;	16	—	—
	для горизонтальных заземлителей	10	—	—
	Прямоугольный	—	100	4
	Угловой	—	100	4
	Трубный	32	—	3,5
Сталь оцинкованная	Круглый: для вертикальных заземлителей;	12	—	—
	для горизонтальных заземлителей	10	—	—
	Прямоугольный	—	75	3
	Трубный	25	—	2
	Круглый	12	—	—
Медь	Прямоугольный	—	50	2
	Трубный	20	—	2
	Канат многопроволочный (диаметр каждой проволоки)	1,8	35	—

При выполнении заземляющего устройства для электроустановки индивидуального жилого дома вертикальные электроды целесообразно изготавливать из черной стали круглой диаметром не менее 16 мм. Горизонтальные электроды можно выполнить из стали круглой диаметром 10–12 мм. Горизонтальные и вертикальные электроды соединяют друг с другом при помощи электросварки двойным швом. Длина шва должна быть не менее десяти наибольших диаметров свариваемых электродов. Например, при сваривании двух электродов, имеющих диаметры 16 и 12 мм, шов должен иметь длину 160 мм или большую.

Требования к заземлителям изложены в ГОСТ Р 50571.10 и в главе 1.7 ПУЭ.

**Электрически независимый заземлитель** – заземлитель, расположенный на таком расстоянии от других заземлителей, что электрические токи, протекающие между ними и Землей, не оказывают существенного влияния на электрический потенциал независимого заземлителя.

В стандарте МЭК 60050-195 определен термин «независимый заземляющий электрод» – заземляющий электрод, расположенный на таком расстоянии от других заземляющих электродов, что на его электрический потенциал не значительно влияют электрические токи между Землей и другими заземляющими электродами. В стандарте МЭК 60050-826 рассматриваемому термину дано такое же определение.

В ранее действовавшем стандарте МЭК 60050-826 1982 г. использовали термин «электрически независимые заземляющие электроды», который был определен следующим образом: заземляющие электроды, размещенные на таком расстоянии друг от друга, что максимальный ток, возможно стекающий с одного из них, не оказывает значительного влияния на потенциал других.

Стандарт BS 7671 определил термин «электрически независимые заземляющие электроды» приблизительно так, как это сделано в стандарте МЭК 60050-826 1982 г.: заземляющие электроды, размещенные на таком расстоянии друг от друга, что максимальный ток, возможно протекающий через один из них, не оказывает значительного влияния на потенциал другого (других).

Оба представленных термина определяют одинаковые понятия. В национальной нормативной документации целесообразно использовать термин «электрически независимый заземлитель», определение которого можно выполнить на основе определения аналогичного термина из стандарта МЭК 60050-195.

В ГОСТ Р 50571.1 определен термин «электрически независимые заземлители»: «заземлители, расположенные на таком расстоянии друг от друга, что максимально возможный ток, который может протекать по одному из них? не влияет заметно на потенциал остальных».

В ГОСТ Р 50571.18, ГОСТ Р 50571.19, ГОСТ Р 50571.20, ГОСТ Р 50571.21 и ГОСТ Р 50571.22 определен термин «электрически независимый заземлитель (независимый заземлитель)»: «Заземлитель, расположенный на таком расстоянии от других заземлителей, что токи растекания с них не оказывают существенного влияния на электрический потенциал независимого заземлителя».

Если два или несколько заземлителей, входящих в состав разных заземляющих устройств, находятся близко друг от друга, то при стекании электрического тока с одного из них в Землю может происходить существенное изменение электрического потенциала на других заземлителях. Для обеспечения в электроустановках зданий надлежащего уровня электробезопасности или для создания условий, необходимых для нормального функционирования какого-либо электрооборудования, иногда требуется использование заземляющих устройств, имеющих электрически независимые заземлители. Так, например, заземляющее устройство электроустановки здания, соответствующей типу заземления системы ТТ, должно иметь заземлитель, электрически независимый от заземлителя заземляющего уст-

ройства токоведущей части источника питания (например, нейтрали трансформатора).

В городской местности, характеризующейся плотной застройкой и наличием большого числа подземных проводящих коммуникаций, выполнить электрически независимые заземлители очень сложно, а часто практически невозможно. Положение осложняется также тем, что заземлители токоведущих частей источников питания в существующих низковольтных распределительных электрических сетях имеют электрические соединения, выполненные с помощью PEN-проводников кабельных или воздушных линий электропередачи, с многочисленными заземлителями заземляющих устройств электроустановок зданий, которые соответствуют типам заземления системы TN-C и TN-C-S. Многократно «размноженные» заземлители токоведущих частей источников питания фактически «накрывают» всю городскую территорию. Поэтому реализовать систему ТТ можно на городских территориях новой массовой застройки, где все новые электроустановки зданий выполняют с типом заземления системы ТТ (с меньшей вероятностью), а также в сельской местности с малой плотностью застройки (с большей вероятностью).

**Заземляющий проводник** – защитный проводник, соединяющий заземлитель с главной заземляющей шиной.

В стандарте МЭК 60050-195 термин «заземляющий проводник» определен так: проводник, который обеспечивает проводящий путь или часть проводящего пути между данной точкой в системе, или в установке, или в оборудовании и заземляющим электродом.

Процитированное определение имеет общий теоретический вид и охватывает все проводники, имеющие связь с заземляющим электродом (заземлителем). В соответствии с этим определением к заземляющим проводникам следует относить и защитные проводники, которые подключают к открытым проводящим частям электрооборудования класса I, и проводники уравнивания потенциалов, которые присоединяют к сторонним проводящим частям, и некоторые другие проводники, которые имеют электрическое соединение с заземлителем (точнее – с главной заземляющей шиной заземляющего устройства электроустановки здания).

В стандарте МЭК 60050-826 определение рассматриваемого термина выполнено на основе определения из стандарта МЭК 60050-195: проводник, который обеспечивает проводящий путь или часть проводящего пути между данной точкой в системе или в установке, или в оборудовании и заземляющим электродом или сетью заземляющих электродов. Примечание к определению уточняет, что в электрической установке здания данной точкой обычно является главный заземляющий зажим, и заземляющий проводник присоединяет эту точку к заземляющему электроду или к сети заземляющих электродов.

В ранее действовавшем стандарте МЭК 60050-826 1982 г. термин «заземляющий проводник» был определен

более конкретно: защитный проводник, присоединяющий главный заземляющий зажим или шину к заземляющему электроду.

В приложении А стандарта МЭК 60364-1 рассматриваемый термин из стандарта МЭК 60050-826 2004 г. дополнен следующим примечанием: неизолированные части заземляющих проводников, которые погружены в грунт, рассматривают как составляющую часть заземляющего устройства.

Стандарт МЭК 60364-5-54 для идентификации заземляющего проводника использует определение этого термина, приведенное в стандарте МЭК 60050-195, со следующим примечанием: для целей этой части МЭК 60364 заземляющий проводник представляет собой проводник, который присоединяет заземляющий электрод к точке в системе уравнивания потенциалов, обычно – к главному заземляющему зажиму. То есть в действующем стандарте МЭК 60364-5-54 под заземляющим проводником подразумевают проводник, который соединяет заземлитель с главной заземляющей шиной. Поэтому для национальной нормативной документации, устанавливающей требования к электроустановкам зданий, в качестве основы определения термина «заземляющий проводник» целесообразно использовать определение, приведенное в ранее действовавшем стандарте МЭК 60050-826 1982 г.

В стандартах МЭК 61140, МЭК 60519-1 и некоторых других стандартах МЭК термин «заземляющий проводник» определен так же, как в стандарте МЭК 60050-195, а в стандарте МЭК 60728-11 использовано определение этого термина, заимствованное из стандарта МЭК 60050-826 1982 г.

Стандарт BS 7671 определил рассматриваемый термин следующим образом: защитный проводник, присоединяющий главный заземляющий зажим установки к заземляющему электроду или к другому устройству заземления.

В ГОСТ Р 50571.1 дано следующее определение термина «заземляющий проводник»: «защитный проводник, соединяющий заземляемые части электроустановки с заземлителем».

В ГОСТ Р 50571.18, ГОСТ Р 50571.19, ГОСТ Р 50571.20, ГОСТ Р 50571.21 и ГОСТ Р 50571.22 термин «заземляющий проводник» определен так: «Проводник, соединяющий заземляемую точку системы или установки, или оборудования с заземлителем».

Процитированные определения термина «заземляющий проводник» из стандартов комплекса ГОСТ Р 50571 носят теоретический, а не практический характер. Определение не дает ответа на главный вопрос – где в электроустановке здания находятся заземляющие проводники?

Представленное в ПУЭ определение термина «заземляющий проводник» – «проводник, соединяющий заземляемую часть (точку) с заземлителем», также имеет ярко выраженный теоретический вид. Это определение хорошо характеризует заземляющий проводник переносного заземляющего устройства, которое используют для выполнения заземления проводящих частей электроустановки во время

# ЭЛЕКТРОХОЗЯЙСТВО

проведения в ней ремонтных или профилактических работ. Однако оно плохо подходит для определения заземляющих проводников, применяемых в электроустановках зданий.

Действительно, из этого определения следует, что заземляющий проводник является универсальным защитным проводником, который соединяет открытые проводящие части электроустановки здания с заземляющим устройством, исключая из употребления другие защитные проводники. Заземляющий проводник также соединяет с заземляющим устройством все сторонние проводящие части здания, заменяя собой проводники уравнивания потенциалов. В главе 1.7 ПУЭ для электроустановок зданий следует четко установить зону действия заземляющего проводника, а именно – обеспечение электрической связи заземлителя с главной заземляющей шиной.

Заземляющий проводник является составной частью заземляющего устройства электроустановки здания. Заземляющий проводник, электрически присоединенный к заземлителю, обеспечивает электрическую связь между заземлителем и главной заземляющей шиной, к которой, в свою очередь, присоединяют остальные защитные проводники электроустановки здания, а также могут быть присоединены проводники функционального заземления и функционального уравнивания потенциалов.

Заземляющий проводник является защитным проводником. Поэтому он должен удовлетворять нормативным требованиям, предъявляемым к защитным проводникам. Если заземляющий проводник проложен в земле, то его минимальное сечение должно быть не менее значений, указанных в таблице (см. заземлитель).

При выполнении заземляющего устройства для электроустановки индивидуального жилого дома заземляющие проводники целесообразно изготавливать из черной стали круглой диаметром 10–12 мм. Заземляющие проводники соединяют с горизонтальными электродами при помощи электросварки двойным швом. Длина шва должна быть не менее десяти наибольших диаметров свариваемых круглых профилей.

Требования к заземляющим проводникам изложены в ГОСТ Р 50571.10 и в главе 1.7 ПУЭ.

**Главная заземляющая шина** – шина, входящая в состав заземляющего устройства электроустановки здания и предназначенная для электрического присоединения проводников к заземляющему устройству.

В стандарте МЭК 60050-195 два термина «главный заземляющий зажим» и «главная заземляющая шина» имеют одно определение: зажим или шина, которые являются частью заземляющего устройства установки, создающие возможность электрического присоединения нескольких проводников для целей заземления. Аналогичное определение этих терминов дано в стандарте МЭК 60050-826.

В ранее действовавшем стандарте МЭК 60050-826 1982 г. также были определены термины «главный заземляющий зажим» и «главная заземляющая шина»: зажим

или шина, предусмотренные для присоединения защитных проводников, включая проводники уравнивания потенциалов, и проводников для функционального заземления, если они имеют место, к устройству заземления.

Стандарт МЭК 60364-5-54 использует определение этих терминов, приведенное в стандарте МЭК 60050-195, стандарт МЭК 60728-11 – приведенное в ранее действовавшем стандарте МЭК 60050-826 1982 г.

В национальной нормативной документации целесообразно применять термин «главная заземляющая шина», так как именно шину, а не зажим обычно применяют в электроустановке здания при выполнении ее заземляющего устройства. При этом в процитированное определение рассматриваемого термина из стандарта МЭК 60050-195 необходимо внести следующие уточнения:

термин «установка» следует заменить термином «электроустановка здания», поскольку речь идет о терминологии, которая предназначена для нормативных документов, устанавливающих требования к электроустановкам зданий;

слова «с целью заземления» целесообразно исключить из определения, так как любое преднамеренное соединение какой-либо проводящей части с заземляющим устройством выполняют для ее заземления;

в определении термина необходимо указать основную функцию, которую выполняет главная заземляющая шина, – с ее помощью проводники соединяют с заземляющим устройством.

В ГОСТ Р 50571.20, ГОСТ Р 50571.21 и ГОСТ Р 50571.22 термин «главная заземляющая шина (главный заземляющий зажим)» определен так: «Шина или зажим, являющаяся частью заземляющего устройства электроустановки до 1 кВ и предназначенная для электрического присоединения нескольких проводников с целью заземления». Используемый в процитированном определении термин «электроустановка до 1 кВ» следует заменить термином «низковольтная электроустановка» или «электроустановка здания».

ПУЭ определили термин «главная заземляющая шина» так: «шина, являющаяся частью заземляющего устройства электроустановки до 1 кВ и предназначенная для присоединения нескольких проводников с целью заземления и уравнивания потенциалов». Это определение также нуждается в корректировке. Применяемый в нем термин «электроустановка до 1 кВ» следует заменить термином «низковольтная электроустановка».

Главная заземляющая шина является частью заземляющего устройства электроустановки здания. К ней, во-первых, присоединяют заземляющие проводники, с помощью которых осуществляют ее электрическое присоединение к заземлителю. Во-вторых, к главной заземляющей шине присоединяют многочисленные защитные проводники электроустановки здания, которые используют для соединения открытых и сторонних проводящих частей с заземля-

# ЭЛЕКТРОХОЗЯЙСТВО

ющим устройством. В-третьих, к ней могут быть присоединены проводники, используемые для выполнения функционального заземления и функционального уравнивания потенциалов. По существу, главная заземляющая шина представляет собой тот элемент заземляющего устройства, с помощью которого выполняют его электрические соединения с защитными проводниками и некоторыми другими проводниками, используемыми в электроустановке здания и в самом здании.

Главную заземляющую шину следует устанавливать в доступном месте. Конструкция главной заземляющей шины должна предусматривать возможность разъема (отсоединения) заземляющих проводников для целей измерения сопротивления заземляющего устройства, которое может быть выполнено только при помощи специального инструмента. Главная заземляющая шина должна быть механически прочной и обеспечивать непрерывность своей электрической цепи. Ее целесообразно изготавливать из меди или медных сплавов, возможно также использование стали. Алюминий нельзя применять для изготовления главной заземляющей шины, поскольку он является мягким металлом, не позволяющим выполнить надежные электрические контакты.

В электроустановках небольших зданий, например, индивидуальных жилых домов, в качестве главной заземляющей шины возможно использование защитной шины вводно-распределительного устройства.

Сечение главной заземляющей шины должно быть не меньше, чем максимальное сечение защитного проводника (в том числе и PEN-проводника) электроустановки здания или кабельной (воздушной) линии электропередачи, которую подключают к вводным зажимам вводного устройства (вводно-распределительного устройства). При этом должен учитываться материал, из которого изготовлена шина, для обеспечения ее проводимости, не меньшей, чем проводимость защитного проводника, имеющего максимальное сечение.

Требования к главной заземляющей шине изложены в ГОСТ Р 50571.10 и в главе 1.7 ПУЭ.

**Сопротивление заземляющего устройства** – отношение напряжения на заземляющем устройстве к электрическому току, стекающему с заземлителя в землю.

В стандарте МЭК 60050-195 определены два термина: «полное сопротивление относительно земли» – полное сопротивление при данной частоте между определенной точкой в системе или в установке, или в оборудовании и эталонной землей;

«активное сопротивление относительно земли» – активная часть полного сопротивления относительно земли.

Приведенные термины имеют такое же определение в действующем стандарте МЭК 60050-826.

В стандартах МЭК вместо термина «сопротивление заземляющего устройства» применяют теоретический термин «сопротивление по отношению к земле», под которым понимают сопротивление между какой-либо проводящей

частью и эталонной землей. Посредством заземляющего устройства в электроустановке здания осуществляют электрическую связь между проводящими частями и локальной землей. Поэтому сопротивление между заземленной проводящей частью и эталонной землей фактически является сопротивлением заземляющего устройства.

Стандарт BS 7671 определил термин «активное сопротивление заземляющего электрода» так: активное сопротивление заземляющего электрода по отношению к Земле.

В ГОСТ Р 50571.18 и ГОСТ Р 50571.19 определены два термина:

«сопротивление заземляющего устройства: Отношение напряжения на заземляющем устройстве (по отношению к земле) в точке заземления системы или устройства или оборудования к току, стекающему с заземлителя в землю, равно сумме сопротивления заземляющего проводника и сопротивления растеканию заземлителя»;

«сопротивление растеканию заземлителя (сопротивление растеканию тока с заземлителя в землю): Отношение напряжения в точке на заземлителе в месте присоединения заземляющего проводника (по отношению к земле) к току, стекающему с заземлителя в землю».

Представленные определения терминов указывают на методику измерения сопротивления заземляющего устройства и заземлителя с одной неточностью. Напряжение следует измерять по отношению к эталонной земле. Сопротивление заземляющего устройства электроустановки здания мало отличается от сопротивления заземлителя, так как заземляющие проводники имеют малую длину и большую площадь поперечного сечения.

ПУЭ определили термин «сопротивление заземляющего устройства» следующим образом: «отношение напряжения на заземляющем устройстве к току, стекающему с заземлителя в землю».

Сопротивление заземляющего устройства является основной характеристикой заземляющего устройства. Эту характеристику используют во многих нормативных требованиях по обеспечению защиты от поражения электрическим током, а также в требованиях по обеспечению нормального функционирования некоторых видов электрооборудования. Нормативные документы устанавливают нормированное значение сопротивления заземляющего устройства. Максимальное сопротивление заземляющего устройства в самых неблагоприятных условиях не должно превышать нормативного значения.

Сопротивление заземляющего устройства определяют как частное от деления напряжения на заземляющем устройстве относительно эталонной земли, имеющей нулевой электрический потенциал, на электрический ток, стекающий с заземлителя в локальную землю.

## ЛИТЕРАТУРА

# ЭЛЕКТРОХОЗЯЙСТВО

1. International standard IEC 60050-195. International Electrotechnical Vocabulary. Part 195: Earthing and protection against electric shock. First edition. – Geneva: IEC, 1998-08.
2. International standard IEC 60050-195-am1. International Electrotechnical Vocabulary. Part 195: Earthing and protection against electric shock. Amendment 1. – Geneva: IEC, 2001-01.
3. International standard IEC 60050-826. International Electrotechnical Vocabulary. Part 826: Electrical installations. Second edition. – Geneva: IEC, 2004-08.
4. Публикация МЭК 60050 (826). Международный электротехнический словарь. Гл. 826: Электрические установки зданий. – Женева: МЭК, 1982.
5. International standard IEC 61140. Protection against electric shock. Common aspects for installation and equipment. Third edition. – Geneva: IEC, 2001-10.
6. International standard IEC 61936-1. Power installations exceeding 1 kV a.c. Part 1: Common rules. First edition. – Geneva: IEC, 2002-10.
7. International standard IEC 62128-1. Railway applications. Fixed installations. Part 1: Protective provisions relating to electrical safety and earthing. First edition. – Geneva: IEC, 2003-05.
8. Technical specification IEC/TS 62257-9-2. Recommendations for small renewable energy and hybrid systems for rural electrification. Part 9-2: Microgrids. First edition. – Geneva: IEC, 2006-10.
9. Technical specification IEC/TS 62257-9-3. Recommendations for small renewable energy and hybrid systems for rural electrification. Part 9-3: Integrated system. User interface. First edition. – Geneva: IEC, 2006-10.
10. British Standard BS 7671–2001. Requirements for Electrical Installations. IEE Wiring Regulations. Sixteenth edition. – London: BSI and IEE, 2001.
11. ГОСТ Р МЭК 61140–2000. Защита от поражения электрическим током. Общие положения по безопасности, обеспечиваемой электрооборудованием и электроустановками в их взаимосвязи. – М.: ИПК Изд-во стандартов, 2001.
12. ГОСТ Р 50571.18–2000 (МЭК 60364-4-442–93). Электроустановки зданий. Ч. 4. Требования по обеспечению безопасности. Гл. 44: Защита от перенапряжений. Раздел 442. Защита электроустановок до 1 кВ от перенапряжений, вызванных замыканиями на землю в электроустановках выше 1 кВ. – М.: ИПК Изд-во стандартов, 2001.
13. ГОСТ Р 50571.19–2000 (МЭК 60364-4-443–95). Электроустановки зданий. Ч. 4. Требования по обеспечению безопасности. Гл. 44: Защита от перенапряжений. Раздел 443. Защита электроустановок от грозовых и коммутационных перенапряжений. – М.: ИПК Изд-во стандартов, 2001.
14. ГОСТ Р 50571.20–2000 (МЭК 60364-4-444–96). Электроустановки зданий. Ч. 4. Требования по обеспечению безопасности. Гл. 44: Защита от перенапряжений. Раздел 444. Защита электроустановок от перенапряжений, вызванных электромагнитными воздействиями. – М.: ИПК Изд-во стандартов, 2001.
15. ГОСТ Р 50571.21–2000 (МЭК 60364-5-548–96). Электроустановки зданий. Ч. 5. Выбор и монтаж электрооборудования. Раздел 548. Заземляющие устройства и системы уравнивания электрических потенциалов в электроустановках, содержащих оборудование обработки информации. – М.: ИПК Изд-во стандартов, 2001.
16. ГОСТ Р 50571.22–2000 (МЭК 60364-7-707–84). Электроустановки зданий. Ч. 7. Требования к специальным электроустановкам. Раздел 707. Заземление оборудования обработки информации. – М.: ИПК Изд-во стандартов, 2001.
17. ГОСТ Р 50571.23–2000 (МЭК 60364-7-704–89). Электроустановки зданий. Ч. 7. Требования к специальным электроустановкам. Раздел 704. Электроустановки строительных площадок. – М.: ИПК Изд-во стандартов, 2001.
18. Правила устройства электроустановок. Раздел 1. Общие правила. Гл. 1.1: Общая часть; гл. 1.2: Электроснабжение и электрические сети; гл. 1.7: Заземление и защитные меры электробезопасности; гл. 1.9: Изоляция электроустановок. Раздел 6. Электрическое освещение. Раздел 7. Электрооборудование специальных установок. Гл. 7.1: Электроустановки жилых, общественных, административных и бытовых зданий; гл. 7.2: Электроустановки зрелищных предприятий, клубных учреждений и спортивных сооружений; гл. 7.5: Электротермические установки; гл. 7.6: Электросварочные установки; гл. 7.10: Электролизные установки и установки гальванических покрытий. – 7-е изд. – М.: ЗАО «Энергосервис», 2002.
19. International standard IEC 60364-1. Low-voltage electrical installations. Part 1: Fundamental principles, assessment of general characteristics, definitions. Fifth edition. – Geneva: IEC, 2005-11.
20. International standard IEC 60728-11. Cable networks for television signals, sound signals and interactive services. Part 11: Safety. Second edition. – Geneva: IEC, 2005-01.
21. Technical specification IEC/TS 62257-5. Recommendations for small renewable energy and hybrid systems for rural electrification. Part 5: Protection against electrical hazards. First edition. – Geneva: IEC, 2005-07.
22. International standard IEC 60364-5-54. Electrical installations of buildings. Part 5-54: Selection and erection of electrical equipment. Earthing arrangements, protective conductors and protective bonding conductors. Second edition. – Geneva: IEC, 2002-06.
23. ГОСТ Р 50571.1–93 (МЭК 364-1–72, МЭК 364-2–70). Электроустановки зданий. Основные положения. – М.: Изд-во стандартов, 1993.

**Проф. Г. Ф. Быстрицкий,  
Доц. А. Г. Спиридонов  
(Московский  
энергетический институт)**



# ПРИМЕНЕНИЕ ТЕПЛОНАСОСНЫХ УСТАНОВОК В СИСТЕМАХ ОТОПЛЕНИЯ И ГОРЯЧЕГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ

## 1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Их термодинамики известно, что обратные термодинамические циклы могут применяться либо для отвода теплоты в окружающую среду от рабочего тела, имеющего более низкую температуру (Холодильные установки), либо для передачи теплоты от тел с более низкой температурой для нагревания окружающей среды (тепловые насосы). Тепловыми насосами называются установки, в которых за счет затраты работы производится отъем энергии от тел с более низкой температурой  $T_2$  и передача ее другим телам с более высокой температурой  $T_1$ . Применение тепловых насосов дает возможность использования энергии тел, имеющих сравнительно низкую температуру, например, окружающего воздуха, холодной воды и др.

На рис. 1. показана термодинамическая схема холодильной машины и теплового насоса.

Критерием эффективности обратного цикла в холодильных установках служит холодильный коэффициент

$$\varepsilon_x = \frac{q_2}{l_u}$$

где  $q_2$  – теплота, отведенная от холодного источника;  
 $l_u$  – расход электроэнергии на привод компрессора.



**Рис. 1. Термодинамическая схема холодильной машины и теплового насоса**

Эффективность тепловых насосов оценивается отопительным коэффициентом, или коэффициентом преобразования  $\psi$ , под которым понимается отношение количества теплоты  $q_1$ , отданного 1 кг рабочего вещества в конденсаторе, к теплоте  $q_1 - q_2$ , эквивалентной работе, затраченной на осуществления цикла

$$\psi = \frac{q_1}{l_u} = \frac{q_1}{q_1 - q_2},$$

# ТЕПЛОСНАБЖЕНИЕ

где  $q_1$  – теплота отданная горячему источнику (отопляемому помещению).

Коэффициент преобразования  $\psi$  и холодильный коэффициент связаны простым соотношением

$$\psi = \frac{q_1}{l_w} = \frac{q_2 + l_w}{l_w} = \varepsilon_x + 1.$$

В реальных установках теплового насоса  $\psi = 3 \div 6$ .

В табл. 1. приведены характеристики некоторых теплоносителей (хладонов), применяемые в тепловых насосах (ТН).

## 2. КОМПРЕССИОННЫЕ ТЕПЛОВЫЕ НАСОСЫ (ОДНУСТУПЕНЧАТЫЕ)

Тепловые насосы (ТН) – это экологически чистые компактные хладоновые установки, позволяющие использовать низкопотенциальное тепло для отопления, горячего водоснабжения и в технологических процессах.

В качестве низкопотенциального источника может быть использовано тепло промышленных и очищенных бытовых

стоков, технологических циклов, грунтовых, артезианских, термальных вод, воды рек, озер, морей, систем водо- и теплоснабжения, тепло грунта, получаемое при очистке выхлопных газов и любых других сбросных потоков.

Тепловые насосы используются:

- ▶ для автономного обогрева и горячего водоснабжения жилых и производственных помещений и индивидуального жилья;
- ▶ для охлаждения и поддержания постоянной температуры воды технологических циклов, что позволяет контролировать и регулировать температурные режимы теплоносителей, а также заменить громоздкие, дорогостоящие и загрязняющие окружающую среду системы открытого типа, например, градирни.

### Состав теплового насоса

Парокомпрессионный хладоновый ТН представляет собой двухконтурный аппарата, в котором хладоновый контур является герметичным. Передача тепла от низкопотен-

Таблица 1. Термодинамические характеристики некоторых хладонов\*

Холодильный агент	Химическая формула	Молекулярная масса	Температура кипения при нормальном давлении, °С	Критическая температура, °С	Критическое давление, бар	Температура затвердевания (замерзания), °С
Аммиак	NH <sub>3</sub>	17,03	-33,4	132,4	118,9	-77,7
Сернистый ангидрид	SO <sub>2</sub>	64,06	-10,08	157,2	78,7	-75,2
Углекислый газ	CO <sub>2</sub>	44,01	-78,9	31,0	73,5	-56,6
Фреон-11	CFCl <sub>3</sub>	137,39	-23,7	198,0	43,7	-111,0
Фреон-12	CF <sub>2</sub> Cl <sub>2</sub>	120,92	-29,8	111,5	40,0	-155,0

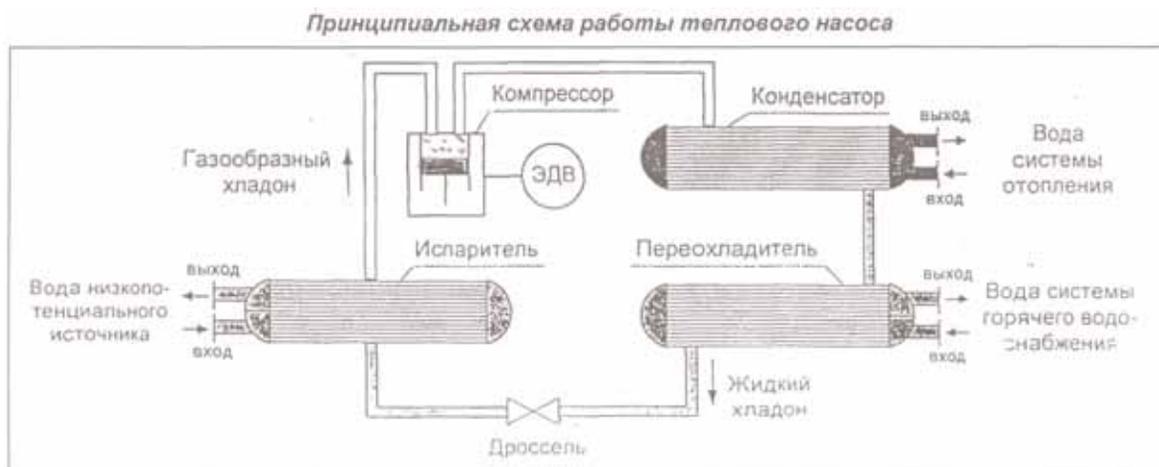


Рис. 2. Принципиальная схема работы теплового насоса (компрессионного)

# ТЕПЛОСНАБЖЕНИЕ

циального источника к хладону и от хладона к воде системы отопления происходит в теплообменниках (см. рис. 2).

Тепловой насос состоит из двух агрегатов: компрессорного с системой автоматизации и испарительно-конденсаторного.

Компрессорный агрегат содержит компрессор с регулятором производительности, электропривод (могут использоваться другие приводы, в частности, газовые двигатели, дизели и т. п.), оборудование маслосистемы, фильтры, запорную арматуру, трубопроводы и систему автоматизации.

Испарительно-конденсаторный агрегат состоит из испарителя, конденсатора, переохладителя, фильтра-осушителя и системы загрузки жидкого хладона в испаритель.

Оба агрегата, компрессорный и испарительно-конденсаторный, устанавливаются рядом, жестко закрепляются

на фундаментах и связываются между собой трубопроводами нагнетания и всасывания. Возможно и многоблочное исполнение ТН.

## Работа теплового насоса

Цикл по хладону в ТН замкнутый. Жидкий хладон поступает в испаритель, где происходит его испарение за счет отбора тепла от низкопотенциального источника. Газообразный хладон всасывается компрессором и сжимается. При этом повышается давление и температура хладона, и он направляется в конденсатор, где конденсируется, отдавая тепло воде системы отопления. Из конденсатора жидкий хладон, проходя через переохладитель, где снижается его температура, и дроссель, где снижается его давление, поступает в испаритель.

**Таблица 2.1. Технические характеристики теплонасосных установок, разрабатываемых ОКБ «Карт»**

Параметры	Ед. изм	ТНУ-КР-5	ТНУ-КР-10	ТНУ-КР-18	ТНУ-КР-25	ТНУ-КР-30	ТНУ-КР-50	ТНУ-КР-60
Теплопроизводительность	кВт	5	10	18	25	30	50	60
Потребляемая электрическая мощность	кВт	1,7	3,3	6	8,3	10	17	20
Обеспечиваемая температура воды в системе отопления	°С	55						
Напряжение сети	В	220		380				
Объем обогреваемого помещения*	м <sup>3</sup>	200-375	375-825	750-1500	1000-2100	1250-2500	2100-4100	2500-5000
Источники НПП	Грунт; водохранилища, озера, реки; проточная питьевая и сбросовая вода; скважины для водонесущих слоев и для термальных вод. Рабочая температура для ТНУ от +2 до +30°С.							
Техническая схема отбора НПП	а) Грунт. Земляной трубопровод укладывается в траншею на глубину 1,2 -1,8 м. Длина траншей показана ниже. б) Водохранилища, проточные воды. Применяется теплоотборник погружаемого или проточного вида. Условный объем теплоотборника приведен ниже. в) Скважины. Используется U-образный погружаемый в скважину теплоотборник. Характеристики рассчитываются для каждого конкретного случая.							
Длина траншей для земляного трубопровода	м	100	200	360	500	600	1000	1200
Объем водного теплоотборника	м <sup>3</sup>	1	2	4	6	7	12	14
Масса ТНУ**	кг	150	200	250	400	420	450	500
Площадь для установки ТНУ	м <sup>2</sup>	1x2,5	1,2x2,5	1,4x2,5	1,8x3	1,8x3	1,8x4	1,8x4
Габариты основного агрегата	м	0,5x0,4x1	0,6x0,4x1,7	0,6x0,45x1,85	0,8x0,65x1,9	0,8x0,65x2	1,6x0,65x1,9	1,6x0,65x2
Габариты бойлера	м	0,7x1,75		0,8x2,46				
Объем бойлера	дм <sup>3</sup>	400		700				
Объем бака в составе бойлера для ГВС	дм <sup>3</sup>	100		250				

\* – первая цифра – среднее утепление (60 Вт/м<sup>2</sup>), вторая – хорошее утепление (30 Вт/м<sup>2</sup>).

\*\* – масса указана без учета массы воды и массы теплоотборника.

# ТЕПЛОСНАБЖЕНИЕ

Ниже приведены технические характеристики ТНУ (теплонасосных установок), выпускаемых основными отечественными производителями.

## 2.1. ТНУ ОКБ «КАРАТ» (Г. САНКТ-ПЕТЕРБУРГ)

**Таблица 2.2.**

**А. Тепловые насосы ЗАО «Энергия» с поршневыми компрессорами**  
**Основные технические характеристики**

Модель	НТ-110	НТ-300
	Поршневой	Поршневой
Компрессор:		
Теплопроизводительность на хладоне R12, кВт:		
-8°C	150	300
-25°C	200	400
Потребляемая электрическая мощность, кВт (для температуры кипения 8°C)%	45	90
Температура конденсации, °C:		
- на хладоне R-142	80	80
- на хладоне R-12 или C10	65	65
Заправочная масса, кг:		
- хладона	180	430
- масла	20	40
Общая масса теплового насоса, кг:	4650	4300
Габаритные размеры, м:		
- моноблочного ТН:	3,7*2*1,7	4,4*1,8*1,7
- компрессорного агрегата:		
- исправительно-конденсаторного агрегата:		
Стоимость типовой конфигурации, долларов США	18 000	35 000

**Таблица 2.2.**

**Б. Тепловые насосы ЗАО «Энергия» с винтовыми компрессорами**  
**Основные технические характеристики**

Модель	НТ-280	НТ-500	НТ-1000	НТ-3000
	Винтовой	Винтовой	Винтовой	Винтовой
Компрессор:				
Теплопроизводительность на хладоне R12, кВт:				
Для температуры кипения:				
8°	326	500	1000	2500
-25°C	435	665	1350	3300
Потребляемая электрическая мощность, кВт (для температуры кипения 8°C):	99	150	300	630
Температура конденсации, °C:				
- на хладоне R-142	80	80	80	80
- на хладоне R-12 или C10	65	65	65	60
Заправочная масса, кг:				
- хладона	600	1000	1600	2400
- масла	200	200	400	800
Общая масса теплового насоса, кг	8930	9700	15000	22000
Габаритные размеры, м:				
- моноблочного ТН	2,8*1,1*2,2	2,8*2,2*1,1	4,0*1,5*2,3	5,2*2,0*3,0
- компрессорного агрегата:				
- испарительно-конденсаторного агрегата:	3,6*1,2*1,6	4,0*1,7*2,8	4,9*2,1*1,5	5,5*1,9*2,95
Стоимость типовой конфигурации, долларов США	38 000	55 000	110 000	250 000

# ТЕПЛОСНАБЖЕНИЕ

ЗАО ОКБ «Карат» разрабатывает и производит семь типовых теплонасосных установок (ТНУ) различной мощности: 5, 10, 18, 25, 30, 50 и 60 кВт.

Маркировка теплонасосных установок – ТНУ-КР-N.

N – величина мощности теплонасосной установки.

## Описание установки

ТНУ-КР-N состоит из одного или двух испарительно-конденсаторных контуров (ИКК), бойлера, контура теплоотборника низкопотенциального тепла (НПТ). В состав ТНУ входят также циркуляционные насосы и магистральные соединительные трубы.

ТНУ предназначено для получения горячей воды, которая используется для отопления жилых и нежилых помещений, а также для горячего водоснабжения (ГВС) потребностей бытовых и хозяйственных нужд.

ТНУ могут применяться в широком диапазоне жилых и нежилых помещений. Это могут быть малоэтажные жилые дома, объекты социального назначения гарнизонов: санчасти, школы, детские сады, библиотеки, клубы. Кроме того, ТНУ могут использоваться для отопления автозаправочных станций, ремонтных мастерских, ангаров, складов, арсеналов, технологических постов и других подсобных помещений.

## Конструкция и особенности эксплуатации

ИКК выполнен в виде шкафа, в котором располагаются основные агрегаты: компрессор (компрессоры), испаритель, конденсатор, ресивер, охладитель, терморегулирующий вентиль, аппаратура управления и другие элементы конструкции.

Бойлер выполнен в виде цилиндрической формы емкости, состоящей из двух баков, помещенных один в другой. В наружном баке размещается вода, направляемая к отопительным приборам, во внутреннем баке нагревается вода, подаваемая к точкам потребления системы ГВС. Бойлер может быть выполнен без внутреннего бака, если отсутствует потребность в ГВС.

Теплоотборники НПТ конструктивно выполнены в нескольких вариантах:

### Таблица 2.3. Основные технические характеристики

Технические характеристики	АТНУ-10	АТНУ-12	АТНУ-14
Теплопроизводительность в номинальном режиме, кВт	10,3	12	14
Температура воды в системе отопления, гр. С	45/55	45/55	45/55
Потребляемая мощность, кВт	3,5	4,5	5,0
Напряжение питания сети, В	380/220	380	380
Объем обогреваемого помещения, м. куб. (при температуре воды в системе отопления 55 градусов)	450	500	600
Источник низкотемпературного тепла	Поверхностные слои земли, +8С		
Скважина			
- глубина, м	35–60		
- диаметр, мм	160–168		
Стоимость установки без стоимости монтажа, у.е.	3000		4500
Габаритные размеры основного блока, мм	510x940x1520	966x616x1590	966x616x1590

**а)** земляной трубопровод, выполненный из полиэтиленовой трубы, укладываемой в грунт;

**б)** компактная конструкция из медных соединенных между собой трубок, устанавливаемая на дно водохранилища, озера, реки или в специальную кювету, заполняемой проточной питьевой или сточной водой;

**в)** U – образный теплоотборник, опускаемый в скважину.

## 2.2. ТЕПЛОВЫЕ НАСОСЫ ЗАО «ЭНЕРГИЯ» (Г. НОВОСИБИРСК)

До сегодняшнего дня фирма «Энергия» остается практически единственным в нашей стране серийным производителем парокомпрессионных тепловых насосов. В настоящее время фирма также осваивает выпуск адсорбционных теплонасосных установок, а также турбокомпрессионных тепловых насосов большой единичной мощности (свыше 3 МВт).

С момента своего основания ЗАО «Энергия» запустила уже более 100 теплонасосных установок различной мощности на территории СНГ и стран ближнего зарубежья.

Первые установки, запущенные на Камчатке, работают безотказно с 1991 года.

Возможно изготовление теплового насоса с двигателем внутреннего сгорания в качестве привода. Этот вариант делает тепловой насос еще более экономически выгодным, т. к. дополнительно утилизируется и все тепло от сгорания топлива.

## 2.3. ТЕПЛОВЫЕ НАСОСЫ ФГУП РЫБИНСКИЙ ЗАВОД ПРИБОРОСТРОЕНИЯ (Г. РЫБИНСК)

Автоматизированная теплонасосная установка АТНУ-10, АТНУ-12, АТНУ-14

Назначение

Автоматизированная теплонасосная установка (АТНУ) обеспечивает:

- ▶ отопление и автоматическое поддержание температуры в помещении;
- ▶ круглогодичное горячее водоснабжение;
- ▶ охлаждение подсобных помещений (кладовые, овощехранилища);

▶ сезонное (весна, осень) отопление теплиц.

# ТЕПЛОСНАБЖЕНИЕ

АТНУ включает в себя герметичный холодильный компрессор, теплообменные аппараты, блок автоматического управления установкой, пиковый электроводчик, бак-аккумулятор для горячей воды.

Применение установки дает возможность снизить затраты энергии на эксплуатацию зданий на 60–70% по сравнению с традиционными способами отопления и кондиционирования.

## 2.4. ТЕПЛОВЫЕ НАСОСЫ: НТ280-4-9-08 И НТ410-4-9-08 ОАО МОСКОВСКИЙ ЗАВОД ХОЛОДИЛЬНОГО МАШИНОСТРОЕНИЯ «КОМПРЕССОР» (Г. МОСКВА)

В настоящее время заводом выпускаются тепловые насосы двух типоразмеров: НТ280-4-9-08 и НТ410-4-9-08, которые предназначены для получения горячей воды за счет низкопотенциального источника тепла.

Диапазон работы теплового насоса по температуре теплоносителя на входе в испаритель от 20 до 50°C, по температуре воды на выходе из конденсатора от 50 до 70°C. В

качестве хладагента используется хладон R142, нетоксичный и взрывобезопасный агент.

## 2.5. ТЕПЛОВЫЕ НАСОСЫ ОАО «ТЕПЛОМАШ», ЗАО «КИРОВ-ЭНЕРГОМАШ» (Г. САНКТ-ПЕТЕРБУРГ)

### 2.6. ПРЕИМУЩЕСТВА ТН ПО СРАВНЕНИЮ С ТРАДИЦИОННЫМИ МЕТОДАМИ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ:

- ▶ тепловые насосы – это единственные установки, которые производят в 3–7 раз больше тепловой энергии, чем потребляют электроэнергии на привод компрессора, поэтому они являются наиболее эффективными источниками высокопотенциального тепла;
- ▶ применение ТН в 1,2–2,5 раза выгоднее самых эффективных газовых котельных;
- ▶ стоимость выработанного ТН тепла в 1,6–2,0 раза ниже стоимости централизованного теплоснабжения и в 2–3 раза ниже, чем в угольных и мазутных котельных малой и средней мощности;

**Таблица 2.4. Тепловые насосы: НТ280-4-9-08 и НТ410-4-9-08**

Марка насоса	НТ280-4-9-08	НТ410-4-9-08
Температура теплоносителя на входе в испаритель, °С	35	35
Температура воды на выходе из конденсатора, °С	52	52
Расход воды через конденсатор, м <sup>3</sup> /ч	70	100
Расход теплоносителя через испаритель, м <sup>3</sup> /ч	60	85
Теплопроизводительность на номинальном режиме, кВт	370	520
Холодопроизводительность, кВт	310	440
Мощность, потребляемая электродвигателем компрессора на номинальном режиме, кВт	80	112
Установленная мощность электродвигателя, кВт	132	200
Масса насоса, кг	6750	9145
Цена без НДС (на 01.08.97) млн руб.	350	390

**Таблица 2.5. Основные характеристики тепловых насосов (для температуры воды низкопотенциального источника 8°C)**

Наименование параметра	Тип теплового насоса				
	ТН-12	ТН-100	ТН-250	ТН-300	ТН-500
1. Теплопроизводительность кВт/Гкал/ч	12 0,01	100 0,086	250 02,15	300 2,6	500 4,3
2. Площадь отапливаемого помещения, м <sup>2</sup> (из расчета 0,07 кВт/м <sup>2</sup> )	70	143	357	430	715
3. Расход, м <sup>3</sup> /ч – воды системы отопления	-	85	140	165	350
4. Температура воды системы отопления, °С			50...70		
5. Потребляемая электрическая мощность, кВт	4	30	63	90	150
6. Габаритные размеры ТН и отдельных агрегатов	0,5x1,0x2,0	4,0x1,5x2,3	5,2x2,0x3,0	40x1,5x2,3	52x2,0x3,0

# ТЕПЛОСНАБЖЕНИЕ

- ▶ тепловая станция мощностью 1 Гкал/ч экономит 2100 т угля в год;
- ▶ отсутствуют проблемы с приобретением топлива, и, следовательно, связанные с этим «транспортные и погрузочно-разгрузочные работы»;
- ▶ не требуется штат сотрудников, обслуживающих котельную;
- ▶ отсутствует загрязнение окружающей среды;
- ▶ не требуется значительная территория для котельной с подъездными путями и складами топлива;
- ▶ тепловой насос надежен и прост в управлении.

Срок службы ТН до капитального ремонта:

45000 часов для ТН с поршневым компрессором (до 300 кВт);

60000 часов для ТН с винтовым компрессором (более 300 кВт).

Срок окупаемости затрат на теплонасосную установку, как правило, не превышает 1...2 года.

### 3. ПРИМЕНЕНИЕ ПАРОВОДЯНЫХ ТНУ В КАЧЕСТВЕ ДОВОДЧИКА ТЕМПЕРАТУРЫ СЕТЕВОЙ ВОДЫ В СИСТЕМАХ ЦЕНТРАЛИЗОВАННОГО ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ

В настоящее время в связи с интенсивным строительством объектов ЖКУ увеличивается тепловая нагрузка в системах централизованного теплоснабжения. Увеличение мощностей вызывает ряд проблем.

При точечной застройке в Москве и других крупных городах последнее время имеет место ситуация, когда возводятся высотные объекты без учета величины тепловой нагрузки с точки зрения пропускной способности существующей тепловой сети. Подключение приводит к дефициту тепла как на вновь отсоединенном объекте, так и в остальном комплексе зданий, питающихся от линии, что приводит к снижению температуры в прямой сети до  $130^{\circ}\text{C}$ , которая менее нормативной –  $150^{\circ}\text{C}$ . Реконструкция источников и сетей ведет к дополнительным сложностям – и финансовым, и технологическим. Требуется либо увеличение тепловой мощности ТЭЦ и перекладка тепловых сетей, либо строительство дополнительных РТС и мини ТЭЦ в черте города, что, в свою очередь, требует реконструкции газового хозяйства и ведет к увеличению неблагоприятного воздействия на окружающую среду.

Поэтому требуется системное решение этой проблемы. Одним из путей может стать использование ТНУ, работающего совместно с тепловой сетью города. Система актуальна в районах именно точечной застройки, где затруднена и экономически не оправдана перекладка тепловой сети или прокладка газовой.

Одним из перспективных направлений по решению данной проблемы является разработанная в Московском энергетическом институте схемы использования прямой сетевой воды в качестве рабочего тела и источника тепла. В схеме реализуется стандартный пароконденсационный цикл, и ТНУ выступает в качестве доводчика. Дополни-

тельная нагрузка на электросеть требует меньших затрат, чем суммарная реконструкция тепловых и газовых сетей.

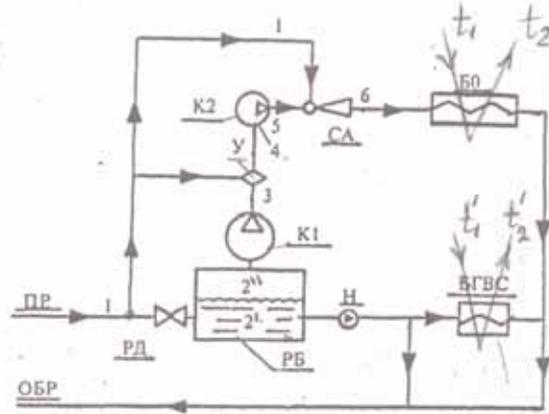


Рис. 3. Схема пароводяной ТНУ

На рис. 3 представлена схема пароводяной ТНУ в качестве доводчика температуры сетевой воды, а на рис. 4 – TS диаграмма термодинамических процессов.

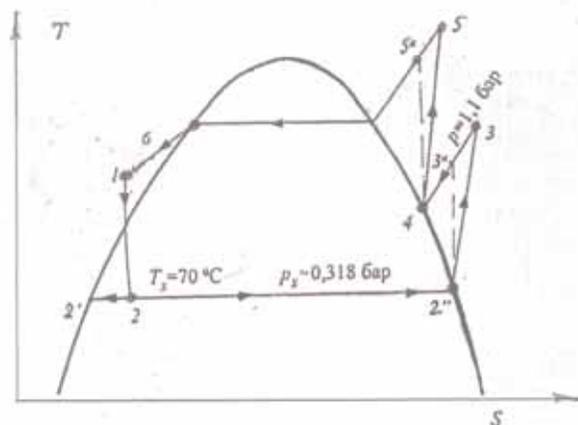


Рис. 4. Термодинамические процессы пароводяной ТНУ как доводчика температуры сетевой воды

Прямая сетевая вода (см. TS диаграмму) с параметрами  $t_1$  ( $t_1$ ,  $p_1$ ) дросселируется в регуляторе давления РД от  $t_2$  ( $t_2$  принята по температуре обратной сетевой воды  $T_s = 70^{\circ}\text{C}$  и  $P_s = 0,318$  бар). В расширительном баке происходит сепарация части пара за счет пониженного давления ( $t_2'$  – вода,  $2''$  – пар). Вода из расширительного бака (РБ) дожимается насосом Н до давления в тепловой сети и направляется в бойлер горячего водоснабжения либо в обратную линию теплосети.

Пар из расширительного бака сжимается в компрессоре К1 до давления близкого к атмосферному ( $t_3$ ), и затем охлаждается в увлажнителе прямой сетевой водой с параметрами  $t_1$  до  $t_4$  (состояние насыщения). Дальнейшее сжатие пара до  $t_5$  реализуется в компрессоре К2 (водозаполненный винтовой либо центробежный).

серийное производство многоканального электронного регистратора с сенсорным управлением марки REGIGRAF, разработчиками прибора выступили молодые перспективные специалисты компании. REGIGRAF предназначен для сбора, регистрации, архивирования, обработки и визуализации данных о параметрах технологических процессов. На сегодняшний день более 50 промышленных предприятий, среди которых Хабаровская ТЭЦ-1, Алексинская ТЭЦ, ГУП ТЭК Санкт-Петербург, Объединенный институт ядерных исследований, Куйбышевазот, Новомосковский азот, Кировский шинный завод, Синарский трубный завод, используют регистраторы REGIGRAF.

Один из показателей оценки эффективности работы электронного самописца REGIGRAF потребителями стал рост объемов продаж. Так, например, прирост объемов продаж приборов во втором квартале 2006 года составил 123,72%.

Хабаровская ТЭЦ-1 использовала REGIGRAF при реконструкции котлов, проводившейся в связи с прокладкой магистрального и распределительного газопроводов, по которым природный газ Сахалина будет поступать на станцию. До модернизации станции для контроля параметров, регистрации и локального управления котельных агрегатов использовались приборы 60-70-х годов прошлого века, поэтому их было нецелесообразно совмещать с новой цифровой системой, которая была внедрена при переводе агрегатов на сжигание природного газа. Внедрение многоканальных регистраторов REGIGRAF позволило Хабаровской ТЭЦ-1 улучшить условия труда операторов, повысить надежность работы электронного оборудования и компьютеров, резко сократить протяженность кабелей и др.

В целом, по мнению аналитиков приборостроительного завода «Вибратор», экономия средств при использовании 16-канального прибора марки REGIGRAF в течение нормативного срока эксплуатации может достигнуть 750 000 рублей, а для 8-канального прибора REGIGRAF – 350 000 рублей. При этом срок окупаемости 16-канального прибора – 11 месяцев, 8-канального – 19 месяцев.

Агентство «INFOLine»

## РАСХОД ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ МЕНЬШЕ НА 70%

Как известно, в России очень энергоемкое промышленное производство, а эффективность использования энергетических ресурсов по России в целом примерно в 4 раза ниже, чем в западных странах. Поэтому на многих промышленных предприятиях идут инвестиции в энергосберегающие технологии. Так, 10 ноября на Нижнетуринской производственной площадке холдинга «Высоковольтный союз» совершен пробный пуск компрессоров DVK 40. Суммарная мощность четырех компрессоров составляет 120 КВт, что полностью покрывает потребности производства в сжатом воздухе, тогда как мощность старой компрессорной станции — 400 КВт. Расход электроэнергии, соответственно, меньше на 70%. Четыре компрессора DVK 40, собранных турецкой фирмой «Dalgakiran» (Далгакыран), общей стоимостью 48120 евро, в октябре поступили на предприятие холдинга. Пробный запуск показал, что оборудование работает исправно, обеспечивает необходимый уровень давления. Генеральный директор «НТЭАЗ Электрик» Сергей Панченко так прокомментировал приобретение и запуск комп-

Компрессоры K1 и K2 снабжены частотными синхронными регуляторами с целью изменения производительности, а следовательно, и тепловой нагрузки ТНУ. В струйном аппарате СА происходит смещение сжатого пара и части прямой сетевой воды. В результате конденсации пара повышается температура и давление сетевой воды до заданных параметров. Далее вода поступает в бойлер отопления БО и далее в обратную сеть.

В предложенной схеме ТНУ выполняет функцию доводчика до заданных параметров. При постоянном расходе сетевой воды количество тепла, подаваемого в бойлер отопления, увеличивается за счет повышения параметров пара, сепарирующегося в расширительном баке. Система эксплуатируется в течение отопительного сезона. В летний период времени бойлер горячего водоснабжения работает напрямую от сети.

## Литература

1. Г. Ф. Быстрицкий «Энергосилое оборудование промышленных предприятий», М. «Академия», 2003.
2. Материалы фирм-изготовителей тепловых насосов.
3. Н. Е. Кутько, А. Г. Спиридонов «Использование пароводяных теплонасосных установок в системах централизованного теплоснабжения», Сборник докладов III Всероссийской школы-семинара «Электроснабжение – теория и практика». М. МЭИ, 2006.



## ПЕРСПЕКТИВНЫЕ СИСТЕМЫ ЗАЩИТЫ В СОВРЕМЕННОМ НАСОСНОМ ОБОРУДОВАНИИ

Нет ни одного современного промышленного предприятия или организации жилищно-коммунального хозяйства, где бы ни использовалось насосное оборудование. Спектр его применения широк и разнообразен: от подачи воды потребителям и обеспечения принудительной циркуляции теплоносителя до удаления сточных вод. Надежное функционирование насосного оборудования - залог успешной работы практически любых инженерных систем: водоснабжения, отопления, водоотведения и других.

Насос представляет собой устройство (гидравлическую машину) для напорного перемещения (всасывания и нагнетания) жидкости посредством сообщения ей энергии извне. В первую очередь, любой насос характеризуется производительностью, то есть количеством жидкости, проходящей через него в единицу времени. Важнейшими техническими показателями также являются развиваемое давление или соответствующий ему напор, потребляемая мощность и КПД.

По принципу действия насосы разделяют на два класса: динамические и объемные.

Объемные машины используются преимущественно в гидроприводной технике и в технологических процессах, связанных с дозированием или перемещением вязких и плотных сред.

Динамические, а к ним относятся центробежные и осевые насосы, находят широкое применение в инженерных системах зданий, а также системах водоснабжения и канализации предприятий. Простейший центробежный электронасос состоит из рабочего колеса, корпуса, приводного вала, соединенного с валом электродвигателя, и уплотнения.

Срок службы насоса зависит от условий эксплуатации и культуры технического обслуживания. Особое внимание следует обратить на эксплуатационные факторы.

Факторы, влияющие на гидравлическую часть электронасосов:

- свойства перекачиваемой жидкости;
- вероятность возникновения «сухого хода»;
- вероятность возникновения гидроударов;
- наличие воздуха в системе.

Факторы, влияющие на электрическую часть электронасосов:

- частота повторно-кратковременных включений;
- колебания напряжения в сети;
- потребляемая мощность.

Контролировать и ограничивать воздействие этих факторов можно с помощью устройств автоматики или механических устройств.

## ТЕПЛОСНАБЖЕНИЕ

Рынок насосного оборудования в настоящее время достаточно объемный. Подавляющее большинство компаний-производителей, стремясь максимально адаптировать свою продукцию к эксплуатации в различных условиях, оснащают его самой современной автоматикой.

В этой статье мы рассмотрим возможные пути и технические решения проблемы защиты насосного оборудования от неблагоприятных факторов.

Мероприятия по защите гидравлической части насосов

Для снижения отрицательного воздействия на насосы со стороны перекачиваемой среды его проточная часть (а у скважинных и погружных насосов и электродвигатель) выполняются из хромоникелевой (хромоникельмолибденовой) стали, что обеспечивает повышенную износостойкость и коррозионную устойчивость (пример: скважинные насосы GRUNDFOS серии SP). Это позволяет повысить (на 1-2 порядка) наработку на отказ деталей насосов, по сравнению с их аналогами из чугуна, бронзы или пластика. Обоснованность применения нержавеющей стали показала эксплуатация этих агрегатов в термальных скважинах Камчатки, температура перекачиваемой воды в которых достигает +70...+85.С, а также на урановых рудниках Узбекистана, где насосы используются для закачки в пласты слабоконцентрированных растворов серной кислоты.

Наличие механических примесей в перекачиваемой воде значительно снижает не только ее качество, но и отрицательно сказывается на работоспособности насосного агрегата. Для уменьшения воздействия этого фактора применяются фильтры на входе в насос, специальные «плавающие» рабочие колеса, подшипники с каналами для отвода песка и другое.

Для продления срока службы насосы оборудуются керамическими подшипниками скольжения, что обеспечивает долговечность и бесшумность работы вследствие высокой твердости и низкого коэффициента линейного расширения керамики (пример реализации: циркуляционные насосы GRUNDFOS UPS серии 200). Для агрегатов этого типа вода выполняет сразу три функции - рабочая среда, смазывание трущихся частей (подшипники) и охлаждение электродвигателя.

Практика показала, что большое внимание необходимо уделять проблеме защиты насосов от «сухого хода», то есть работы без жидкости. Работа без жидкости приводит к быстрому чрезмерному нагреву и последующему выходу из строя пар трения, например, подшипников скольжения и торцового уплотнения. Наиболее распространенный способ защиты от сухого хода - применение датчиков, устанавливаемых во всасывающую магистраль насоса. Датчик позволяет зарегистрировать отсутствие жидкости и выработать сигнал на отключение насоса.

Не менее эффективный способ защиты оборудования от этого нежелательного явления реализован в 4-дюймовых насосах GRUNDFOS серии SQ. Они оснащены шнеком, установленным перед рабочими колесами. Его нали-



чие позволяет надежно защитить агрегаты от работы всухую, поскольку жидкость, необходимая для смазки подшипников скольжения, подается даже в том случае, если ее уровень находится ниже первого рабочего колеса.

Для успешной и долгой службы насосного оборудования необходимо предусмотреть защиту от гидроудара. Гидроудар - это скачок давления, вызванный слишком быстрым изменением скорости потока воды в трубопроводе. Особенно опасен он в скважинных системах водоснабжения. Здесь гидроудар, как правило, возникает в двух случаях - во-первых, если ближайший к насосу обратный клапан расположен выше статического уровня воды более чем на девять метров. Во-вторых, если ближайший к насосу обратный клапан имеет утечку, в то время как расположенный выше следующий обратный клапан держит давление.

В обоих случаях в водопроводном стояке возникает частичное разрежение. При следующем пуске насоса вода, протекающая с очень большой скоростью, заполняет образовавшийся вакуум и соударяется в трубопроводе с закрытым обратным клапаном и столбом жидкости над ним, вызывая скачок давления. Он способен вызвать образование трещин в трубах, разрушить трубные соединения и повредить насос и/или его электродвигатель.

Для сведения к минимуму воздействия гидравлических ударов, в скважинных насосах обычно используется встроенный обратный клапан, предназначенный для предотвращения обратного тока жидкости при остановке насоса. Он имеет оптимальную с точки зрения гидродинамики конструкцию, позволяющую создавать лишь незначительное сопротивление в открытом положении.

Мероприятия по защите электрической части насосов

На работе большинства насосов негативно сказываются повторно-кратковременные включения. Необходимо заметить, что электродвигатели класса EFF-1, устанавливаемые, например, на насосы GRUNDFOS серий TP и CR, рассчитаны на большую частоту включений (200-400 вкл в час). В других случаях защита обеспечивается при помощи электронных и гидравлических устройств.

## ТЕПЛОСНАБЖЕНИЕ

Для циркуляционных насосов, работающих в отопительных системах, заполненных неподготовленной водой, может быть опасным выпадение солей жесткости, которое приводит к заклиниванию ротора и повреждению электродвигателя. Избежать их отрицательного воздействия помогает функция деблокирования. Такое техническое решение реализовано в циркуляционных насосах GRUNDFOS серии ALPHA+. Возникающая при пуске незначительная вибрация корпуса способствует удалению отложений с деталей насоса.

Как правило, насосы с двигателями на напряжение 220 В (большая часть бытовых моделей) имеют тепловую защиту электродвигателя. Благодаря ее наличию насос немедленно отключается при перегреве и автоматически включается (перезапускается) после 30-минутного охлаждения. При чрезмерном повышении температуры защита будет отключать электропитание, устраняя тем самым опасность перегорания обмоток электродвигателя. Повторный пуск после отключения может происходить двумя способами: вручную или автоматически, пускозащитным устройством. Такая система защиты реализована в широко распространенных циркуляционных насосах GRUNDFOS серии UPS.

Следует отметить, что циркуляционные насосы, в связи с круглосуточным режимом работы, должны иметь надежную защиту от перегрева. Для этого электродвигатель оборудуется термовыключателями, которые должны встраиваться во внутреннюю или внешнюю защитную цепь. Обычно предусмотрено две линии защиты: внешняя защита - беспотенциальные термовыключатели стандартного модуля, идущего в комплекте с насосом, выведены в клеммную коробку; пользователь должен подсоединить их к внешнему пускателю. Внутренняя защита - в поставляемом дополнительно релейном модуле подключение термовыключателей уже выполнено таким образом, что при возникновении неисправности сразу происходит отключение насоса. Релейный модуль, как правило, является устройством, подключающим насос непосредственно к внешнему сетевому выключателю и защищающим агрегат от перегрева независимо от частоты вращения двигателя (например, эта схема применена в UPS серии 200).

Комплексные системы защиты и управления насосного оборудования

На промышленных предприятиях и в организациях ЖКХ есть немало объектов, в которых для поддержания необходимых параметров требуется одновременное управление несколькими насосами (насосные станции). Для реализации своих функций таким системам недостаточно стандартных возможностей вышеперечисленного оборудования. В этом случае для реализации логики управления и контроля насосного оборудования необходимо использовать шкафы управления.

Ведущими производителями насосного оборудования созданы и широко используются шкафы защиты и управления (ШЗУ) на базе электронных модулей (например,

GRUNDFOS Control MPC на базе модуля CU351). ШЗУ должен не только защитить насос в случае перепадов тока, напряжения, перекосов фаз, пробоя изоляции, но и осуществлять мониторинг работы насосов, т. е. выводить и сохранять данные на компьютере или распечатывать их на переносном принтере, непосредственно считывая информацию с контроллера.

Автоматический режим работы шкафа защиты и управления на базе подобного контроллера способен обеспечить плавное поддержание заданного давления при изменении внешней нагрузки, реализовать энергосберегающие режимы работы, а также резервные режимы при выходе оборудования из строя. Обычно ШЗУ позволяет защитить насос и от «сухого хода».

Существует ряд ШЗУ, выполняющих специальные задачи, например управление насосами в системе пожаротушения. Такое оборудование (пример: Control MX) гарантирует безопасность здания и людей в нем.

Помимо управленческих функций возможности контроллера, как уже говорилось, позволяют осуществить мониторинг следующих параметров: напряжение питания (защита от перенапряжения и падения напряжения); потребляемый ток и несимметричность тока (защита от перекоса и выпадения фаз, защита от «сухого хода» по току); сопротивление изоляции системы; температура обмоток электродвигателей. Через интерфейс инфракрасного порта контроллера и дистанционный пульт управления можно считать параметры режима работы, получить данные по энергопотреблению насосного агрегата за требуемый период и произвести необходимые настройки. С помощью двухжильного экранированного кабеля шкаф управления можно соединить с COM-портом компьютера и благодаря программному обеспечению произвести вывод данных в графической форме, а также обеспечить архивацию параметров работы в соответствии с заданными временными интервалами. Интервал архивирования может быть изменен с клавиатуры и выведен на жидкокристаллический дисплей контроллера. При отключении питания архивные значения, коды накопленных ошибок и нештатных ситуаций сохраняются не менее трех лет. В зависимости от конфигурации контроллер обеспечивает каскадное включение насосов для поддержания заданного давления в системе. Главный насос определяется временной схемой, задаваемой пользователем.

Срок службы современных насосов оценивается в 20 - 25 лет. Очевидно, что надежность и безаварийность их работы в этот период во многом зависят от качества систем безопасности, поставляемых с оборудованием. Поэтому особое внимание при выборе агрегата должно уделяться этой проблеме, ведь экономия в подобном случае может обернуться значительными расходами.

*По материалам компании ООО «GRUNDFOS»*

## ТЕПЛОСНАБЖЕНИЕ



# АВТОНОМНЫЕ И КРЫШНЫЕ КОТЕЛЬНЫЕ РАЗРАБОТКИ ОАО «РУМО»

Концептуально-системный подход к разработке оборудования и проектированию позволяет компании создавать автономные и крышные автоматизированные котельные с высокими техническими параметрами.

Решая задачу обеспечения ресурсо- и энергосбережения при изготовлении и эксплуатации автономных и крышных котельных, ОАО «РУМО» провело обширную технико-экономическую экспертизу соответствующей продукции ведущих зарубежных и отечественных фирм, выполнило необходимый объем исследовательских работ и сформировало пакет концептуальных требований к теплотехническому оборудованию и котельным в целом. Комплексное выполнение этих требований позволит существенно снизить габариты и материалоемкость котельных с одновременным обеспечением их высокоэффективности и экологичности.

Анализ массо-габаритных характеристик котельных показал, что более половины массы котельных приходится на само помещение из-за его больших размеров. Причина – в конструкции котлов и традиционных методах компоновки теплотехнического оборудования в котельных. Поэтому в ОАО «РУМО» были созданы специальные автоматизированные малогабаритные котлоагрегаты УТМ (рис. 1) вертикальной компоновки с верхним расположением горелки и встроенной системой прокачки и рециркуляции, адаптированные к работе на общий дымоход. При этом обеспечен доступ ко всем агрегатам и органам управления со стороны лицевой панели.

Так как в основание котлоагрегатов вмонтированы трубопроводы прямой и обратной воды котлового контура котельной, снабженные стыковочными фланцами, возможно объединение котлоагрегатов УТМ в компактные водонаг-

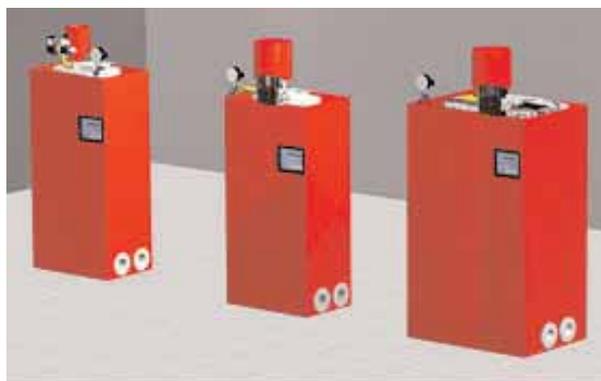


Рис. 1 Котлоагрегаты УТМ-3, УТМ-3Ф, УТМ-4

ревательные установки, размещаемые непосредственно у стены котельной.

Схемное решение котельной с котлоагрегатами УТМ представлено на рис. 2.

Функциональные контуры оформлены конструктивно в виде вертикально скомпонованных модулей теплоснабжения, горячего водоснабжения, вентиляции, водоподготовки и подпитки, в основании которых также вмонтированы трубопроводы прямой и обратной воды котлового контура котельной. Каждый модуль имеет локальную систему автоматизации, обеспечивающую его функционирование и защиту.

Такое конструктивное решение котлоагрегатов и функциональных контуров, оформленных в виде модулей с односторонним обслуживанием, позволяет оперативно соз-

# ТЕПЛОСНАБЖЕНИЕ

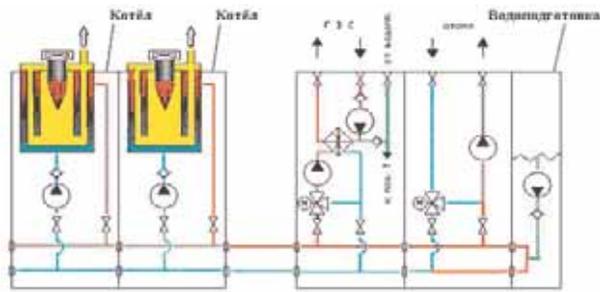
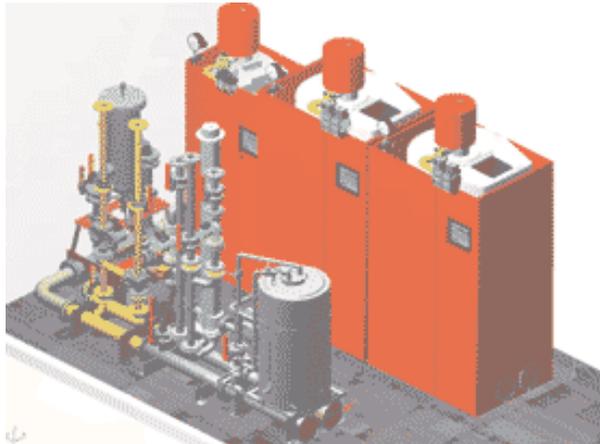


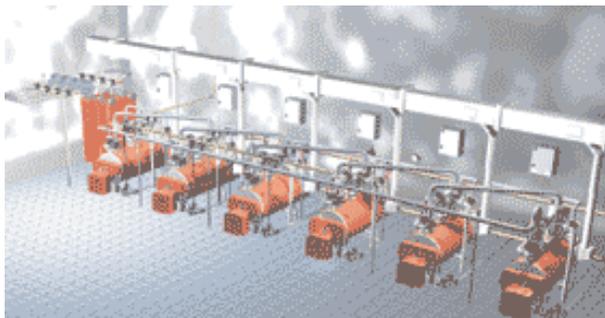
Рис. 3 Схема котельной

давать котельную соединением требуемого набора котлоагрегатов и соответствующих моделей, располагаемых по периметру котельной возле ее стен, что обеспечивает компактность котельной в целом. Пример модульного построения котельной контейнерного типа приведен на рис. 3 (компоновка котельной теплопроизводительностью 1,32 МВт, разрабатываемой ОАО «РУМО» для учебного центра Санкт-Петербургского университета МВД РФ).



Применение котлоагрегатов УТМ совместно с функциональными модулями теплоснабжения, горячего водоснабжения, системы вентиляции, водоподготовки и подпитки позволяет оперативно с минимальными ресурсо- и трудозатратами создавать автономные и крышные котельные теплопроизводительностью от 0,5 до 5 МВт с высокими техническими параметрами и минимальными габаритами и массой.

Как пример эффективности данного метода ресурсосбережения при производстве автономных и крышных котельных на рис. 4 в одном масштабе изображены котельная теплопроизводительностью 1,5 МВт на базе 6 котлов традиционной горизонтальной компоновки (слева) и иден-



тичная ей параметрически и функционально котельная на базе 6 вертикальных котлоагрегатов УТМ (справа).

На рис. 5 приведены удельные габаритные, массовые и ценовые характеристики котельных контейнерного типа различных производителей.

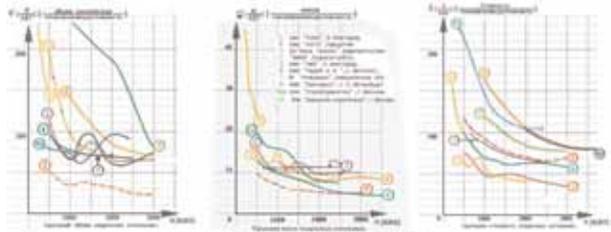


Рис. 5 Удельные характеристики котельных

Из графиков видно, что концептуальный системный подход к разработке оборудования и проектированию котельных, а также применение специальных вертикальных котлоагрегатов УТМ позволяет ОАО «РУМО» создавать автономные и крышные автоматизированные котельные в 2–4 раза компактней и в 1,5–2 раза легче, чем аналогичная продукция других производителей.

Предлагаемые котельные функционируют в автоматическом режиме без постоянного присутствия обслуживающего персонала. Информация о работе котельной и аварийных ситуациях выводится на блок сигнализации, установленный в помещении с постоянным присутствием дежурного сотрудника. Котельные контейнерного типа монтируются в модулях высотой 2,7 м, шириной 2,8 м и длиной 4,5; 6; 7; 8 и 9 м для котельных до 1,0; 1,5; 2,0; 3,0 и 3,5 МВт соответственно. По индивидуальному заказу могут быть изготовлены котельные большей теплопроизводительности до 5 МВт.

Срок службы котлов с заменой теплонапряженных узлов и вентиляторов – 30 лет. Это также дает значительную экономию материальных ресурсов.

Вследствие высокого КПД котлов (94–96%) и плавного регулирования их мощности при работе за 30 лет эксплуатации котельной экономится, по сравнению с котельными на базе котлов других систем, такое количество газа, которого достаточно для работы в течение еще 3 лет.

Для еще большего повышения энергоэффективности котельных на базе котлоагрегатов УТМ возможно их использование для поквартирного отопления в качестве источника тепла совместно с квартирными ИТП, например фирмы Logotherm.

Котельные с котлоагрегатами УТМ успешно эксплуатируются в г. Н. Новгороде, г. Чкаловске, пос. Дуденево Богородского р-на, г. Дзержинске, г. Володарске, г. Городце и т. д.

ОАО «РУМО» предлагает концепцию комплексного энерго- и ресурсосбережения, а также соответствующее оборудование собственной разработки и изготовления для эффективного решения задачи децентрализованного теплоснабжения объектов теплотреблением до 5 МВт.

Предлагаемое оборудование для автономного теплоснабжения производится серийно, конкурентоспособно по техническим показателям с зарубежными аналогами (8 патентов), а конструктивно превосходит их, адаптировано к российским условиям эксплуатации и базируется на отечественных технологиях.

По материалам журнала «Промышленно-строительное обозрение»

## ВОЗДУХОСНАБЖЕНИЕ



**Владимир Иванов,  
компания  
«Пневмосистема»**

# ОСОБЕННОСТИ МОНТАЖА МАГИСТРАЛЕЙ СЖАТОГО ВОЗДУХА

### ОСОБЕННОСТИ МОНТАЖА ПНЕВМОСЕТЕЙ

Остановимся на таком важном вопросе, как проектирование и монтаж пневмосети предприятия. Почему это так важно? Дело в том, что опыт показывает: потери энергии, вызванные неправильной организацией системы подачи воздуха, способны свести на нет все прочие усилия по экономии энергии.

### ВЫБОР СХЕМЫ ВОЗДУХОСНАБЖЕНИЯ

Первая проблема, которая обычно встает на средних и крупных предприятиях, - это выбор системы воздухообеспечения. В условиях, когда потребителей воздуха несколько, они достаточно сильно разнесены в пространстве, возможно, даже находятся в разных помещениях, существует две возможных схемы воздухообеспечения - централизованная и децентрализованная. Централизованная схема - питание цехов сжатым воздухом осуществляется из общего компрессорного цеха. Как правило, при такой системе эксплуатируются несколько компрессорных установок производительностью от 10 до 250 м<sup>3</sup>/мин, а иногда и выше - в основном поршневые или центробежные, иногда мощные винтовые. Децентрализованная система - питание потребителей сжатым воздухом осуществляется отдельными небольшими компрессорами, устанавливаемыми непосредственно возле потребителя. Необходимо отметить, что в децентрализованных схемах при локальной потребности в воздухе более 1 м<sup>3</sup>/мин целесообразно использование надежных винтовых компрессоров, преимущества которых широко известны. Это позволяет решить ряд проблем, присущих поршневым компрессорам, таких, как необходимость фундамента под компрессор, повышенные шум и вибрация, не-

обходимость периодических ремонтов (замена колец, клапанов). Кроме того, недорогие поршневые компрессоры малой производительности, как правило, плохо приспособлены для использования в промышленных целях с ПВ, близким к 100 %, и имеют невысокий ресурс.

Обе схемы имеют свои преимущества и недостатки, мы не будем сейчас останавливаться на них подробно. Отметим лишь, что выбор оптимальной схемы воздухообеспечения зависит от конкретных условий на конкретном предприятии, ему обязательно должен предшествовать полный анализ ситуации, существующих пневматических линий, энергоаудит всей цепочки производства и подачи сжатого воздуха, с учетом необходимых капложений и постоянных затрат. Децентрализованная схема отнюдь не является универсальным решением, применение ее должно быть экономически обосновано. При проектировании пневматических систем необходимо учитывать не только потребителей, имеющихся в наличии в настоящее время, но и возможные варианты изменения как необходимого количества сжатого воздуха, так и расположения точек потребления.

### МЕСТО ДЛЯ КОМПРЕССОРНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

После того, как выбор схемы сделан, перед нами встанет следующая задача - место для размещения компрессорного оборудования. Это должно быть сухое отапливаемое помещение, температура в котором в любое время года должна быть в пределах 0 - +400°С. Для мощных компрессоров могут потребоваться устройство фундамента и организация подвода воды на охлаждение, однако в авторемонтном деле такие машины практически не встречаются.

Компрессоры должны устанавливаться таким образом, чтобы обеспечить удобный доступ к ним с любой стороны для обслуживания и ремонта. В общем случае должно быть свободное пространство с каждой стороны порядка 1 м. Серьезное внимание следует уделить правильной организации подвода и отвода воздуха на охлаждение и на всасывание. Нужно обеспечить отсутствие обратных потоков, когда нагретый воздух, выбрасываемый из компрессора, снова поступает на вход. С этой точки зрения крайне неудобны низкие потолки, поскольку у многих машин нагретый воздух выбрасывается вверх. Система вентиляции помещения должна обеспечивать кратность воздухообмена, достаточную для поддержания в помещении нормальной температуры, ведь каждый компрессор параллельно работает как нагревательный прибор, выбрасывая в пространство значительное количество тепла. Кстати, зимой это тепло удобно использовать для обогрева помещения. В помещении не должно быть пыли и пылящих поверхностей - вся эта пыль в конечном итоге пойдет в компрессор и далеко не вся будет задержана фильтром. Классическим примером пылящей поверхности является бетонный пол. Такой пол следует как минимум покрасить. Площадка для установки компрессора должна быть ровной и горизонтальной. Крайне желательно, чтобы помещение для компрессоров было отдельным, не находилось постоянно люди, поскольку шум, производимый большинством компрессоров, по санитарным нормам слишком велик для постоянного присутствия людей. С другой стороны, это помещение должно находиться возможно ближе к основным потребителям воздуха во избежание лишних потерь.

#### ВЫБОР МАТЕРИАЛА ТРУБОПРОВОДОВ

В общем случае при отсутствии специальных требований следует применять стальные трубы ввиду их дешевизны. Сварная труба дает меньше окалины, чем бесшовная. Трубы диаметром более 1 дюйма проще и лучше соединять с помощью сварки. Однако для обеспечения разборности конструкции при наличии в цепочке дополнительных элементов (фильтров и

т. д.) следует предусматривать резьбовые разъемные соединения. При использовании резьбовых соединений оптимальной является оцинкованная труба, однако для сварки лучше подойдет обычная сталь. Вообще достоинством резьб является в первую очередь их легкая разъемность, герметичность их оставляет желать лучшего.

Когда требуется особая чистота сжатого воздуха, обычная сталь уже не годится. Здесь нужна либо нержавейка, либо медь. Как правило, такие требования к чистоте имеются на предприятиях пищевой, медицинской и химической промышленности. Нержавейку соединяют сваркой, резьбами, фланцами, медь, как правило, пайкой. Оба варианта достаточно дороги и вопрос об их целесообразности решается в каждом конкретном случае. В последнее время часто для прокладок пневмомагистралей используют полиэтиленовые трубы и металлопластик. Эти материалы удобны тем, что позволяют собирать пневмосеть буквально на коленке, любые геометрические формы магистралей получают за считанные минуты. Монтаж весьма легок, гидродинамическое сопротивление таких труб значительно ниже, чем у стали. К недостаткам следует отнести высокую стоимость фитингов для данных труб и ограниченность по диаметру. Конкурентоспособны для небольших по протяженности и диаметру (до 1») магистралей, в особенности временных.

#### КОНФИГУРАЦИЯ ПНЕВМОСЕТИ

Теперь перейдем к вопросу конфигурации пневмосети. В принципе всегда, когда это возможно, контур следует закольцовывать. Это не только увеличивает эквивалентное проходное сечение магистралей, но и позволяет безболезненно отсекать участки магистралей для ремонтов и регламентных работ. Однако это не всегда возможно. В любом случае диаметры участков магистралей должны рассчитываться, исходя из максимального расхода воздуха, который может проходить через данный участок. Расчет производится таким образом:

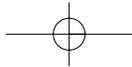
\* Сначала рассчитывается проходное сечение трубопровода:  $S = N \cdot D^2/4$ , где  $D$  - внутренний диаметр участка трубопровода, м.

рессоров: «Приобретение компрессорного оборудования — один из этапов программы модернизации технического парка предприятий, нацеленной на снижение себестоимости продукции, и, значит, получение дополнительных конкурентных преимуществ на рынке электротехнической продукции». Напомним, что последняя зима не на шутку напугала энергетиков. Расход электроэнергии превысил все допустимые нормы, и компаниям пришлось возмещать дефицит электроэнергии из внешних источников и за счет ограничения некоторых промышленных предприятий. Руководители РАО «ЕЭС России» заранее предупреждают, что в эту зиму некоторые регионы страны могут столкнуться с необходимостью отключений из-за нехватки мощностей. Поэтому необходимо своевременно проводить модернизацию устаревшего оборудования и переходить на энергосберегающие технологии.

*Портал машиностроения*

#### ЯПОНСКИЙ ПРОИЗВОДИТЕЛЬ СПЕЦТЕХНИКИ KOMATSU LTD. ПЛАНИРУЕТ ПРОИЗВОДИТЬ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛИ

Японская компания Komatsu Ltd. совместно с немецкой Siemens AG (SI) разработает электродвигатели для крупного землеройного оборудования, которое используется в горнодобывающей промышленности. Сообщил представитель компании Komatsu Ltd. По мнению производителя, новые силовые установки будут более эффективны и надежны по сравнению с дизельными системами. Японская компания планирует за счет ввода в строй техники с электродвигателями, существенно увеличить свое присутствие на рынке землеройного оборудования. Напомним, что


**<<65**

ранее Komatsu скорректировала прогноз чистой прибыли за финансовый год в сторону повышения. Прогноз был пересмотрен до 145 млрд. иен (\$1,2 млрд.), на 27% выше предыдущего прогноза

[www.nsp.su](http://www.nsp.su)

### КАБЕЛЬ — НЕ ВЕРЕВКА

О типовых ошибках при прокладке силовых кабелей с бумажнопропитанной изоляцией рассказывает заместитель начальника отдела технического контроля ОАО «Севкабель» Виктор Данилович Косолапов. По роду деятельности мне приходится разбираться в причинах возникновения дефектов кабельно-проводниковой продукции, и для этого часто необходимо выезжать непосредственно на места работ по прокладке. В большинстве случаев предъявляемые потребителем претензии к качеству кабеля не обоснованы, так как дефекты чаще всего появляются в результате неумелого обращения с кабелем вследствие незнания правил хранения, прокладки и эксплуатации. Приведу несколько примеров наиболее распространенных ошибок. Типичной ошибкой при прокладке кабелей с бумажнопропитанной изоляцией является несоблюдение температурных режимов. Прокладка данных видов кабелей должна производиться при температуре не ниже 0°C, так как в конструкцию защитных покровов входит несколько слоев битума, которые при низких температурах затвердевают и становятся хрупкими. Следует помнить, что если необходимо проложить кабель при температуре ниже 0°C, нужно осуществлять его предварительный подогрев, чтобы обеспечить температуру середины верхних витков кабеля порядка 20°C. Это условие можно выполнить либо прогрев кабель электрическим током от сва-

**82>>**

- \* Затем необходимо рассчитать расход воздуха при данном давлении:  $V = V_e / (60 \cdot P_n)$ , где  $V_e$  - полная производительность, м<sup>3</sup>/мин,  $P_n$  - давление нагнетания абсолютное, бар.
- \* После этого считается скорость воздуха в трубе:  $N = V / S$ , м/с.

Данный метод расчета носит приближенный характер, однако позволяет оценить скорость воздуха в участке трубопровода с достаточной точностью. Ее значение должно быть в пределах 4 - 12 м/с. В случае, если скорость превышает 12 м/с, газодинамические потери значительно возрастают, поэтому сечение нужно увеличивать. При значениях скорости ниже 4 м/с трубопровод будет переразмеренным, а это лишние материальные затраты. При расчете полной производительности следует вносить коэффициенты запаса:

- \* 1,05 - коэффициент, учитывающий износ пневмооборудования, приводящий к возрастанию расхода на его запитку,
- \* 1,05:1,15 - коэффициент негерметичности, учитывающий возможные утечки,
- \* 1,1:1,5 - коэффициент, учитывающий возможное расширение производства.

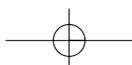
При расчете магистрали не следует забывать о том, что любые трубопроводы, а тем более его изгибы, изменения сечения, имеющаяся на нем арматура, создают газодинамическое сопротивление, приводящее к потерям давления. В небольшой статье нет возможности привести методику расчета реальных потерь, однако в общем случае, для магистрали небольшого размера, правильно спроектированной, максимальное падение давления в точке, наиболее удаленной от компрессора, составляет не более 1-2 бар. Минимальное рабочее давление компрессоров должно быть соответственно несколько выше давления, необходимого для работы пневмооборудования.

Если необходимо снабжать воздухом несколько отдельных участков, разумным является выполнение собственных подводов воздуха к каждому участку. Это не только позволяет отключать те участки, которые в настоящий момент в воздухе не нуждаются, но и позволяет обеспечить для

каждого участка необходимое давление и чистоту воздуха. Нужно по возможности избегать прокладки трубопроводов вне помещений, поскольку содержащаяся в воздухе влага при охлаждении воздуха будет конденсироваться. Зимой это может привести к обмерзанию трубопровода. Если избежать прокладки магистрали по улице не удается, такие участки следует выполнять под землей на такой глубине, где почва не промерзает, либо (для коротких участков) с теплоизоляцией.

Разводку пневмосети выполняют, как правило, по стенам или по потолку. Необходимым условием является удобство технического обслуживания пневмосети, слива конденсата. Количество вентиля и их расположение должно позволять отсекать от сети любой участок для ремонта либо регламентных работ. Вентилю лучше всего использовать шаровые с максимально широким проходным сечением. Все трубопроводы должны иметь уклоны не менее 5 градусов в направлении подачи воздуха, при этом в низших точках пневмомагистрали выполняются вентили для слива конденсата. Отводы для потребителей воздуха всегда выполняются на трубопроводе сверху для того, чтобы исключить возможность попадания конденсата из трубы на пневмооборудование.

Мы отметили лишь самые основные моменты при построении пневматической магистрали. Многие важные вопросы остались за бортом ввиду ограниченности места, другие требуют определенной технической подготовки. Не следует рассматривать данный материал как догму, поскольку он больше ориентирован на практическое использование и содержит некоторые упрощения. Кроме того, каждая магистраль имеет свои индивидуальные особенности, описать все возможные варианты невозможно, да, наверное, и не нужно. Понимание приходит с опытом. Однако надеемся, что данная статья дает достаточно цельное представление о том, что же такое пневматическая сеть, позволит избежать наиболее грубых ошибок при монтаже. Желаем вам удачи в вашей работе!



## ВОЗДУХОСНАБЖЕНИЕ



# ПЛАНИРОВАНИЕ ПОДГОТОВКИ СЖАТОГО ВОЗДУХА ДЛЯ КОНКРЕТНЫХ ПРИМЕНЕНИЙ

Сегодня сжатый воздух используется в самых разных отраслях промышленности. Диапазон применений сжатого воздуха простирается от общепромышленного воздуха без каких-либо специфических требований к качеству, до абсолютно сухого, не содержащего масла и стерильного сжатого воздуха для фармацевтической и пищевой промышленности. Такой разброс требований означает, что очень важна специальная подготовка сжатого воздуха, в точности соответствующая требованиям конкретного применения.

Воздух, всасываемый компрессором, может содержать до 180 миллионов частиц пыли на 1 м<sup>3</sup>, имеет влажность от

50% до 80%, и содержит от 0,01 до 0,03 мг/м<sup>3</sup> масла в виде несгоревших углеводородов. При сжатии, например, до 10 бар, концентрация загрязняющих примесей возрастает в 11 раз, т.е. в 1 м<sup>3</sup> сжатого воздуха будет содержаться порядка 2 миллиардов частиц пыли. В зависимости от конкретного применения сжатый воздух подлежит тем или иным видам подготовки.

Стандарт DIN ISO 8573-1 устанавливает 6 классов чистоты воздуха и соответствующее каждому классу предельно допустимое содержание различных видов примесей.

### Примеси и классы чистоты воздуха в соответствии с DIN ISO 8573-1

Класс чистоты	Максимальное содержание масла	Частицы твердых включений		Максимальная температура точки росы под давлением
	мг/м <sup>3</sup>	максимальный размер	максимальное содержание	
		мкм	мг/м <sup>3</sup>	°C
1	0,01	0,1	0,1	Минус 70
2	0,1	1	1	Минус 40
3	1	5	5	Минус 20
4	5	15	8	3
5	25	40	10	7
6	-	-	-	10

# ВОЗДУХОСНАБЖЕНИЕ

При планировании подготовки сжатого воздуха для конкретного применения и выборе необходимого оборудования следует руководствоваться либо заданными предельно допустимыми значениями содержания примесей,

либо, при отсутствии таких данных, следует соотнести ваше применение одному из содержащихся в приведенной ниже таблице.

## Возможные способы подготовки сжатого воздуха в зависимости от вида применения

Применение сжатого воздуха	Класс чистоты сжатого воздуха в соответствии с DIN ISO 8573-1			Циклонный сепаратор	Фильтр грубой очистки	Охлаждающий влагоотделитель	Микрофильтр	Мембранный влагоотделитель	Адсорбционный влагоотделитель	Фильтр грубой очистки	Фильтр на основе активированного угля	Адсорбер на основе активированного угля	Стерильный фильтр
	Масло	Пыль	Влага										
Общепромышленный воздух. Воздух для выдувания.	-	-	-										
Пескоструйная очистка. Простые покрасочные работы.	-	3	-	●									
Воздух для транспортирования. Общезаводской воздух. Высококачественная пескоструйная очистка. Простое распыление красок.	5	3	4	●		●							
Пневматический инструмент. Пневматические системы регулирования. Распыление красок. Кондиционирование. Измерительные и регулирующие системы.	1	1	4	●	●	●	●						
Пневматические системы регулирования. Измерительное оборудование.				●	●			●	●	●	●	●	
Пневматика. Высококачественное распыление красок. Конечная обработка поверхностей. Воздух для дыхания.	1	1	1-3	●	●		●	●			●	●	
Медицинское оборудование. Воздух для дыхания. Высококачественный воздух для транспортирования. Пищевая промышленность.	1	1	3-4	●	●	●	●				●	●	●
Пивоваренное производство. Производство молочных продуктов. Фармацевтическая промышленность.	1	1	1-3	●	●		●	●	●	●	●	●	●

По материалам группы компаний «Компоненты и Системы»

## ДИАГНОСТИКА И ИСПЫТАНИЯ

**В. А. Янсюкевич**



# МЕТОДИКА ИСПЫТАНИЯ ЗАЩИТНЫХ СРЕДСТВ

### ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

В эксплуатации средства защиты подвергают эксплуатационным периодическим и внеочередным испытаниям. Внеочередные испытания средств защиты проводят по нормам эксплуатационных испытаний и проводят после ремонта, замены каких – либо деталей и узлов, при наличии видимых неисправностей и повреждений средств защиты.

Все электрические испытания средств защиты повышенным напряжением должны проводиться специально обученными людьми, что связано с повышенной ответственностью и опасностью проводимой работы.

Испытание средств защиты из резины можно проводить постоянным (выпрямленным) током. При испытании постоянным током испытательное напряжение должно быть в 2,5 раза больше испытательного напряжения переменного тока с частотой 50Гц. Ток, протекающий через изделие, при этом не нормируется. Продолжительность испытания та же, что и при испытании переменным током.

Основные защитные средства, предназначенные для использования в электроустановках напряжением выше 1000В и до 110кВ, испытываются напряжением, равным трёхкратному линейному, но не ниже 40кВ, а предназначенные для электроустановок напряжением от 110кВ и выше – равным трёхкратному фазному.

Дополнительные защитные средства испытываются напряжением, не зависящем от напряжения электроу-

становки, в которой они применяются. Длительность приложения испытательного напряжения составляет 1 минуту, для изоляции из фарфора, и 5 минут для изоляции из твёрдых органических материалов (например бакелита). Для изоляции из резины, при эксплуатационных испытаниях, длительность приложения испытательного напряжения составляет 1 минуту.

Пробой, перекрытие и разряды по поверхности испытательного средства устанавливаются по показаниям измерительных приборов и визуально. Токи, протекающие через изделие, нормируются для указателей напряжения до 1000В, изделий из резины и изолирующих устройств, предназначенных для работы под напряжением. Защитные средства из твёрдых органических материалов сразу после испытания следует проверить методом ощупывания, для определения наличия или отсутствия местных нагревов из-за диэлектрических потерь.

При возникновении пробоя, перекрытия по поверхности, поверхностных разрядов, увеличении тока через изделие выше нормируемого значения, наличии местных нагревов от диэлектрических потерь средство защиты должно быть забраковано и изъято из эксплуатации.

Данная методика распространяется на электрические испытания защитных средств.

### ОБЪЕКТ ИСПЫТАНИЯ

К электротехническим средствам относятся:

# ДИАГНОСТИКА И ИСПЫТАНИЯ

- Изолирующие штанги всех видов (оперативные, измерительные, для наложения заземления);
- Изолирующие и электроизмерительные клещи;
- Указатели напряжения всех видов и классов напряжений (с газоразрядной лампой, бесконтактные, импульсного типа, с лампой накаливания и др.);
- Бесконтактные сигнализаторы наличия напряжения;
- Изолирующий инструмент;
- Диэлектрические перчатки, боты, галоши, ковры, изолирующие подставки;
- Защитные ограждения (щиты, ширмы, изолирующие накладки, колпаки);
- Переносные заземления;
- Устройства и приспособления для обеспечения безопасности труда при проведении испытаний и измерений в электроустановках (указатели напряжения для проверки совпадения фаз, устройства для прокола кабелей, устройство определения разности напряжений в транзите, указатели повреждения кабелей и т.п.);
- Плакаты и знаки безопасности;
- Прочие средства защиты, изолирующие устройства и приспособления для ремонтных работ под напряжением в электроустановках напряжением 110кВ и выше, а также в электросетях до 1000В (полимерные и гибкие изоляторы; изолирующие лестницы, канаты, вставки телескопических вышек и подъёмников; штанги для переноса и выравнивания потенциала; гибкие изолирующие покрытия и накладки и т.п.).

Изолирующие электрозащитные средства делятся на основные и дополнительные.

К основным электрозащитным средствам в электроустановках выше 1000В относятся:

- Изолирующие штанги всех видов;
- Изолирующие и электроизмерительные клещи;
- Указатели напряжения;
- Устройства и приспособления для обеспечения безопасности труда при проведении испытаний и измерений в электроустановках (указатели напряжения для проверки совпадения фаз, устройства для прокола кабеля, указатели повреждения кабелей и т.п.);
- Прочие средства защиты, изолирующие устройства и приспособления для ремонтных работ под напряжением в электроустановках напряжением 110кВ и выше (полимерные изоляторы, изолирующие лестницы и т.п.).

К дополнительным электрозащитным средствам в электроустановках напряжением выше 1000В относятся:

- Диэлектрические перчатки;
- Диэлектрические боты;
- Диэлектрические ковры;
- Изолирующие подставки и накладки;
- Изолирующие колпаки;
- Штанги для переноса и выравнивания потенциала.

К основным электрозащитным средствам в электроустановках напряжением до 1000В относятся:

- Изолирующие штанги;

- Изолирующие и электроизмерительные клещи;
- Указатели напряжения;
- Диэлектрические перчатки;
- Изолирующий инструмент.

К дополнительным электрозащитным средствам для работы в электроустановках до 1000В относятся:

- Диэлектрические галоши;
- Диэлектрические ковры;
- Изолирующие подставки и накладки;
- Изолирующие колпаки.

Кроме перечисленных выше средств защиты в электроустановках применяются средства индивидуальной защиты (СИЗ) следующих классов:

- Средства защиты головы (каска защитные);
- Средства защиты глаз и лица (очки и щитки защитные);
- Средства защиты органов дыхания (противогазы и респираторы);
- Средства защиты рук (рукавицы);
- Средства защиты от падения с высоты (пояса предохранительные и канаты страховочные).

При использовании основных электрозащитных средств достаточно применения одного дополнительного, за исключением случаев, оговоренных в «Правилах применения и испытания средств защиты, используемых в электроустановках, технические требования к ним».

## ОПРЕДЕЛЯЕМЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Штанги изолирующие оперативные и штанги переносных заземлений.

### Внешний осмотр.

Размеры штанг должны соответствовать техническим условиям.

При повреждении лакового покрова (трещины, глубокие царапины) или других неисправностях электрозащитных средств необходимо изъять их из эксплуатации.

### Электрические испытания.

При эксплуатационных испытаниях изолирующая часть оперативных и измерительных штанг подвергается испытанию повышенным напряжением, при этом напряжение прикладывается к рабочей части и временному электроду, наложенному у ограничительного кольца со стороны изолирующей части.

Изолирующие оперативные штанги на напряжение до 1000В при эксплуатационных испытаниях должны выдерживать в течение 5 минут повышенное напряжение 2кВ.

Изолирующие оперативные штанги на напряжение свыше 1000В до 35кВ включительно должны выдерживать в течение 5 минут повышенное напряжение переменного тока частотой 50Гц, равное трёхкратному линейному, но не менее 40кВ, на напряжение 110кВ и выше – равное трёхкратному фазному.

Штанги переносных заземлений с металлическими звеньями для ВЛ должны выдерживать в течение 5 минут повышенное напряжение переменного тока частотой 50Гц:

- Для 110-220кВ - 50кВ
- Для 330, 400, 600кВ - 100кВ

# ДИАГНОСТИКА И ИСПЫТАНИЯ

- Для 750кВ - 150кВ
- Для 1150кВ - 200кВ

Эксплуатационные электрические испытания остальных штанг переносных заземлений не проводятся.

При эксплуатационных испытаниях головки измерительных штанг для контроля изоляторов на напряжение 35-500кВ испытывают напряжением 80кВ в течение 5 минут.

## Клещи изолирующие.

Внешний осмотр.

Размеры клещей должны соответствовать техническим условиям.

Внешним осмотром клещей определяется состояние лаковых покрытий, наличие резиновых трубок на металлических губках, наличие ограничительного кольца, отделяющего изолирующую часть клещей от рукоятки. При обнаружении дефектов, клещи бракуются.

Электрические испытания.

Испытания электрических клещей на напряжение до 1000В на электрическую прочность при эксплуатационных испытаниях должны производиться путём приложения испытательного напряжения 2кВ в течение 5 минут между металлическими хомутиками, накладываемыми на рукоятки (за упорными выступами) со стороны изолирующей части и на губки – у основания овального выреза.

Проверка электрической прочности клещей на напряжение 6-10 и 35кВ при эксплуатационных испытаниях проводится путём приложения испытательного напряжения, равного трёхкратному линейному, но не менее 40кВ и 105кВ соответственно, в течение 5 минут к рабочей части и временному электроду, наложенному у ограничительного кольца со стороны изолирующей части.

**Указатели напряжения выше 1000В с газоразрядной лампой.**

Внешний осмотр.

Размеры указателей напряжения должны соответствовать техническим условиям.

Внешним осмотром проверяется состояние лаковых покрытий или общее состояние изоляции, соединений и целостность лампы указателя. При обнаружении дефектов указатель выбраковывается.

Электрические испытания.

Эксплуатационные испытания указателей напряжения заключаются в прикладывании повышенного напряжения отдельно к рабочей и изолирующей частям и в определении напряжения индикации указателя.

При испытании рабочей части напряжение прикладывается к контакту-наконечнику и винтовому разъёму. Если указатель не имеет винтового разъёма, соединённого с электрической схемой рабочей части, то у границы последней на её поверхности устанавливается временный электрод для присоединения провода испытательной установки.

Испытательное напряжение для продольной изоляции при этом должно иметь значение:

- 12кВ - до 10кВ
- 17кВ - 15кВ

- 24кВ - 20кВ

Продолжительность испытания – 1 минута. В указателях напряжения 35-220кВ рабочую часть не испытывают.

Напряжение индикации указателя напряжения должно составлять не более 25% номинального напряжения электроустановки для всех классов напряжений. Для классов напряжений до 3кВ включительно напряжение индикации должно быть определено в технических условиях.

Изолирующая часть указателей напряжения должна выдерживать в течение 1 минуты трёхкратное линейное напряжение для электроустановок напряжением свыше 1 до 110кВ и трёхкратное фазное напряжение для электроустановок от 110кВ и выше, но не менее следующих значений:

- 40кВ - до 10кВ
- 60кВ - свыше 10 до 20кВ
- 105кВ - свыше 20 до 35кВ
- 190кВ - 110кВ
- 380кВ - свыше 110 до 220кВ

**Указатели напряжения до 1000В.**

Внешний осмотр.

Размеры указателей напряжения должны соответствовать техническим условиям.

Внешним осмотром проверяется состояние лаковых покрытий или общее состояние изоляции, соединений и целостность лампы указателя. При обнаружении дефектов указатель выбраковывается.

Электрические испытания

Эксплуатационные испытания указателей напряжения до 1000В заключаются в определении напряжения индикации, проверке схемы повышенным напряжением, измерении тока, протекающего через указатель при рабочем напряжении, испытании изоляции повышенным напряжением.

Напряжение индикации указателей напряжения до 1000В должно быть не выше 90В.

Испытательное напряжение для проверки схемы должно превышать наибольшее значение рабочего напряжения не менее чем на 10%. Продолжительность испытания – 1 минута.

Значение тока, протекающего через указатель при наибольшем значении рабочего напряжения, не должно превышать:

- 0,6 мА для однополюсного указателя напряжения;
- 10 мА для двухполюсного указателя напряжения с элементами, обеспечивающими визуальную или визуальную-акустическую сигнализацию;
- для указателей напряжения с лампой накаливания до 10 Вт напряжением 220В значение тока определяется мощностью лампы.

Изоляция указателей напряжения до 500В должна выдерживать напряжение 1кВ, а для указателей напряжения выше 500В – 2кВ. продолжительность испытания – 1 минута.

**Указатели напряжения для проверки совпадения фаз.**

Внешний осмотр.

Размеры указателей напряжения должны соответствовать техническим условиям.

# ДИАГНОСТИКА И ИСПЫТАНИЯ

Внешним осмотром проверяется состояние лаковых покровов или общее состояние изоляции, соединений и целостность лампы указателя. При обнаружении дефектов указатель выбраковывается

## Электрические испытания

При эксплуатационных испытаниях проводится проверка указателей по схемам согласного и встречного включения, проверка электрической прочности рабочих и изолирующих частей и соединительного провода.

Во время испытания фиксируется напряжение индикации указателя, значение которого в зависимости от схемы приведены в *таблице 1*.

При проверке электрической прочности продольной изоляции рабочих частей испытательное напряжение в течение 5 минут прикладывается к металлическому разъёму и проволочному бандажу, наложенному у ограничительного кольца. При этом испытательное напряжение должно иметь значение:

- 12кВ - до 10кВ
- 17кВ - 15кВ
- 24кВ - 20кВ
- 70кВ - 35кВ
- 100кВ - 110кВ

При проверке электрической прочности продольной изоляции изолирующих частей испытательное напряжение в течение 5 минут прикладывается к металлическому разъёму и проволочному бандажу, наложенному у ограничительного кольца. При этом испытательное напряжение должно иметь следующие значения:

- 40кВ - до 10кВ
- 60кВ - свыше 10 до 20кВ
- 105кВ - свыше 20 до 35кВ
- 190кВ - 110кВ

Гибкий провод испытывают напряжением 20кВ в течение 1 минуты для указателей до 20кВ, для указателей 35-110кВ значение испытательного напряжения для гибкого провода равно 50кВ.

## Клещи электроизмерительные.

### Внешний осмотр.

Все отдельные части клещей должны быть надёжно скреплены между собой. Размеры клещей должны соответствовать техническим условиям.

Внешним осмотром клещей определяется состояние лаковых покровов, наличие резиновых трубок на металлических губках, наличие ограничительного кольца, отделяющего изолирующую часть клещей от рукоятки. При обнаружении дефектов, клещи бракуются.

## Электрические испытания.

Клещи для электроустановок выше 1000В испытывают при эксплуатационных испытаниях напряжением, равным трёхкратному линейному, но не менее 40кВ, в течение 5 минут.

Клещи для электроустановок до 1000В испытывают в течение 5 минут напряжением 2кВ.

## Устройства для прокола кабеля.

### Внешний осмотр.

Конструкция устройства должна обеспечивать надёжное крепление его на прокалываемом кабеле и автоматически ориентировать ось режущего элемента с диаметром прокалываемого кабеля.

## Электрические испытания.

При эксплуатационных испытаниях изолирующие части устройств (штанга изолирующая или изолирующая вставка электропривода) испытываются повышенным напряжением 40кВ в течение 5 минут.

Испытательное напряжение прикладывается к изолирующей части штанги или металлическому фланцу электропривода и специальной клемме.

## Перчатки резиновые диэлектрические.

### Внешний осмотр.

В электроустановках могут применяться перчатки бесшовные из латекса натурального каучука или перчатки со швом из листовой резины, выполняемые методом штанцевания.

Разрешается использовать только перчатки с маркировкой по защитным свойствам Э<sub>н</sub> и Э<sub>в</sub>.

Длина перчаток должна быть не менее 350 миллиметров.

При обнаружении проколов перчаток, обрывов и т.п. поврежденных перчатки выбраковываются.

## Электрические испытания.

Перчатки испытываются один раз в 6 месяцев повышенным напряжением 6кВ в течение 1 минуты, ток через перчатки при этом не должен превышать 6 мА.

## Боты, галоши резиновые диэлектрические.

**Таблица 1**

Номинальное напряжение электроустановки, кВ	Напряжение индикации, кВ	
	По схеме согласного включения, не менее	По схеме встречного включения, не менее
6	7,6	1,5
10	12,7	2,5
15	20	3,5
20	28	4-6
35	40	20
110	100	50

# ДИАГНОСТИКА И ИСПЫТАНИЯ

Внешний осмотр.

Диэлектрическая обувь должна отличаться по цвету от остальной обуви.

Галоши и боты состоят из резинового верха, резиновой рифлёной подошвы, текстильной подкладки и внутренних усилительных деталей.

Боты должны иметь отвороты. Формовые боты могут выпускаться бесподкладочными.

Высота бот должна быть не менее 160 миллиметров.

Резиновые части должны быть без трещин и обрывов, при обнаружении дефектов изделия выбраковываются.

Электрические испытания.

В эксплуатации диэлектрические галоши испытываются напряжением 3,5кВ, а боты - напряжением 15кВ в течение 1 минуты. Токи, протекающие при этом через изделия, должны быть не более 2 мА для галош и 7,5 мА для бот.

**Ковры резиновые диэлектрические и подставки изолирующие.**

Внешний осмотр.

При обнаружении дефектов в виде проколов, надрывов, трещин и т.п. коври следует заменять новыми. Осмотры следует проводить не реже 1 раза в 6 месяцев.

Подставки осматривают 1 раз в 3 года на отсутствие нарушений целостности опорных изоляторов, изломов, ослаблении связи между отдельными частями настила. При обнаружении указанных дефектов подставки выбраковываются.

Электрические испытания.

Электрические испытания коври и подставки не подвергаются.

## УСЛОВИЯ ИСПЫТАНИЙ И ИЗМЕРЕНИЙ

Испытания, как правило, следует проводить переменным током частоты 50Гц, при температуре от 10 до 25 градусов С. Скорость подъёма напряжения до 1/3 испытательного значения может быть произвольной, дальнейшее повышение напряжения должно быть плавным и быстрым, но позволяющим при напряжении более 3/4 испытательного вести отсчёт показаний измерительного прибора. При достижении требуемого значения напряжения после выдержки нормированного времени должно быть быстро снижено до нуля, или при значении равном 1/3 или менее испытательного, отключено (ГОСТ 1516.2-76)

Атмосферное давление и влажность влияние на качество проводимых испытаний не оказывает, но фиксируется для занесения данных в протокол. Это связано с тем, что в основном, все испытания проводятся в непосредственном соприкосновении защитных средств с водой

## СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

Высоковольтные испытания средств защиты проводятся на специально предназначенных для этой цели установках, в которых оператор отделён от высокого напряжения сеточным или сплошным ограждением. В качестве источников повышенного напряжения могут использоваться установки АИИ-70 или другие, подобные по конструкции.

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

## ПОРЯДОК ПРОВЕДЕНИЯ ИСПЫТАНИЙ И ИЗМЕРЕНИЙ

При испытаниях повышенное напряжение прикладывается к изолирующим частям средства защиты. При отсутствии источника напряжения с необходимым выходным напряжением, допускается производить испытание средств защиты по частям. При этом изолирующая часть средства защиты делится на участки, к которым прикладывается часть указанного нормами испытательного напряжения, причем напряжение должно иметь величину, пропорциональную длине участка с увеличением на 20%.

**Высоковольтные испытания оперативных штанг и указателей напряжения:**

Схемы, для проведения испытаний, представлены на рисунках 1, 2, 3 и 4.

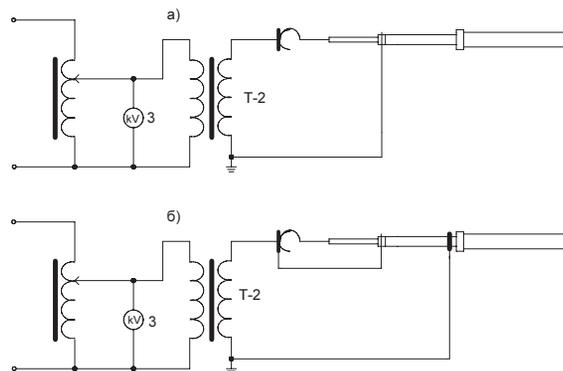


Рис.1 Принципиальная схема испытаний указателя напряжения, оперативных штанг и штанг для переносных заземлений.  
а) - рабочей части, б) - изолирующей части.

После проведения высоковольтных испытаний защитных средств их следует проверить на отсутствие местных нагревов из-за диэлектрических потерь.

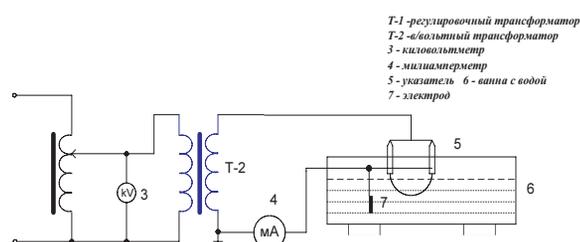


Рис.2 Принципиальная схема испытания электрической прочности изоляции рукояток и провода указателя напряжения.

**Испытание защитных средств из диэлектрической резины:**

При испытании диэлектрических перчаток их погружают в металлический сосуд с водой, которая наливается также внутрь изделий. Уровень воды как внутри, так и снаружи изделий должен быть на 50 миллиметров ниже верхнего края перчаток.

# ДИАГНОСТИКА И ИСПЫТАНИЯ

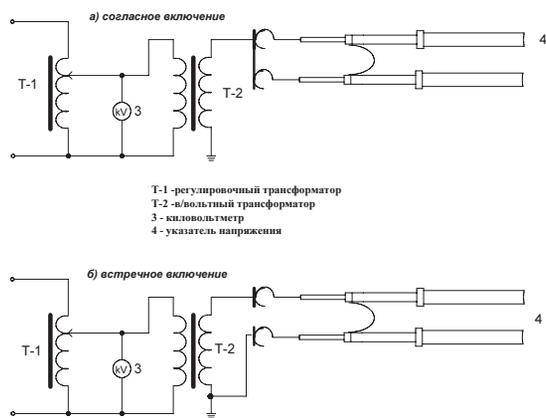


Рис.3 Принципиальная схема испытаний указателя напряжения

Выступающие края должны быть сухими. Схема для проведения испытаний представлена на рисунке 5.

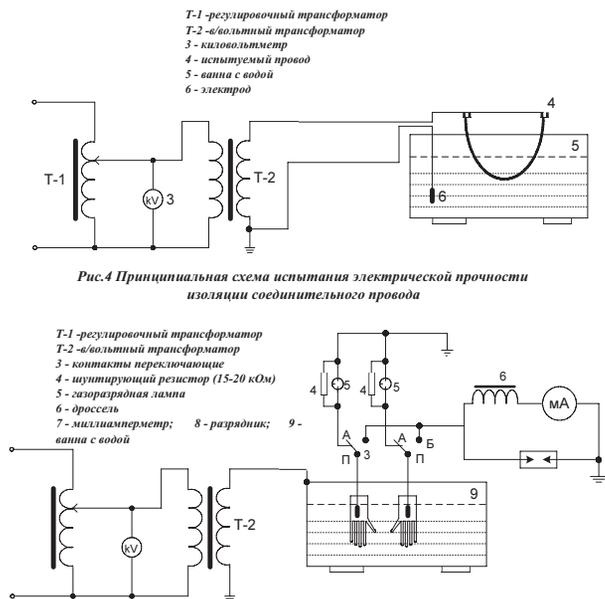


Рис.5 Принципиальная схема испытания электрической прочности диэлектрических перчаток

При испытаниях диэлектрической обуви уровень воды как снаружи, так и внутри горизонтально установленных изделий должен быть на 20 миллиметров ниже бортов га-лош и на 50 миллиметров края спущенных отворотов бот. Испытания проводят аналогично испытанию перчаток (смотри схему рисунка 5).

## ОБРАБОТКА ДАННЫХ, ПОЛУЧЕННЫХ ПРИ ИСПЫТАНИЯХ

Первичные записи рабочей тетради должны содержать следующие данные:

- дату измерений.
- температуру, влажность и давление
- наименование изделия
- результаты внешнего осмотра

- результаты испытаний
- используемую схему измерения

Все данные испытаний сравниваются с требованиями НТД и на основании сравнения выдвигается заключение о пригодности объекта к эксплуатации.

## МЕРЫ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ИСПЫТАНИЙ И ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

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 1V, 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 ограждениями, 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, произведе-

# ДИАГНОСТИКА И ИСПЫТАНИЯ

лю работ разрешается после удаления бригады оставить наряд у себя, оформив перерыв в работе.

При необходимости следует выставлять охрану, состоящую из членов бригады, имеющих группу Ш, 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 пост эти работники могут только с разрешения производителя работ.

При размещении испытательной установки и испытываемого 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 испытанием, 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 заземлен 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 защищен 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 испытываемым 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 расстояние менее указанного в таблице 1.

Присоединять соединительный провод к фазе, полюсу испытываемого оборудования или к жиле кабеля и отсоединять 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.

# ДИАГНОСТИКА И ИСПЫТАНИЯ

Объект \_\_\_\_\_

Дата проведения испытания:  
« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2002г.

## ПРОТОКОЛ № \_\_\_\_\_ испытания средств защиты из диэлектрической резины (перчаток, бот, галош и изолирующих накладок)

**Испытывались** \_\_\_\_\_  
(наименование защитных средств и количество)  
**принадлежащие** \_\_\_\_\_  
(наименование организации, чьи защитные средства подвергались испытаниям)

### 1. Результаты испытаний :

№ п/п	Наименование	Номер средств защиты	Испытательное напряжение 50 Гц (кВ)	Продолж. испытаний (мин)	Ток протекающий через изделие (мА)	Периодичность испытаний
1.						
2.						
3.						
4.						
5.						

### 2. Условия окружающей среды при проведении измерений:

- 2.1. Температура воздуха +20 °С  
2.2. Влажность 80 %  
2.3. Атмосферное давление 760 мм. рт. ст.

### 3. Нормативный документ: «Правила применения и испытания средств защиты, используемых в электроустановках, технические требования к ним»

### 4. Измерительные приборы:

Наименование	Тип	Зав.№	Характеристики		Дата поверки
			Напряжение, В	Погрешность	

5. **Дополнительные испытания:** \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

6. **Примечание:** \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

### 7. Заключение на соответствие требованиям НТД:

Данные измерений и испытаний соответствуют НТД. Годны к эксплуатации в качестве дополнительных электрозащитных средств в электроустановках напряжением выше 1000 В .

8. Дата следующего испытания « \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 200 год.

Испытания произвели: \_\_\_\_\_ « \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ « \_\_\_\_\_ »  
Начальник электролаборатории \_\_\_\_\_ « \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ « \_\_\_\_\_ »  
(подпись) (фамилия)

# ДИАГНОСТИКА И ИСПЫТАНИЯ

Объект \_\_\_\_\_

Дата проведения испытания:  
« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2002г.

## ПРОТОКОЛ № \_\_\_\_\_ испытания средств защиты из твердых органических материалов (указателей напряжения, штанг, клещей)

**Испытывались** \_\_\_\_\_  
(наименование защитных средств и количество)  
**принадлежащие** \_\_\_\_\_  
(наименование организации, чьи защитные средства подвергались испытаниям)

### 1. Результаты испытаний :

№ пп	Наименован ие средств защиты	Номер средств защиты	Напря- жение испытат электро- уст-ки	Повышенное напряжение частотой 50 Гц				Сроки и перио- дичность испытаний
				Рабочая часть (кВ)	(мин)	Изолирующ. часть (кВ)	(мин)	
1.								
2.								
3.								
4.								
5.								
6.								

### 2. Условия окружающей среды при проведении измерений:

- 2.1. Температура воздуха +20 °С  
2.2. Влажность 80 %  
2.3. Атмосферное давление 760 мм. рт. ст.

### 3. Нормативный документ: «Правила применения и испытания средств защиты, используемых в электроустановках, технические требования к ним»

### 4. Измерительные приборы:

Наименование	Тип	Зав.№	Характеристики		Дата поверки
			Напряжение, В	Погрешность	

5. **Дополнительные испытания:** \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

6. **Примечание:** \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

### 7. Заключение на соответствие требованиям НТД:

*Данные измерений и испытаний соответствуют НТД. Годны к эксплуатации в качестве основного электрозащитного средства в электроустановках напряжением до 10 кВ включительно*

8. Дата следующего испытания « \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 200 \_\_\_\_\_ год

Испытания произвели: « \_\_\_\_\_ » « \_\_\_\_\_ »  
Начальник электролаборатории « \_\_\_\_\_ » « \_\_\_\_\_ »  
(подпись) (фамилия)

## ЭКОНОМИКА И УПРАВЛЕНИЕ



**АО «Содружество-Т»  
Центр энергосберегающих  
интегрированных  
технологий  
НТУ «ХПИ»**

# СТОИМОСТНАЯ ОПТИМИЗАЦИЯ ТЕПЛОВЫХ СИСТЕМ

Проектирование тепломассообменных сетей и процессов на промышленных предприятиях основывается на тепловом и материальном балансе для специфического оборудования, такого, как химические реакторы и сепараторы в химических производствах, или варочные и заторные котлы в пивоварении, или доменные печи в металлургии. Задачей такого проектирования, например для теплосетей, является организация теплообмена горячих (которые необходимо охладить) и холодных (которые необходимо нагреть) потоков между собой, а также с внешними энергоносителями с целью уменьшения потребления энергии. Обычно существует множество возможностей соединения таких потоков в тепловые сети, но выбранный проект должен быть безопасным, управляемым, удовлетворять экологическим требованиям и показывать наиболее низкие годовые затраты на энергию, обслуживание и т.д.

Метод такого проектирования был предложен и развит проф. Б. Линнхоффом с сотрудниками из Университета Манчестерского Института Науки и Технологии (UMIST).

Всегда возможно построить «Составные кривые» всех горячих и всех холодных потоков. Составные кривые показывают суммарное энтальпийное изменение в системе потоков (холодных или горячих соотв.) во всех интервалах температуры. Если они размещаются так, как показано на Рис. А, то горячие кривые везде горячее холодных, по



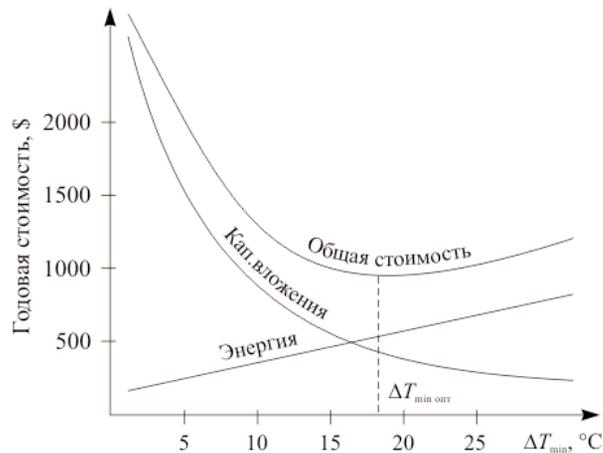
**Рис. А. Составные кривые устанавливают энергетические цели перед проектированием**

крайней мере, на  $\Delta T_{min}$  (минимально возможная температурная разность в теплообменном оборудовании).

Перекрытие кривых показывает значение возможной утилизации тепла при заданной величине  $\Delta T_{min}$ . Открытые концы кривых определяют минимальную требуемую величину горячих и холодных внешних энергоносителей. Эти

# ЭКОНОМИКА И УПРАВЛЕНИЕ

значения являются энергетическими целями, которые должны быть достигнуты при проектировании.

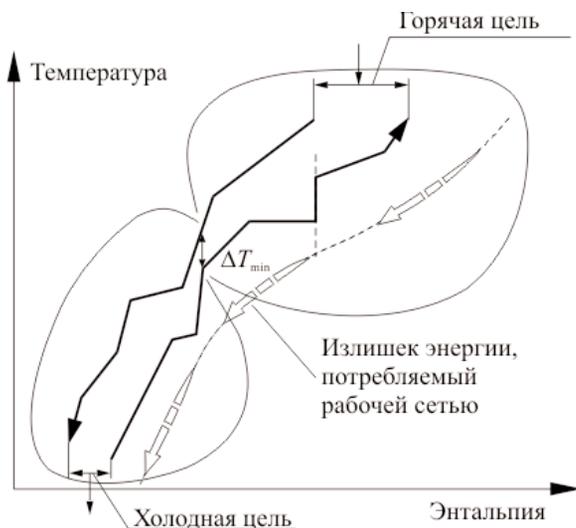


**Рис. В. Компромисс между инвестициями и стоимостью энергии**

$\Delta T_{min}$  выбирается из компромисса между общей стоимостью оборудования и стоимостью энергии (Рис. В).

Если наименьшее значение для  $\Delta T_{min}$  выбрано, то кривые могут быть сдвинуты так, что расстояние между ними по температурной оси будет равно  $\Delta T_{min}$ . Область на составных кривых, где это происходит, называется Пинчем.

Отрезок сверху диаграммы на Рис. С, вдоль которого составные кривые не перекрываются, показывает минимальную мощность, которая необходима для проведения рассматриваемого процесса. Если потребляемая процессом мощность больше необходимой, то излишек энергии через существующую теплообменную сеть просто передается от горячих энергоносителей к охлаждающим процессам без полезного использования.



**Рис. С. Теплота, переносимая поперек Пинча, эквивалентна излишку потребляемой энергии.**

То же самое можно сказать при увеличенном потреблении холодных энергоносителей.

Отсюда можно заключить, что в проектах, которые удовлетворяют энергетическим целям, отсутствует перенос энергии через Пинч. В проектах, не достигающих этих целей, существует энергетический поток поперек Пинча, соответствующий излишку потребления внешней энергии.

Это заключение является настолько же основополагающим, насколько и простым. Данное правило позволяет нам заменить трудоемкий процесс проектирования, осуществляемый перебором различных тепловых (рабочих) схем с целью оптимизации энергетического потребления, более простым «запрещением переноса энергии поперек Пинча».

Последнее достигается объединением потоков выше и ниже Пинча отдельно. В результате получаем почти очевидный путь проектирования рабочих сетей с минимальным потреблением энергии.

Другое заключение, вытекающее из Рис. С: поток излишней энергии приводит к завышенной стоимости проекта из-за увеличения теплопередающей емкости внешних энергоносителей, т.е. невыгодно иметь низкий уровень утилизации энергии; улучшение рекуперации теплоты приводит к сохранению денег. Это не совсем очевидно, т.к. возможно потребуются дополнительные кап. вложения в оборудование (особенно при модернизации производств).

Данный метод проектирования полностью основан на термодинамических законах и позволяет:

- Установить энергетические цели перед проектированием.
- Проектировать рабочие сети с минимальным потреблением энергии отдельно выше и ниже Пинча.
- Контролировать проект на каждом шаге развития.

Кроме того, Пинч-технология позволяет минимизировать теплообменную поверхность, минимизировать количество теплообменных единиц, оптимизировать перепад давления в сети и размещение силовых установок, минимизировать количество сточных вод и эмиссию углекислого газа.

При модернизации существующих производств методы Пинч-технологии позволяют максимально использовать уже установленное оборудование, но в новых рабочих сетях, что снижает инвестиции в реконструкцию.

Более того, методами Пинч-анализа можно определить стоимостной компромисс между всеми названными целями и капитальными вложениями при заданном времени окупаемости, которому и должен удовлетворять окончательный проект.

За последнее десятилетие университетом «UMIST» и членами научно-исследовательского консорциума UMIST-а выполнено более 2 600 проектов создания новых и модернизации действующих производств в различных отраслях промышленности и различных странах.

Некоторые результаты воплощения этих проектов приведены в таблицах 1-3 ниже.

## ЭКОНОМИКА И УПРАВЛЕНИЕ

**Таблица 1. Результаты применения Пинч-технологии в «UnionCarbide»**

Процесс	Тип проекта	Экономия за счет снижения энергетических затрат, \$/год	Кап. вложения, \$	Время окупаемости, мес
Нефтехимический	Модиф.	1 050 000	500 000	6
Специальной химии	Модиф.	139 000	57 000	5
— // —	Модиф.	82 000	6 000	1
Лицензионная установка	новый	1 300 000	экономия	—
Органической объемной химии	Модиф.	1 000 000	600 000	7
— // —	Модиф.	1 243 000	1 835 000	18
— // —	Модиф.	2 000 000	800 000	5
Спец. Химия	Модиф.	570 000	200 000	4

**Таблица 2. Результаты применения Пинч-технологии в «ICI»**

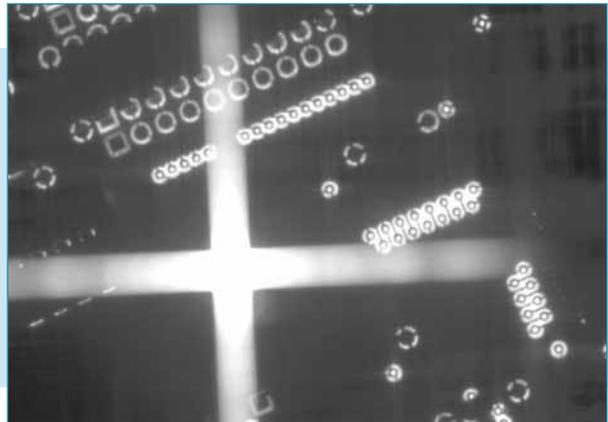
Процесс	Тип проекта	Экономия за счет снижения энергетических затрат, \$/год	Кап. вложения, \$
Объемной орг. химии	Новый	800 000	800 000
Спец. химии	— // —	1 600 000	экономия
Грубой переработки	Модиф.	1 200 000	— // —
Неорг. объемн. химии	Новый	320 000	— // —
Спец. химии	Модиф.	200 000	160 000
Новый завод	Новый	30—40%	30 % экономии
Не профильный	Модиф.	300 000	800 000
Нефтехимия	— // —	фаза I 2 000 000	600 000
		фаза II 200 000	1 200 000

**Таблица 3. Анализ применения Пинч-технологии в различных отраслях промышленности**

Отрасль	Экономия	Окупаемость проекта
Нефтехимия	40% от потребляемого топлива	10-24 месяца
Неорг. химия	30% общей энергии	9-16 месяцев
Химия	30% общей энергии	15 месяцев
Фармакология	20-40% общей энергии	2-2,5 года
Полимерная	25% + увеличение производительности	до 2,5 лет
Красители	15% общей энергии	15 месяцев
Металлургия	50% увеличение мощности	2 года
Пищевая	35% общей энергии	1 – 2 года

## АВТОМАТИЗАЦИЯ

**Забара В.И.**  
**Генеральный директор**  
**ООО НовоСофт**



# ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ И ЭНЕРГОУЧЕТ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ

### ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КУРС

Энергосбережение подразумевает снижение расхода (потерь) топливно-энергетических ресурсов на всех этапах, от добычи до утилизации. Сегодня энергосбережение стало особо актуально и будет актуально завтра.

В средствах массовой информации мы слышим о результатах проводимой работы по энергосбережению. В основном это работы, направленные на экономию топлива, расходуемого на получение электроэнергии. Безусловно, очень важно экономно расходовать топливо. Но ещё важнее — доставить произведенную энергию до потребителя без потерь.

По оценкам российских специалистов, изложенным в документе «Энергетическая стратегия России на период до 2020 года», «переход от паротурбинных тепловых электростанций на газе к парогазовым обеспечит повышение коэффициента полезного действия установок до 50 процентов». Оценки к.п.д. тепловых электростанций в их нынешнем состоянии колеблются от оптимистических 40% до скептических 25%. Исходя из этих оценок, любой школьник в состоянии посчитать, что 1% снижения потерь произведенной электроэнергии даст 2,5...4% экономии топлива для её получения.

В той же «Энергетической стратегии» говорится, что одной из мер, которые следует предпринять для снижения

потерь энергии, является «создание информационно-аналитической базы данных и организация мониторинга всех действующих систем для определения реальных затрат энергоресурсов, с последующей корректировкой (при необходимости) направлений развития».

Безусловно правильный вывод. Без обладания достоверными данными о текущем положении невозможно определить источник проблемы, выработать правильное направление развития, расставить приоритеты и определить первоочередные цели, правильно поставить текущие задачи и спланировать силы для выполнения. Ещё важнее наличие обратной связи — видеть, какую реальную пользу дают принятые меры, какова экономическая эффективность решений, т.е. иметь возможность скорректировать направление «главного удара». Для этого необходимо иметь систему энергоучёта.

### ПЕРВЫЕ ШАГИ

Для отслеживания потребления энергоресурсов используют электросчетчики. Для получения общей картины потребления, казалось бы, достаточно вовремя снять показания счетчиков и обработать полученные данные.

Однако здесь и заключена проблема, и состоит она, как обычно, в человеческом факторе. Практически невозможно обеспечить частый, одновременный и достоверный съём

&lt;&lt;66

рочного трансформатора, либо непосредственно перед моментом прокладки кабель должен находиться в помещении, которое обеспечит необходимый температурный режим. Если же при прокладке данное условие не выполнено, наружный и защитный покров кабеля лопается. Следующее не менее важное условие касается скорости прокладки кабеля. Она должна быть в пределах 0,6 км/ч – 1 км/ч и никак не более. При большей скорости резко увеличиваются риски механических повреждений кабеля, возникающие на сложных трассах при контактах с углами траншеи и при протяжке в трубы. Обращу особое внимание на то, что при укладке кабеля по трассе с крутыми поворотами необходимо использовать специальные ролики, предназначенные для протяжки кабеля. Если ролики не используются при повороте, страдает наружная оболочка кабеля. Также встречаются нарушения, связанные с несоблюдением минимально допустимого радиуса изгиба кабеля, который зависит от его диаметра. Например, для многожильного кабеля в свинцовой оболочке минимально допустимый радиус изгиба не должен быть меньше 15 наружных диаметров кабеля. При радиусе изгиба меньше положенного возможен надрыв изоляции, приводящий к электрическому пробоему на трассе. Надрыв изоляции также может произойти из-за изгиба кабеля при неправильном сматывании с барабана. Например, были случаи, когда разматывали кабель путем сбрасывания витков через щеку барабана, что привело к осевому закручиванию. Закрученный кабель пытались уложить в траншею, но только поломали его. Также был случай, когда разматывали кабель с барабана на неспециализированном оборудовании с большой скоростью, при этом витки ложились хаотично, что привело к изломам кабеля. Отдельно хоте-

83&gt;&gt;

ем показаний с множества точек учета, затем без ошибок ввести данные для обработки.

#### РЕШЕНИЕ – АВТОМАТИЗАЦИЯ

Для организации постоянного мониторинга систем электроснабжения в настоящее время применяют различные автоматизированные системы управления технологическим процессом (АСУТП). При правильном построении такие системы позволяют решить не одну, а несколько задач:

- 1 Автоматический сбор текущих значений генерации и потребления энергоресурсов и регистрация с привязкой ко времени;
- 2 Контроль превышений установленных норм и сигнализация о превышении;
- 3 Текущие расчеты суммарного потребления энергоресурсов по отдельным потребителям и системе в целом, расчеты балансов получаемой и отпускаемой энергии;
- 4 Подготовка и вывод отчетов о расходовании энергоресурсов за заданный интервал времени: за сутки, неделю, месяц и т.п.
- 5 Подбор и визуализация сравнительных данных для анализа изменения ситуации после проведения мероприятий по энергосбережению.

#### КОНТРОЛЬ

Основой любой автоматизированной системы является автоматический и непрерывный сбор данных. Если человека к каждому счетчику поставить невозможно, то автоматика может обеспечить считывание показаний множества счетчиков каждые 5 минут. На основе этих показаний могут быть рассчитаны производные параметры, например, потребляемая мощность. Постоянный контроль за мощностью (выполняемый также автоматически), может выявить нарушения режима энергопотребления и вовремя принять меры к нарушителям, что позволит получить немедленную отдачу в виде улучшения качества электроснабжения по системе в целом. Этот же постоянный контроль также поможет выявить моменты банального воровства электроэнергии.

#### БАЛАНС

Не менее важной задачей является определение участка, на котором происходят потери. Для этого применяют расчет баланса полученной и отпущенной энергии, например, баланс по электрической подстанции. Для точного расчета баланса исходные данные должны быть сняты с минимальной разбежкой по времени. Это может обеспечить только автоматизированная система.

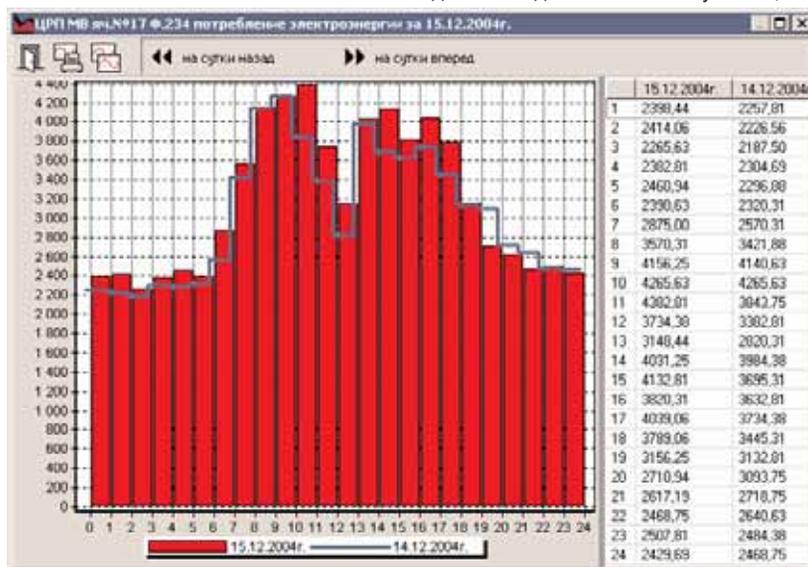
Практика показывает, что поначалу баланс, как правило, не сходится. Причиной этого могут быть как реальные потери, так и неисправность приборов учета. Автоматизированная система помогает выявить такие неисправные приборы на основе анализа других параметров, контролируемых системой. На практике были случаи, когда обнаруживали неисправные, «тормозящие» электросчетчики, проанализировав значения токов, протекающих по фидерам. И хотя неисправный счетчик нельзя отнести к потерям энергии, но уж точно он приводит к потерям денежным.

Анализ данных потребления энергии по отдельным потребителям позволяет выявить и другие ситуации, отрицательно сказывающиеся на общем балансе. Например, медленно меняющиеся показания счетчика помогают найти несоответствующие току нагрузки измерительные трансформаторы. Рассчитанный на большие токи трансформатор, работая практически на холостом ходу, даёт большую погрешность, позволяя порой потреблять энергию практически бесплатно. Простая замена трансформатора позволяет улучшить баланс и учет.

#### АНАЛИЗ

После решения локальных вопросов метрологии автоматизированная система становится мощным аналитическим инструментом. Ежедневно и ежечасно накапливаемые данные позволяют воссоздать общую картину потребления энергоресурсов в целом по системе и по отдельным потребителям, проанализировать суточные

графики потребления, ход месячного потребления. Например, анализ суточных графиков позволяет обнаружить крупных промышленных потребителей, включающих своё оборудование в начале рабочего дня (порой с превышением лимитов мощности). Так, на приведенной ниже картинке виден подъём потребления в 8 часов утра, обеденный провал около 13 часов и спад по окончании рабочего дня.



Иногда бывает достаточно провести переговоры с руководством предприятий-потребителей, чтобы разнести пиковые нагрузки во времени, обеспечив тем самым более оптимальную загрузку энергосистемы.

### ВЫВОДЫ

Для эффективного контроля и управления энергосбережением современная система тепло- и электроснабжения должна быть оборудована автоматизированной системой управления.

АСУТП наряду с текущим контролем параметров должна обеспечивать сбор и накопление данных по энергопотреблению.

Для контроля и самоконтроля система должна обеспечивать текущие расчеты балансов по различным параметрам, включая энергопотребление.

АСУТП должна обеспечивать конечного пользователя средствами наглядного и информативного представления накопленной информации

для анализа и принятия решений по совершенствованию энергосберегающих технологий.

### ПОСТРОЕНИЕ СИСТЕМЫ ЭНЕРГОУЧЕТА

Построение системы энергоучёта начинают со сбора информации на контролируемых объектах, обычно подстанциях. Часто на них уже стоит одна из систем телемеханики и передаёт свои данные по каналу связи, по-

рой единственному. Добавить сюда ещё и систему энергоучёта невозможно. В данной ситуации есть только один выход — интеграция энергоучёта с телемеханикой.

Такую возможность предоставляет программно-технический комплекс (ПТК) АРКОНА. Контроллеры ВАРИКОНТ, применяемые в ПТК АРКОНА, позволяют вести сбор данных (теле-сигнализации и телеизмерений) и одновременно получать данные от приборов энергоучёта. Данные для энергоучёта поступают в контроллер ВАРИКОНТ либо напрямую от цифровых электросчётчиков, либо через УСПД (устройства сбора и передачи данных). Передача всех собранных данных на верхний уровень происходит по единому каналу связи. Модем, встроенный в контроллер ВАРИКОНТ, позволяет работать с различными каналами связи (ВЧ-каналы, выделенные линии, радиоканал и др.). На

лось бы обратить внимание на правильное хранение кабеля на барабанах. Барабаны всегда должны находиться в вертикальном положении, в противном случае, если кабель плохо закреплен, происходит опадание витков вдоль оси барабана, и при размотке один виток пойдет из-под другого, в результате чего произойдет механическое повреждение кабеля. Данное правило касается не только кабелей с бумажнопропитанной изоляцией, но и всех видов кабелей. Помимо этого, не всегда соблюдаются правила монтажа кабеля, связанные с герметизацией концов разделанного кабеля. Монтаж кабеля следует производить сразу после его разделки во избежание попадания влаги, которая, проникнув в незагерметизированный конец кабеля, способна привести к электрическому пробоя на участке соединения. Поэтому, если разделанный кабель нет возможности смонтировать сразу же после разделки, необходимо произвести герметизацию концов кабеля. В заключение отмечу, что, соблюдая вышеуказанные несложные требования к прокладке кабелей с бумажнопропитанной изоляцией, вы существенно снизите вероятность повреждения кабеля и обеспечите надежное функционирование электросети.

[www.eprussia.ru](http://www.eprussia.ru)

### ТУРБОГЕНЕРАТОР В КАЧЕСТВЕ РАЗГОННОГО СИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ

ТПЧ является принципиально новым изделием, не имеющим аналогов в России. Новый преобразователь существенно отличается от своего предшественника — преобразователя частоты для станций серии ГТЭ-009М. Для него разработана конструкция трехстолбового силового

&lt;&lt;83

блока, безиндуктивная силовая ошиновка, в одном конструктиве совмещены силовые блоки и звено постоянного тока. Эти решения были приняты разработчиками с целью увеличения надежности изделия, увеличения допустимого значения кратковременного тока, уменьшения габаритных размеров изделия. Работа по разработке и сборке ТПЧ велась параллельно, поэтому головной образец в ближайшие дни будет поставлен на испытания. После испытаний изделие выйдет на серию. Тиристорный преобразователь частоты ТПЧ — 2900/12500 используется совместно с синхронным генератором ТФЭ-10-2(3Х2)6000 в составе ГТ ТЭЦ-009М и ГТ ТЭЦ-009МЭ и предназначен для: — преобразования напряжения статорной обмотки турбогенератора частотой 101,6Гц в напряжение промышленной частоты 50Гц; — пуска газотурбинного агрегата, при котором синхронный турбогенератор используется в качестве разгонного синхронного двигателя; — длительной прокрутки вала газотурбинного агрегата на пониженных оборотах.

www.advis.ru

### НОВАЯ ВЕРСИЯ САПР ДЛЯ «ТОЛЬЯТТИНСКОГО ТРАНСФОРМАТОРА»

«Аскон» представил новую версию САПР технологических процессов «Вертикаль V2». Очередная версия системы обеспечивает включение всех специалистов по технологической подготовке производства в единое информационное пространство предприятия. Новая «Вертикаль» создана на основе собственных разработок компании в области технологического проектирования, хранения и обработки информации. В «Вертикаль V2» разработчики добавили много новых сервисов для авто-

87&gt;&gt;

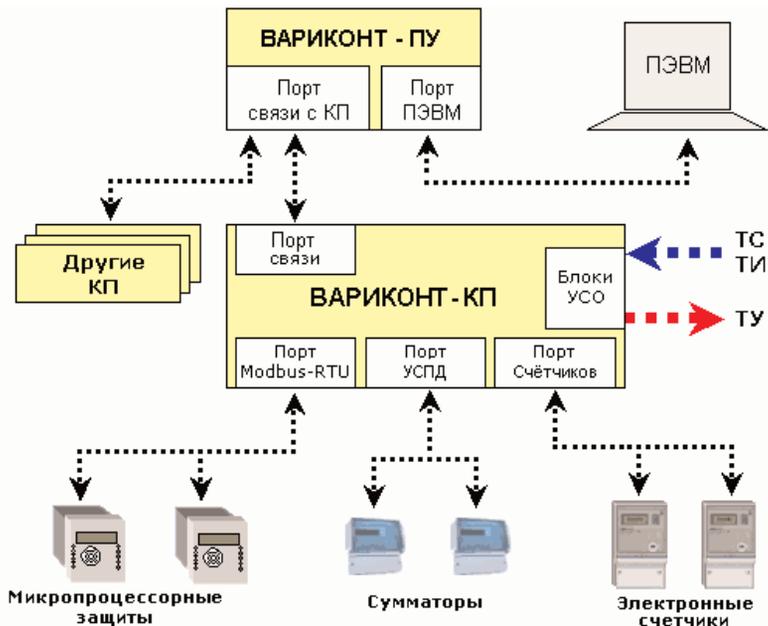
ПЭВМ диспетчера информация энергоучёта отображается на схеме соответствующего объекта вместе с данными телемеханики. Кроме показателей приборов учёта на схему выводят расчётные параметры, такие как мощность и баланс по подстанции.

Контроллеры ВАРИКОНТ — это многофункциональные контроллеры, которые применяют для построения как КП, так и ПУ. Каждый контроллер содержит набор портов, выполняющих заданную функцию, например, порт ввода дискретных сигналов, порт модема для связи с ПУ, порт связи с УСПД и т.д. Набор портов может быть любым. Их настройка осуществляется с помощью программы-конфигуратора. Контроллер может принимать данные от УСПД, цифровых счётчиков и защит одновременно. Каждое устройство подключается к своему порту.

Примерная структурная схема построения системы сбора данных с приборов энергоучёта:

петчер опроса» посылает на КП запрос статистики. Контроллер КП обращается к прибору учёта и передаёт его ответ на верхний уровень, где данные накапливаются в базе данных. Так происходит автоматический опрос всех точек учёта. После скачивания всех данных, оператор может проводить их анализ и создавать отчёты. Именно статистические данные позволяют строить систему коммерческого учёта электроэнергии. Для построения такой системы рекомендуется все электросчётчики подключать через коммерчески сертифицированные УСПД.

Таким образом, объединение в одном комплексе функций классической телемеханики с функциями энергоучёта позволяют строить действительно комплексные системы, позволяющие полностью контролировать распределительные электросети. Этот подход предоставляет возможность взаимного контроля приборов учёта и измерителей динамических парамет-



Контроллер КП периодически считывает текущие показания с приборов учёта. Для построения системы энергоучёта необходимы ещё и статистические данные, показывающие расход за период времени. Для этого на ПЭВМ верхнего уровня работает пакет программ АСКУЭ. Программа «Дис-

ров. В результате получается более чёткая и достоверная картина текущего состояния и истории контролируемой системы, на основе которой можно выявлять слабые места и принимать точные решения по развитию.



## ОПЫТ ПРОИЗВОДСТВА ТЕПЛОИЗОЛЯЦИИ ДЛЯ РОССИИ

За последнее десятилетие в России, как и во всем мире, значительно возросли требования к качеству строительства. Основными критериями качества для возводимых зданий и сооружений являются энергоэффективность, долговечность и экологическая безопасность.

С учетом положительного опыта зарубежных стран, расположенных в схожих климатических зонах, в России были повышены требования к теплоизолирующей способности ограждающих конструкций зданий, разработаны новые нормы по применению в строительстве современных технологий и материалов, позволяющих снизить теплопотери, ужесточены нормы по тепловой изоляции трубопроводов.

Процесс ужесточения норм по энергоэффективности был отражен в целом комплексе законов и иных документов. Это закон РФ «Об энергосбережении», Федеральная целевая программа «Энергосбережение России» на период до 2005 г., изменения N1 к СНиПу 41-03.2003 «Тепловая изоляция оборудования и трубопроводов» и СНиПу 23-02-2003 «Тепловая защита зданий».

Проделать такую внушительную законотворческую работу государственные структуры вынудил тот факт, что экономика России все еще далека от подлинно рационального энергопользования. Для наглядности приведем статистические данные по эффективности систем отопления:

в целом по России суммарный расход тепловой энергии составляет 74 кг условного топлива на квадратный метр в год, а в странах Скандинавии, где климат не менее суров, эти цифры меньше в четыре раза (18 кг у. т./м<sup>2</sup>\*год)!

В условиях растущих цен на энергоносители и сложной экологической обстановки это отставание приобретает все более острый и драматический характер. Разрешить сложившуюся ситуацию можно только развивая передовые технологии строительства и реконструкции зданий. Одним из путей повышения энергоэффективности сооружений является применение современных теплоизоляционных материалов.

Мировая практика показала, что для качественной теплоизоляции зданий наиболее оптимальным является применение минераловатных утеплителей, сочетающих как высокие потребительские качества (низкий коэффициент теплопередачи, водостойкость, долговечность, удобство монтажа), так и безопасность, экологическую и пожарную. По данным Госстроя РФ, структура потребления теплоизоляционных материалов в России такова, что большая часть (65%) приходится именно на минераловатные утеплители. Подобное распределение наблюдается и в других цивилизованных странах.

Однако в условиях строительного бума последних лет в России строительные и подрядные организации столкнулись

## ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ



с проблемой дефицита качественных и доступных минераловатных утеплителей. По расчетам специалистов к 2010 г. годовая потребность в утеплителях только для жилищного строительства может достичь 25-30 млн м<sup>3</sup>, в то время как существующие мощности страны по всем видам теплоизоляционных материалов составляют менее 20 млн м<sup>3</sup>.

В частности, на территории России действует менее 100 предприятий и цехов по производству минераловатной теплоизоляции с суммарной проектной мощностью не более 15 млн м<sup>3</sup>. При этом степень износа некоторых из них достигает 50%. Кроме того, ассортимент большинства из этих предприятий (минераловатные плиты на битумном связующем, перлитобитумные плиты и др.) устарел и не соответствует современным требованиям.

Подобное отставание тем более достойно сожаления, что одна из технологий производства минерального волокна из базальта была разработана в СССР, а самая ранняя научная публикация по базальтовым волокнам принадлежит отечественным ученым (А. Я. Школьников и др., 1954 г.). Кроме того, Россия обладает уникальным сочетанием практически неограниченных запасов высококачественного базальта (основы для производства современных минераловатных утеплителей) и относительно дешевых энергоресурсов.

Надо сказать, что в последнее время активизировались отечественные исследования, направленные на совершенствование технологий переработки базальтовых расплавов. Вот точка зрения кандидата геолого-минералогических наук А. Н. Земцова, председателя научно-технического совета некоммерческого партнерства «Базальтовые технологии»: «Представляется, что работы в области изучения расплавов базальтовых пород и получения из них волокнистых материалов с заданными свойствами позволят по-

лучить отечественной промышленности и прикладной науке контроль над значительным по объему и потенциальной стоимости блоком интеллектуальной собственности:».

На сегодняшний день одной из актуальнейших проблем производства минераловатных утеплителей в России остается весьма невысокий уровень энергоэффективности используемых технологий и оборудования. Исследования ОАО «Теплопроект» показали, что на отечественных предприятиях при плавлении базальта средний расход энергии составляет 15 МДж/кг, в то время как у ведущих мировых производителей этот показатель существенно ниже. Так, на европейских предприятиях концерна Rockwool расход энергии равен одному мегаватту в час на тонну расплава, то есть 3,6 МДж/кг. Такая разница в энергопотреблении свидетельствует об удручающей неэффективности работы устаревших плавильных агрегатов.

По мнению специалистов ОАО «Теплопроект», «первоочередной задачей перевооружения российских минераловатных заводов является замена морально устаревших центробежно-дутьевых одновалковых центрифуг для переработки расплава в волокно на четырехвалковые. Замену устаревших камер тепловой обработки на современные. Для обеспечения потребности сегодняшнего дня перспективного развития энергоэффективного строительства необходимо произвести модернизацию производств, их расширение и строительство новых линий и заводов».

Однако переоснащение и модернизация производства, усовершенствование технологических процессов и внедрение инноваций требуют значительных капиталовложений. Причем, основными источниками финансирования строительства новых и модернизации старых производственных

мощностей должны стать внебюджетные средства, то есть инвестиции коммерческих компаний.

Наиболее дальновидные крупные мировые производители уже сейчас активно инвестируют в производство утеплителей из минеральной ваты в России.

Характерным примером таких удачных инвестиций может послужить организация в 1999 г. концерном Rockwool (Дания) собственного российского предприятия в г. Железнодорожном Московской области. На приобретенном заводе была проведена модернизация. По современным технологиям, ориентируясь на европейские стандарты и системы многоступенчатого контроля качества, было налажено производство широкого спектра теплоизоляционных материалов из минеральной ваты на основе горных пород базальтовой группы.

Производство состоит из следующих операций: подготовка сырьевых материалов, плавление сырья и получение расплава, переработка минерального расплава и волокна, осаждения ваты (волокон), формирование минераловатного ковра. В процессе производства расплавленная порода превращается в тончайшие волокна, затем добавляются связующее вещество и водоотталкивающий компонент. Волокна в минераловатной теплоизоляции, полученной по этой технологии, расположены хаотично, в горизонтальном и вертикальном направлении, под различными углами друг к другу. Такое расположение волокон определяет высокие теплоизоляционные свойства продукции.

Стабильность показателей качества теплоизоляционных материалов гарантируется многоуровневой системой контроля, включающей в себя входной и выходной контроль сырья и продукции, пооперационный контроль технологического процесса, текущий контроль качества в ходе производства, периодическую проверку качества независимыми экспертными лабораториями.

Продукция, выпускаемая компанией, разработана с учетом специфических российских условий (в частности, может применяться в любой климатической зоне нашей страны), сертифицирована российскими контролирующими органами. В ряду данных материалов можно отметить созданные для изоляции трубопроводов различного назначения цилиндры и маты Тех Мат, позволяющие решать несомненно важную задачу повышения энергоэффективности и надежности отечественных коммунальных сетей.

Стоит отметить, что по оценкам Госстроя России лишь за 8 месяцев прошлого года производство минераловатных изделий выросло почти на треть, во многом благодаря инвестициям зарубежных партнеров в предприятия комплекса.

Еще одним положительным моментом иностранных инвестиций в российское производство минераловатных утеплителей стало повышение общей культуры производства и экологической культуры. Именно на предприятиях с участием зарубежных инвесторов вводится система экологического менеджмента и аудита, способствующая не только минимизации ущерба для окружающей среды, но и выработке наиболее эффективного управления производством. Таким образом, эти предприятия служат своеобразными эталонами экологически и экономически корректной промышленности.

Подводя итог, можно смело сказать, что, несмотря на трудности переходного периода, отрасль интенсивно развивается. Это происходит во многом благодаря тому, что на российский рынок пришли крупнейшие мировые производители, способные качественно преобразовать местные устаревшие производства, сделать их рентабельными и конкурентоспособными. Их активная инвестиционная и инновационная деятельность способствует активизации и модернизации производств и, в конечном счете, росту экономики России.

*Пресс-служба компании Rockwool Russia*

матизации процессов разработки технологий и нормирования материальных и трудовых ресурсов. Новый продукт предусматривает интеграцию с другими брендами «Аскона» — системой трехмерного моделирования «Компас-3D» и системой управления инженерными данными «Лоцман:PLM». Новый программный продукт начали использовать ФГУП ПО «Севмаш» — государственный центр отечественного атомного судостроения, а также ООО «Тольяттинский Трансформатор» — крупнейший производитель электротехнического оборудования в России и странах СНГ.

[www.cnews.ru](http://www.cnews.ru)

### **СОБСТВЕННОЕ ПРОИЗВОДСТВО ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ**

Открытый в компании ЗАО НПП «ЭнергопромСервис» в начале июня 2006 г. Производственно-логистический центр (ПЛЦ) по изготовлению низковольтных комплектных устройств (НКУ) отмечает промежуточные итоги своей деятельности. За неполные 6 месяцев работы ПЛЦ были произведены различные НКУ для Саяно-Шушенской ГЭС им. П.С. Непоного, для Алтайвагона, для ЦОФ Беловская (ОАО «БЕЛОН»). В настоящее время, отмечает пресс-служба ЗАО НПП «ЭнергопромСервис», ведутся работы по производству НКУ для Волжской МРК и для ГТ-ТЭЦ Энерго. Таким образом, одним из приоритетных направлений деятельности компании ЭНПРО стало собственное производство оборудования для автоматизированных систем. Необходимость создания ПЛЦ была продиктована как собственными потребностями компании ЭНПРО, так и сложившимися условиями на

## СОВЕТЫ ПРОФЕССИОНАЛОВ



**Александр Шумов  
Георгий Парусов  
компания «АТ-  
Электроникс»**

# ПРАВИЛЬНЫЙ ВЫБОР РЕЛЕ ДЛЯ ИНТЕРФЕЙСОВ ПРОМЫШЛЕННОЙ АВТОМАТИКИ

*Промышленной автоматике требуются реле, то есть дистанционные переключатели с гальванической развязкой входа и выхода. Реле должны коммутировать разнообразные нагрузки, начиная от аналоговых цепей и заканчивая киловаттами в системах управления промышленными процессами. У инженеров есть выбор между электромагнитным и твердотельным реле, а предпочтение отдается на основании опыта при наличии модных тенденций.*

*Исторически электромагнитные реле появились первыми и эволюционировали более 40 лет до открытия полупроводников. В середине 60-х полупроводниковые (они же твердотельные, Solid-State Relays, SSR) реле стали конкурировать с традиционными, но эволюция электромагнитных реле не остановилась. К началу XXI века выбор в пользу полупроводниковых реле почти гарантирован, когда речь идет о коммутации слабых сигналов в телефонии, но для управления «типично промышленными» нагрузками достоинства полупроводников уже не столь очевидны.*

*Целью статьи является сравнение нескольких важных показателей качества для электромагнитных и твердотельных реле. Для промышленной автоматики важны качественные показатели, габариты и цена, поэтому при разработке дискретных интерфейсов обязательно надо правильно подобрать подходящий ключ, то есть реле.*

В промышленной автоматике реле можно найти на каждом шагу, несмотря на то, что типовым узлом автоматики стали программируемые контроллеры, а потому эпоха релейной автоматики подошла к концу. Но реле незаменимы для управления нагрузками, поэтому в интерфейсных платах контроллеров в качестве мощных дискретных ключей применяют и электромагнитные, и полупроводниковые реле. От интерфейсных реле требуется способность коммутации нагрузок на переменном и постоянном токе напряжением от 12 до 220 VAC/DC при силе тока от единиц миллиампер до 10-15 А. Конструктивно реле должны впаиваться в печатную плату и занимать на ней как можно меньше места. В одном интерфейсном модуле иногда ставят 16-32 реле, набирая их группами по 8 штук, согласно байтовой структуре бинарной логики. Вот, собственно, и вся постановка задачи, для решения которой надо ответственно подойти к выбору реле.

Для сравнения столь разных по принципу действия устройств, как электромеханическое и твердотельное реле, необходимо задаться универсальными и удобными для инженеров характеристиками реле. Посмотрим на следующие четыре параметра, перечисленных в порядке их важности для разработчика интерфейсов промышленной автоматики.

# СОВЕТЫ ПРОФЕССИОНАЛОВ

Параметр	Что означает и почему важен для инженера
<b>Удельная мощность коммутации</b> $P_u = P_k / V_{\text{реле}}$ [ватт/см <sup>3</sup> ]; $P_k$ - коммутируемая мощность, $V_{\text{реле}}$ - объем корпуса реле (включая радиатор охлаждения для SSR)	Определяет габариты будущего устройства, потому что коммутируемая мощность и количество управляемых устройств строго указаны в техническом задании, а объем оборудования напрямую зависит от удельной мощности коммутации каждого реле
<b>Сопротивление контакта и потери на контактом элементе</b> при номинальном токе коммутации [Ом или W потерь]	Габариты оборудования и способность коммутационных элементов работать без принудительного охлаждения в заданном диапазоне температур окружающей среды. Для промышленной автоматики характерна работа при температуре до +50...70 С. Если включенное реле греется, то это вносит дополнительный перегрев как самого реле, так и окружающей техники
<b>КПД</b> = $(P_k - W_{\text{потерь}}) / P_k$ [%]	Экономический фактор. При низком КПД и мощных нагрузках требуются устройства охлаждения и увеличиваются размеры корпусов оборудования
<b>Мощность управления</b> $P_{\text{упр}}$ [W], мощность, необходимая для включения реле	С выхода микропроцессора невозможно отнять большую мощность для включения коммутационного элемента. Чем меньше мощность на управляющем входе, тем проще сопряжение с электроникой

Эти параметры достоверно отражают качество мощного реле и не зависят от его принципа работы. Заранее полагаем, что читатель уже встречался как с хорошими, так и с ненадежными компонентами, поэтому проблемы сравнительной надежности мы здесь обсуждать не будем.

Перед написанием статьи для проведения испытаний были подобраны несколько типов электромагнитных и полупроводниковых реле. Критерием отбора служили высокое качество, низкая цена и доступность для российских разработчиков (хорошие, но недоступные реле неинтересны для инженера и его снабженца, да и кто выдержит срок поставки в 15 недель?). Всем поставленным

требованиям отвечают электромагнитные реле фирмы RELPOL и твердотельные реле уверенно присутствующей на российском рынке фирмы SHARP (симисторные реле). Эти реле допускают пайку в печатную плату и отвечают всем требованиям промышленных стандартов. Конечно, интересно было бы протестировать более широкий набор реле, но предлагаемый метод анализа прост и инженер сам может подвергнуть анализу все интересные его реле.

Посмотрим в таблицы. Все каталожные параметры уже внесены и нужные данные рассчитаны, так что анализ будет прост, как никогда.

## Электромагнитные реле RELPOL

Тип реле	Мощность цепи управления	Ток контакта (коммутации)	Сопротивление контакта	Размеры, мм	Объем, см <sup>3</sup>	Удельная мощность коммутации, ватт/см <sup>3</sup>	КПД, %	Требуется охлаждение?
RM 96	0,2 W	8 A	менее 5 мОм - новое, порядка 50 мОм в конце эксплуатации	28x10x16	4,5	390	99,9	нет
RM 85	0,4 W	16 A		29x13x16	6	590	99,9	нет

## Полупроводниковые реле SHARP (активный элемент - симистор)

Тип реле	Мощность цепи управления	Ток контакта (коммутации)	Сопротивление контакта	Размеры, мм	Объем, см <sup>3</sup>	Удельная мощность коммутации, ватт/см <sup>3</sup>	КПД, %	Требуется охлаждение?
S202S E1	15 мА (ток входа)	8 A	1,7 V - напряжение падения на открытом ключе	18x25x6	2,7	60 (с учетом объема радиатора охлаждения)		да, радиатор площадь ю не менее 50 см <sup>2</sup>

## СОВЕТЫ ПРОФЕССИОНАЛОВ

Приведенные параметры необходимы для системной оценки и предварительного выбора реле, но для полной проработки проекта инженеру будет нужна дополнительная информация. Следующая таблица - перечень достоинств и недостатков. На основе их сравнения можно уже сделать обоснованный вывод по применимости в интерфейсах твердотельных или электромагнитных реле. Этот вывод

приходится делать и с точки зрения техники, и с точки зрения экономики (заказчик, увы, морально несовершенен и все время норовит спросить «а сколько такое стоит?»). Напомним, что мы интересуемся реле для промышленной автоматике, так что разработчиков космической техники просим творчески адаптировать наши выводы для своих условий работы.

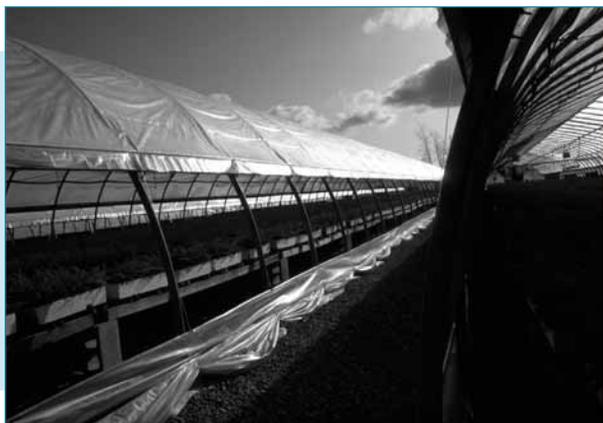
	Электромагнитные реле	Полупроводниковые реле
Удельная мощность коммутации	Предельно высокая, намного лучше, чем у полупроводниковых реле. Например, для реле RM85 получается более 700 W/cm <sup>3</sup>	Само реле SSR может быть маленьким, но радиатор для охлаждения все равно требуется. При применении радиаторов удельная мощность не бывает более 20 W/cm <sup>3</sup> . Габаритные размеры SSR оказываются большими! Для SSR стандарта SHARP, коммутирующего 220 VAC/5A, удельная мощность получается менее 40-60 W/cm <sup>3</sup>
Сопротивление контакта и потери на контактом элементе	Минимальные, в большинстве случаев потерями можно пренебречь. При коммутации тока 16 А на катушке и контактах реле в целом выделяется не более 2,5 W тепла	Потери большие, симисторное реле рассеивает 1,5 W на 1 ампер коммутируемого тока (например: 5 А в нагрузке → 7,5 W потерь, 16 А в нагрузке → 24 W потерь)
КПД	Очень высокий, охлаждение реле можно не предусматривать. Высокий КПД дает возможность надежной работы реле при температуре среды до +70-80 °C	Например: ток нагрузки 8 А, напряжение 220 VAC, итоговая мощность коммутации - 1760 W. Потери: (см. выше) - 12 W, КПД = 99,3%, но надо обязательно отвести от корпуса реле 12 W. Тепловые потери к тому же сильно ограничивают температурный диапазон работы SSR!
Мощность управления	На уровне 0,2 ... 0,7 W, что равнозначно току управления в пределах 8 ... 30 mA	Ток управления (включения) не более 15-20 mA
Габаритные размеры	Очень малые, на печатной плате электромагнитные реле занимают минимум места	Габариты SSR сами по себе маленькие, но при коммутации токов свыше 1,5-2 А требуются просторные корпуса для улучшения охлаждения. Радиаторы для охлаждения SSR затрудняют размещение этих реле на печатных платах
Необходимость охлаждения	Отсутствует! В настоящее время доступны электромагнитные реле RM85, работающие при токе контактов до 16 А при температуре воздуха до +105 °C, есть и дешевые реле для работы при +125 °C (для духовок и сушильных шкафов)	При коммутации тока более 1,5 А требуется принимать меры по охлаждению SSR. При нагреве SSR свыше +50 °C их коммутационная способность снижается на 10-15% на каждые 10 °C перегрева
Устойчивость к коротким замыканиям в нагрузке	Без проблем, реле RM96 с контактами на 8 А устойчиво к перегрузкам по току до 100 А при длительности перегрузки 100-150 мс	Хорошая, но надо помнить, что для SSR нормируются импульсные перегрузки по току длительностью 40 мс (2 периода сети)
Возможность коммутации AC/DC или напряжений любой полярности	Контакт реле коммутирует одинаково хорошо AC и DC, но есть ограничения по токам разрыва при коммутации высоковольтных (> 60 VDC) нагрузок на DC	SSR не коммутируют постоянный ток, для этих целей необходимы транзисторы или PhotoMOS реле, но там есть неприятная проблема с высокой ценой
Возможность коммутации малых токов (1...10 mA)	Без проблем, правда, с некоторыми ограничениями при токах менее 5 mA, хотя реле с позолоченными контактами стоит недорого	Большинство SSR не гарантируют уверенной работы с нагрузками менее 10-15 mA. Внимательно ознакомьтесь с каталогом!

## СОВЕТЫ ПРОФЕССИОНАЛОВ

	Электромагнитные реле	Полупроводниковые реле
Коммутация нагрузки в «0» сетевого напряжения (полезно для емкостных нагрузок и ламп накаливания)	Не предусмотрена (хотя есть простые и надежные схемы для синхронизации включения и выключения реле в моменты перехода сетевого напряжения через «0»)	Без проблем! Это - так называемые Zero Crossing SSR, ZCSSR (но помним, что коммерческие дешевые ZCSSR считают «0» в сети уровень напряжения 20-30 V)
Коммутация индуктивных нагрузок и электромоторов	Нагрузочная способность быстро падает с ростом cos нагрузки. Реле с контактами 8 А при напряжении 220 VAC способно включать и выключать электродвигатели мощностью не более 150...300 VA	SSR хорошо коммутируют электромоторы, но при этом их рабочий ток падает до 30% от номинального (написанного на корпусе реле) - это следствие перегрузок при включении моторов
Чувствительность к скорости нарастания тока в нагрузке	Отсутствует!	Имеется, при высокой скорости нарастания тока SSR и особенно ZCSSR может самопроизвольно переключаться (выключаться), создавая большие помехи и неустойчивость в работе. Здесь помогают защитные RC-цепочки
Экономическая эффективность	Очень высокая, для реле RM96 менее 0,001 USD/kW коммутируемой мощности	У самого SSR высокая (порядка 0,005 USD/kW), но радиатор охлаждения и занимаемое в корпусе прибора место стоят денег
Первоначальные затраты	Низкие, реле стоит дешево, места на плате занимает мало, радиатора охлаждения не требует	SSR дороже и требует более внимательной конструктивной проработки как печатной платы, так и всего проекта в целом (объем корпуса, температурный режим окружающих компонентов и т.д.)
Обслуживание и старение	Гарантированный заводом ресурс RM96 составляет 300000 коммутаций при токе 8 А, типовое значение: 500000 коммутаций. Но эффект износа есть, что важно для оборудования, планируемого для работы более 15 лет	Формально старения параметров SSR нет. Для коммерческих SSR в пластиковых корпусах время жизни составляет 15-25 лет, далее сильно деградирует пластиковый корпус и падает надежность (учтем, что SSR постоянно работает при перегреве корпуса свыше 70 °C).
Частота переключений	Есть сложности! При высокой частоте переключений ускоряется износ механики реле	Нет никаких проблем! Этот параметр - решающий для тех, кому требуется коммутировать нагрузки чаще 1 раза в 5-10 секунд
Необходимость защиты контактов	RC-цепочка или VRC-цепочка, установленные параллельно нагрузке или контактам реле, существенно повышают ресурс при работе с индуктивными нагрузками	SSR требует тщательной защиты от импульсных перенапряжений. Обычно для этих целей применяются варисторы или RC-цепочки
Бесшумность	Щелчок при включении реле хотя и слабый, но слышимый	Полностью бесшумная работа, иногда имеет решающую роль при выборе реле (например, оборудование для больниц)

Теперь можно однозначно и без посторонней помощи подобрать реле для устройств промышленной автоматики.

## ВЫСТАВКИ



## КАЛЕНДАРЬ ВЫСТАВОК

### **AQUA-THERM - 2007**

11-я Международная специализированная выставка  
Дата проведения: 27.02.2007-02.03.2007

Организатор(ы): MSI

Место проведения: Москва, Экспоцентр на Красной Пресне, павильоны №1 и №2.

Выставка «AQUA-THERM» ежегодно демонстрирует новые достижения в области отопительной техники, систем контроля и подачи воды, насосного оборудования, оборудования для бассейнов и саун. Выставка ориентирована на удовлетворение потребностей как различных областей промышленности, так и индивидуальных потребителей.

#### **Основные тематические разделы:**

Автоматизация, Вентиляция, Водоочистка, Водоподготовка, Водоснабжение, Водоотведение, Воздухоочистка, Газоснабжение, Канализация, Кондиционирование, Оборудование и материалы, Отопление, Сантехника, Тепло- и холодоснабжение, Экологический контроль.

### **САВEX (КАБЕЛИ, ПРОВОДА И АКСЕССУАРЫ) - 2007**

6-я Международная специализированная выставка кабелей, проводов, соединительной арматуры, техники прокладки и монтажа кабельно-проводниковой продукции

Дата проведения: 13.03.2007-16.03.2007

Место проведения: Москва, КВЦ «Сокольники».

#### **Организаторы:**

Выставочный холдинг MVK

Всероссийский научно-исследовательский институт кабельной промышленности (ВНИИКП)

Ассоциация «Электрокабель»

#### **Основные тематические разделы:**

- ✓ Кабели
- ✓ Кабели силовые
- ✓ Для стационарной прокладки на низкое, среднее и высокое напряжение

# ВЫСТАВКИ

- ✓ Кабели для добычи нефти
- ✓ Кабели управления
- ✓ Кабели контрольные
- ✓ Кабели сигнально-блокировочные
- ✓ Кабели связи
- ✓ Кабели специального назначения
- ✓ Кабели радиационностойкие для применения на объектах атомной энергетики
- ✓ Провода
  - ✓ Провода для воздушных линий электропередач
  - ✓ Неизолированные, самонесущие изолированные
  - ✓ Провода силовые
- ✓ Аксессуары
  - Концевые и соединительные муфты для силовых кабелей низкого, среднего и высокого напряжения наружной и внутренней установки, переходные муфты для соединения кабелей с различными типами изоляции, кабельные вводы в трансформаторы и распределительные устройства, соединительная арматура кабелей с медной жилой, техника соединения волоконно-оптических комплектов для монтажа кабелей, коннекторы и оконечная аппаратура кабелей для локальных сетей, термоусаживаемые монтажные изделия, комплектующие и приспособления для монтажа и прокладки кабелей
  - ✓ Техника и технологии прокладки и монтажа кабельно-проводниковой продукции, тестирующее оборудование

## HEAT & VENT MOSCOW - 2007

**12-я Международная выставка «Отопление, вентиляция, кондиционирование»**

**Дата проведения: 03.04.2007-06.04.2007**

**Организатор(ы): ITE LLC MOSCOW**

**Место проведения:** Москва, «Экспоцентр» на Красной Пресне.

HEAT&VENT Moscow - ведущая выставка по системам отопления, вентиляции, кондиционирования воздуха и искусственного охлаждения.

### Раздел VENT:

Раздел кондиционирования и вентиляции с самого начала стал самой популярной частью выставки HEAT&VENT. Огромный интерес специалистов и руководителей к выставке определил устойчивый рост количества экспонентов в этом разделе. Постоянными участниками выставки являются ведущие производители систем вентиляции и кондиционирования, а также их дилеры и дистрибьюторы.

### Раздел HEAT:

Раздел теплоснабжения активно развивается, привлекает к себе все большее внимание инженеров-строителей и проектировщиков, растет число участников выставки.

### Основные тематические разделы:

Кондиционеры бытового и промышленного применения, Вентиляционное оборудование, Фильтры, Пожарная приточно-вытяжная вентиляция, Обогревательные системы, Тепловые завесы, Теплообменники, Контрольно-измерительная аппаратура, Автоматика, Радиаторы, Водонагревательное оборудование, Водяные насосы, Канализационное оборудование, Водонагревательные котлы, Водопровод, Трубы, Фитинги, Водоочистные сооружения, Теплоизоляционные материалы, Холодильное оборудование, Системы управления зданием.

## POWERTEK - 2007

**12-я Московская международная выставка «POWERTEK 2007 - Энергетика и Энергосбережение»**

**Дата проведения: 04.04.2007-06.04.2007**

**Организатор(ы):** ITE Group Plc, ООО «Примэкспо»

**Место проведения:** Москва, ЦМТ, гостиница «Международная».

### Основные тематические разделы:

Производство электрической и тепловой энергии: Преобразование и аккумулирование электроэнергии: Передача и распределение электроэнергии: Альтернативные источники электроэнергии: Атомная энергетика: Промышленная энергетика Технологии энергоэффективности и энергосбережения: Электротехническое оборудование: Насосы и компрессоры: Трубы и трубопроводная арматура: Промышленные вентиляционные системы: Технологии и системы водоподготовки: КИП и автоматика, диагностическое оборудование: АСУ ТП: Природоохранные технологии: Инжиниринговые услуги.

## ЭЛЕКМАШ - 2007

**3-я Международная специализированная выставка. Электротехника и электроника в машиностроительных процессах**

**Дата проведения: 29.05.2007-01.06.2007**

**Место проведения:** Москва, Выставочный центр «Крокус Экспо».

### Организаторы выставки:

MVK

Российская ассоциация производителей станкоинструментальной продукции «Станкоинструмент»

### Основные тематические разделы:

Электрические машины и оборудование, Комплектные приводы и устройства программного управления, Программируемые контроллеры, Электроника в машиностроении,

# ВЫСТАВКИ

Силовая и слаботочная аппаратура, Коммутация и защита электрических цепей, Дисплеи, мониторы, устройства индикации и сигнализации,

Светотехника в машиностроении.

## ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА – 2007

**Специализированная промышленная выставка**

**Дата проведения: 29.05.2007-01.06.2007**

**Организатор(ы):** МВЦ «Крокус Экспо»

**Место проведения:** Москва, ВЦ «Крокус Экспо», пав. 2, зал 9.

**Основные тематические разделы:**

- ✓ Оборудование для производства и передачи электроэнергии в
- ✓ Оборудование для энергосбережения:
- ✓ Электросети:
- ✓ Электрооборудование для железных дорог и городского электротранспорта
- ✓ Электрооборудование для различных отраслей промышленности и сельского хозяйства
- ✓ Электрические машины и аппараты, электроприводы, электроагрегаты, аккумуляторы, электроустановочные изделия
- ✓ Светотехническое оборудование (в т.ч. светильники, лампы накаливания, люминесцентные, галогенные и др.)
- ✓ Полупроводниковые изделия
- ✓ Оборудование для производства и испытания:
- ✓ Материалы для производства электротехнических изделий
- ✓ Бытовые электротехнические изделия

## ЭЛЕКТРО – 2007

**16-я Международная выставка электрооборудования для энергетики, электротехники и электроники в промышленности и народном хозяйстве, бытовой электротехники, энерго- и ресурсосберегающих технологий**

**Дата проведения: 13.06.2007-16.06.2007**

**Организатор(ы):** Экспоцентр

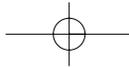
**Место проведения:** Москва Выставочный центр на Красной Пресне (Экспоцентр), павильоны № 2, 8, открытые площадки.

**Основные тематические разделы:**

- ✓ Электрооборудование для производства и передачи электроэнергии: атомная энергетика, гидроэнергетика, электроэнергетика с использованием твердого, жидкого, газообразного топлива, ветровая, солнечная элект-

роэнергетика; газовые и паровые турбины, коммутационное оборудование, устройства компенсации реактивной мощности и ограничители напряжения

- ✓ Электрооборудование для железных дорог и пригородного сообщения, городского электротранспорта
- ✓ Электрооборудование для добывающих отраслей промышленности, металлургии, автомобильного и сельскохозяйственного машиностроения, пищевой, легкой и текстильной промышленности и других отраслей
- ✓ Промышленные печи и промышленные нагревательные устройства; электросварочное оборудование
- ✓ Кабели, провода, электрокерамические изделия
- ✓ Светотехническое оборудование (в т.ч. светильники, лампы накаливания, люминесцентные, галогенные и др.), низковольтная электроустановочная аппаратура (щитки, выключатели, розетки)
- ✓ Силовые полупроводниковые приборы, преобразователи
- ✓ Электрические машины и аппараты, электроприводы, электроагрегаты, аккумуляторы
- ✓ Трансформаторы, высоковольтное оборудование
- ✓ Электрооборудование для возобновляемых и автономных источников энергии
- ✓ Оборудование для энергосбережения: электросберегающие преобразовательные устройства
- ✓ Материалы для производства электротехнических изделий
- ✓ Оборудование для производства и испытания электрических машин и аппаратов; изоляционных, проводниковых, магнитных, полупроводниковых материалов; кабелей и проводов; источников тока и света; электроугольных изделий, печатных плат, гибридных интегральных схем; силовых полупроводниковых приборов; технологической оснастки и инструментов
- ✓ Бытовые электротехнические изделия
- ✓ Научно-техническая литература
- ✓ Межотраслевая секция «ASU - Автоматизация - символ успеха»



## ОХРАНА ТРУДА

**Кольцов А.А. к.м.н.  
НИИОТ СПб**



# САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ НАУЧНО- ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ОХРАНЫ ТРУДА

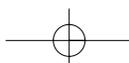
Восстановление хозяйства после первой мировой войны и революции, индустриализация страны, возникновение новых видов производств и технологических процессов поставили новые и сложные задачи в области охраны труда. Жизнь и практика диктовали необходимость более глубоко вникать в особенности того или иного производства, изучать и обобщать наблюдения, разрабатывать научно-обоснованные гигиенические нормативы, обосновывать четкие требования по оздоровлению условий труда. Снижение производственного травматизма и профессиональных заболеваний, разработка мер по повышению эффективности вентиляции, рациональному освещению и т.п. оказались невозможными без создания научных основ этих дисциплин. Осуществление этих задач было невозможно без создания специализированной научно-исследовательской базы.

С целью устранения этой диспропорции в 1925 году при Ленинградском Губернском отделе труда была создана научно-исследовательская секция, которая должна была целенаправленно разрабаты-

вать различные вопросы охраны труда. Исследовательская работа этой секции должна была быть направлена на изучение конкретных трудовых процессов и окружающей санитарно-технической обстановки, сопутствующей этим процессам. Бурный рост промышленности, реконструкция старых предприятий и строительство новых настолько увеличили объем работы секции, что стало ясно – организационные структуры созданной секции уже давно перестали соответствовать запросам промышленности в области охраны труда.

Для выполнения нарастающего объема работ необходимы были новые, хорошо оснащенные профессиональные лаборатории, пригодные для решения многочисленных и весьма сложных задач.

В связи с этим было решено на базе Ленинградского Губпрома создать научно-исследовательский институт. Такой институт по решению Народного Комиссариата труда РСФСР был открыт 3 декабря 1927 года – «Научно-исследовательский институт гигиены труда и техники безопасности, ныне Санкт-Петербургский НИИ охраны труда», с конкретной за-



# ОХРАНА ТРУДА

дачей деятельности – изучение трудовых процессов и окружающей санитарно-технической обстановки. Создателем Института и его первым директором был профессор Борис Борисович Койранский. Работа института предполагалась конкретной и многоплановой:

- ❶ Изучение влияния на здоровье работающих трудового процесса и окружающей санитарно-гигиенической обстановкой труда.
- ❷ Изучение причин производственного травматизма и разработка мероприятий по его снижению.
- ❸ Разработка методов учета и анализа производственного травматизма и профессиональных заболеваний.
- ❹ Создание типовых оградительных устройств и приспособлений для находящегося в эксплуатации оборудования.
- ❺ Разработка мероприятий по оздоровлению условий труда и создание рационального гигиенического режима труда.
- ❻ Научно-практическая и консультативная помощь инспекции труда профсоюзов и хозяйственным организациям по вопросам профессиональной гигиены, санитарной техники и техники безопасности.

С момента включения института охраны труда в систему Народного комиссариата труда СССР и РСФСР он получил новое название – институт организации экономики и охраны труда. В институте были созданы отделы технического нормирования, экономики труда и организации производства. В январе 1936 года институту было присвоено название – Научно-исследовательский институт охраны труда ВЦСПС. С этого момента основной задачей Института становится помощь промышленности и профсоюзным организациям в быстрейшем улучшении условий труда. В это время Институт расширил внедрение в производство законченных и проверенных в производственных условиях работ, способствующих созданию здоровых и безопасных условий труда. Началось массовое внедрение разработок Института. В 1937-1938гг. Институт передал для внедрения в промышленность 57 работ, ими воспользовались 337 предприятий, научно-исследовательских и проектных учреждений.

В структуре Института были открыты отделы: техники безопасности, промышленной вентиляции, промышленного освещения, промышленной гигиены, спецодежды и индивидуальных защитных прис-

пособлений, физико-химическая лаборатория, бюро консультаций и пропаганды охраны труда, ученый секретариат, экспериментальная мастерская.

После Великой Отечественной войны Институт, помимо текущей работы был привлечен к пересмотру устаревших и к разработке новых правил и норм по охране труда, технике безопасности и промышленной санитарии. Почти все нормы и правила, разработанные Институтом были утверждены Центральными комитетами профсоюзов, отраслевыми Министерствами и внедрены в практику работы предприятий.

Созданная в институте лаборатория электробезопасности проводила исследования по изучению влияния электрического тока и электромагнитных полей на человека, занималась разработкой защитных мероприятий, контрольно-измерительных приборов, профилактикой электротравматизма. Оказывала конкретную помощь предприятиям по вопросам электробезопасности. Лаборатория промышленной вентиляции работала в 3-х направлениях:

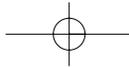
- ❶ Экспериментальные и теоретические исследования по обоснованию способов вентиляции и методов расчета систем вентиляции применительно к производственным помещениям различного назначения.
- ❷ Разработка нормативных документов по проектированию промышленной вентиляции.
- ❸ Оказание научно-технической помощи промышленным предприятиям.

Лаборатория кондиционирования воздуха разрабатывала принципы и типовые решения систем кондиционирования воздуха для улучшения условий труда работающих в особо неблагоприятных метеорологических условиях.

Лаборатория промышленного освещения проводила анализ особенностей зрительной работы в различных производствах и устанавливала конкретные принципы нормирования.

Физико-химическая лаборатория создавала газоаналитические приборы для быстрого контроля содержания вредных веществ в воздушной среде промышленных предприятий. Разрабатывала новые более совершенные методы оценки загрязнения воздушной среды на промышленных объектах.

Лаборатория промышленной гигиены систематически анализировала состояние условий труда на предприятиях различных отраслей промышленности. Вела учет общей и профессиональной заболеваемости работающих. Проводила специальные ис-



## ОХРАНА ТРУДА

следования для обоснования оздоровительных мероприятий и оценке их эффективности.

Лаборатория шумоглушения не только контролировала уровни шума и вибрации на промышленных предприятиях, но и разрабатывала технические решения для их снижения. Лаборатория разработала комплекс мер по снижению шума на компрессорных станциях магистральных газопроводов. Были разработаны эффективные глушители шума всасывания на газотурбинную установку и редуктор. Лаборатория занималась снижением шума мощных компрессоров доменного дутья.

Особо, следует отметить что, организовав первый Институт охраны труда, Б.Б. Койранский особое внимание уделил кадровому составу сотрудников Института. В Институте работали такие известные специалисты как действительный член АМН СССР генерал-майор медицинской службы, профессор И.Р. Петров; член-корреспондент АМН СССР, профессор Н.Ф. Галанин и профессор Н.Н. Калитин; заслуженный деятель науки и техники, профессор Н.В. Лазарев; профессор П.Н. Смухнин; доктора наук Д.А. Зильбер, В.Г. Самсонова, Е.А. Вигдорчик и многие другие.

Ими были разработаны целые научные направления в работе Института, подготовлены высококвалифицированные научные кадры для успешной работы Института на годы вперед.

Санкт-Петербургский научно-исследовательский Институт охраны труда на протяжении многих лет возглавляли такие крупные организаторы науки как Б.Б. Койранский, М.А. Николаев, В.И. Филиппов, В.И. Филатов, Э.А. Колодин, А.А. Кольцов.

Ведущими научными сотрудниками Института на протяжении ряда лет были: А.Г. Аверьянов, И.С. Алексеева, И.Г. Вороховин, М.О. Гримитлин, Д.Г. Дервянко, Ю.Г. Зверев, Ю.М. Ильящук, С.Л. Каминский, Л.С. Клячко, П.А. Коузов, А.Б. Ланда, Д.А. Мателенок, К.В. Мигай, Ю.А. Морозов, Г.В. Навяжский, К.М. Смирнов, И.И. Славин, В.Н. Тетеревников, Я.И. Трумпайц, П.В. Участкин, А.С. Шайкевич, Е.М. Эльтерман, И.И. Кац, С.А. Фаустов, Е.В. Нехорошева, Г.Б. Трушин, С.Х. Хасанов, и другие.

Социально-экономические преобразования в стране, конечно, отразились и на институте, в частности, на кадровом составе. Значительно сократилось количество работающих и даже направлений в деятельности института, но научный и приборный потенциал, в основном, удалось сохранить.

В этих условиях, а также в условиях грядущего возрождения народного хозяйства вопросы научно-обеспечения охраны труда приобретают особую актуальность.

Работы Санкт-Петербургского НИИ охраны труда в последние годы велись в следующих направлениях:

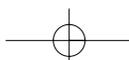
- ❖ оценка состояния условий труда и трудовых нагрузок работающих;
- ❖ разработка технических решений по предупреждению воздействия на работающих опасных и вредных производственных факторов;
- ❖ разработка теоретических основ и технических решений по созданию эффективных глушителей шума для промышленного оборудования;
- ❖ эргономическое обоснование конструирования и организации рабочих мест, пультов и органов управления;
- ❖ оценка средств индивидуальной защиты работающих;
- ❖ разработка нормативных документов по охране труда, в том числе государственных стандартов;
- ❖ обследование и аттестация условий труда на предприятиях Санкт-Петербурга и других городах России;
- ❖ техническая помощь предприятиям и организациям;
- ❖ пропаганда и обучение в области охраны труда.

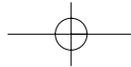
Для обеспечения работы по этим направлениям в институте аккредитованы:

- ❖ Орган по сертификации производственных объектов на соответствие требованиям охраны труда;
- ❖ Испытательная лаборатория по аттестации рабочих мест;
- ❖ Орган по сертификации средств индивидуальной защиты;
- ❖ Испытательный центр по испытаниям средств индивидуальной защиты органов дыхания.

Институт продолжает оставаться ведущим по научно-исследовательской и нормативной работе в области охраны труда при сварочных, плазменных и родственных технологиях, а также при процессах напыления.

Институт входит в состав Технического комитета 320 «СИЗ» Госстандарта России. На базе института с 1966 года функционирует Подкомитет 22 «Сред-




**<<87**

рынке оборудования для АИИС КУЭ и АСДУ. Компания ЭНПРО обеспечивает выполнение проектов по созданию АИИС КУЭ и АСДУ «под ключ», начиная от проектирования, заканчивая поставкой, монтажом и наладкой оборудования (различных производителей, с учетом пожеланий заказчика), включая комплекс работ по метрологическому обеспечению, проведению процедур по присвоению коэффициента класса качества и получения акта соответствия создаваемой АИИС КУЭ.

[www.eprussia.ru](http://www.eprussia.ru)

### **КОНЦЕРН «ЭНЕРГОМЕРА»: УСТРОЙСТВО ВВОДНОЕ НАРУЖНОЕ — УДОБСТВО СЪЕМА ПОКАЗАНИЙ**

Дело в том, что некоторые жильцы не разрешают контролерам энергосбытовых организаций переступать порог их дома, обосновывая свой отказ положением Конституции РФ, согласно которому доступ на территорию частного домовладения разрешен только с санкции прокурора. Но дело еще и в том, что причиной такого поведения бытовых потребителей может быть нежелание своевременно оплачивать использованную электроэнергию, что, в конечном итоге, приводит к коммерческим потерям в энергосбытовых организациях. Вышеописанную проблему можно предотвратить, установив на границе частного владения устройство вводное наружное (УВН), которое можно разместить на заборе, стене дома или опоре ЛЭП 0,4 кВ. Если Вы выбрали этот вариант размещения электрооборудования, тогда Вам стоит обратить внимание на УВН производства Концерна «Энергомера» — лидера на отечественном рынке электротехнического оборудования, который предлагает вводные устройства,

**101>>**

ства индивидуальной защиты органов дыхания», в рамках которого разработано 15 проектов государственных стандартов. Эти стандарты гармонизированы со стандартами Европейского комитета по стандартизации.

Институт является членом Национального комитета сварки и Международного института сварки, комитет VIII, в рамках которых организует работу в области нормирования требований охраны труда. В результате институтом разработаны ГОСТы Системы стандартов безопасности труда по сварке и плазменной обработке.

Институт принимает участие не только в разработке Федеральных целевых программ улучшения и условий охраны труда, но и в их реализации, выполнив порядка 37 зданий. Наиболее значимыми из них явились:

- научное обоснование подготовки ратификации Конвенций Международной организации труда «Об инспекции труда», «О безопасности и гигиене труда и производственной среде», «О регулировании вопросов труда»;
- участие в разработке Государственной системы управления охраной труда в Российской Федерации;
- разработка списков вредных и опасных профессий для обучения безопасным приемам труда;
- создание банка данных по вредным и опасным веществам с разработкой рекомендаций по их использованию специалистами по охране труда;
- научное обоснование разработки Федерального за-

кона «О расследовании несчастных случаев на производстве и профзаболеваний»;

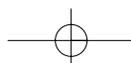
- исследование комплексного воздействия вредных и опасных производственных факторов на работников основных профессий электростанций и электросетей и подготовка рекомендаций по рациональной организации их труда.

Разработан также ряд нормативных документов, утвержденных Министерством труда и социального развития:

- «Межотраслевые правила по охране труда при электросварочных и газосварочных работах»;
- «Правила по охране труда в морских портах»;
- «Правила по охране труда работающих в производствах по переработке пластмасс»;
- «Правила по охране труда работающих с эпоксидными смолами и материалами на их основе».

Институт имеет большой опыт научных и деловых контактов с зарубежными организациями, занимающимися решением вопросов охраны труда, фирмами-производителями средств коллективной и индивидуальной защиты. Специалисты СПб НИИОТ регулярно принимают участие в международных конференциях и выставках по тематике работе института.

*По материалам [www.niiot.ru](http://www.niiot.ru)*



## КНИЖНАЯ ПОЛКА



### **СПРАВОЧНИК ЭНЕРГЕТИКА.**

**М.: КОЛОС. – 2006. – 488 с.**

В задачах, стоящих перед энергетиками России, предусматривается прежде всего широкое внедрение энергосберегающих техники и технологии. В связи с этим важное значение приобретает рационализация энергопотребления, включающая в себя снижение расхода тепловой и электрической энергии и увеличение энерговооруженности промышленности, транспорта и сельского хозяйства. Здесь ведущая роль принадлежит инженерно-техническому персоналу, занимающемуся вопросами распределения и потребления электрической и тепловой энергии на различных объектах.

Особенностью настоящего времени является появление большого количества нового электроэнергетического и теплотехнического оборудования при том, что значительная часть действующего оборудования отработала свой нормативный срок и устарела.

Помощь в решении всех этих вопросов должны оказать материалы настоящего справочника, в который включены необходимые сведения по выбору теплового и электрооборудования. В справочнике учтены запросы специалистов, занимающихся эксплуатацией электротехнических и теплотехнических аппаратов, устройств и систем.

Подготовлен справочник коллективом авторов – сотрудников и преподавателей Московского энергетического института (технического университета) и Тверского Государственного технического университета.

Справочник состоит из двух разделов и приложения. В первом разделе (электротехническом) приведены систематизированные сведения по электрооборудованию напряжением до и выше 1 кВ (выключателям, контакторам, силовым и измерительным трансформаторам, разъединителям,

конденсаторам, кабелям, низковольтному оборудованию), а также справочные материалы по электрическому освещению. Таблицы параметров современного электрооборудования (силовых выключателей, трансформаторов и кабелей, воздушных линий, конденсаторов и конденсаторных установок, контакторов) приведены в отдельной большой главе раздела.

Во втором разделе рассмотрено энергосиловое и тепломеханическое оборудование. Здесь даны основные сведения по энергетическому топливу, промышленным котельным установкам, типоразмерам и параметрам паровых и водогрейных котлов. Представлены типы нагнетательных машин: насосы, вентиляторы и компрессоры, рассмотрены принципы их работы, характеристики, способы регулирования и расчеты мощности на валу и приводного электродвигателя. Показаны конструкции теплообменных аппаратов, и приведены примеры расчета теплообменников разных типов. В отдельной главе приведены сведения об автономных источниках энергоснабжения предприятий. Раздел дополнен большим количеством таблиц с параметрами нового теплоэнергетического и теплотехнического оборудования.

В приложении рассмотрены вопросы энергоаудита на предприятиях промышленности, объектах сельскохозяйственного назначения. Здесь рассмотрены цели и задачи, порядок проведения энергоаудита, а также приведены таблицы параметров оборудования для его проведения.

*В книге 488 страниц, выпущена она в твердом переплете.*

**ПО ВОПРОСАМ ПРИОБРЕТЕНИЯ КНИГИ СЛЕДУЕТ ОБРАЩАТЬСЯ ПО АДРЕСУ:  
107996, Г. МОСКВА, УЛ. САДОВАЯ-СПАССКАЯ, Д. 18, ИЗДАТЕЛЬСТВО «КОЛОС»,  
ТЕЛ.: 207-19-45, 207-22-95, 207-21-25**

## КНИЖНАЯ ПОЛКА

### **ПРИБОРЫ И СРЕДСТВА ДИАГНОСТИКИ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ И ИЗМЕРЕНИЙ В СИСТЕМАХ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ: СПРАВОЧНОЕ ПОСОБИЕ. –**

**М.: КОЛОС, 2006**

В настоящее время в энергетике Российской Федерации осуществляется переход от системы планово-предупредительных ремонтов к ремонтам по действительному техническому состоянию электрооборудования.

Универсальным средством диагностирования электрооборудования является инфракрасная томография, которая обеспечивает контроль его состояния без вывода из работы. С помощью термографических средств можно идентифицировать такие дефекты, как локальный нагрев элементов конструкции, ухудшение состояния контактных соединений и т. д.

Значительное место в диагностике состояния электрооборудования занимает определение его вибрационных характеристик. Отечественным и зарубежным средствам современной диагностики посвящена первая глава книги.

Для принятия правильных решений необходимо постоянно иметь достаточно полную и достоверную информацию о контролируемом электрооборудовании. Для получения такой информации важно правильно выбирать, помимо диагностических средств, также методы и средства измерения таких параметров, как сопротивление, ток, напряжение, мощность и др. На смену классическим аналоговым сред-

ствам динамических измерений пришли цифровые, позволяющие осуществлять автоматизированный сбор и анализ информации.

Кроме традиционных и новых измерительных средств, контролирующих параметры эксплуатируемого электрооборудования, появилась необходимость определения условий его работы, и в первую очередь качества электроэнергии. Современным отечественным и зарубежным измерительным средствам посвящена вторая глава книги.

Наряду с диагностическими и измерительными средствами в системах электроснабжения применяются новые устройства и системы, повышающие надежность и экономичность работы электрооборудования и систем электроснабжения в целом. К ним относятся устройства плавного пуска, регуляторы температуры, минилоггеры, источники бесперебойного питания и др. Этой тематике посвящена третья глава книги.

В справочном пособии обобщен опыт ведущих организаций и предприятий, занимающихся разработкой нового и модернизацией действующего электрооборудования.

**ПО ВОПРОСАМ ПРИОБРЕТЕНИЯ КНИГИ СЛЕДУЕТ ОБРАЩАТЬСЯ ПО АДРЕСУ:  
107996, Г. МОСКВА, УЛ. САДОВАЯ-СПАССКАЯ, Д. 18, ИЗДАТЕЛЬСТВО «КОЛОС»,  
ТЕЛ. 207-19-45, 207-22-95, 207-21-25.  
АДРЕС В ИНТЕРНЕТЕ: WWW.KOLOS.RU**

# НОВОСТИ ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ

98&gt;&gt;

обладающие высокими показателями: вандалоустойчивости; пожаробезопасности; защиты от поражения током; устойчивости к климатическим, механическим и электромагнитным воздействиям. Объединенными усилиями научных работников Корпоративного института электротехнического приборостроения Концерна создаются комплексные решения по оснащению УВН доступными по цене высокотехнологичными средствами учета и распределения электроэнергии. Предназначенное для ввода питающей линии от сети напряжением 380/220В переменного тока частотой 50Гц с глухозаземленной нейтралью, устройство комплектуется электронным счетчиком электрической энергии (однофазным или трехфазным), аппаратами защиты и управления, шиной для присоединения защитных проводников. В УВН могут использоваться как модели счетчиков для однотарифного учета электроэнергии в локальном режиме, так и более сложные приборы, позволяющие осуществлять многотарифный учет и допускающие интеграцию в автоматизированные системы контроля и учета электроэнергии (АСКУЭ). В комплексе со счетчиком в корпусе из негорючего материала, многофункциональными УЗО (защита от перенапряжений до 264В), автоматическими выключателями, ограничителями импульсных напряжений (требование ПУЭ для жилых помещений с наличием воздушных электросетей) УВН обеспечивает надежную защиту от сверхтоков при перегрузке и коротких замыканиях, от токов утечки и от токов замыкания на землю, от грозовых или импульсных перенапряжений. Устройства выполнены из металла, обладающего высокой механической прочностью, огнестойкостью и теплостойкостью. Прочный корпус и надежный замок устройства предотвращают несанкционированный доступ к

приборам. Устройство отличается современным дизайном, покрыто стойким полимерно-порошковым покрытием светлых тонов. Небольшие габаритные размеры (370x285x142мм для УВН1 и 610x285x162мм для УВН2) достигаются за счет применения малогабаритных электронных счетчиков электроэнергии. Оболочки устройства обеспечивают степень защиты не ниже IP34D. Максимумы температуры окружающей среды, при которых УВН гарантировано осуществляет свои функции — от минус 40 до 40°C, причем относительная влажность при температуре 25°C может достигать показателя 100%. Рассчитанные на номинальный ток 25, 32, 40, 50, 63А, устройства могут использоваться в сети, ток короткого замыкания в которой не превышает 3000А. Открытые проводящие части устройства, доступные прикосновению, соединены с защитным проводником. Класс оборудования по способу защиты от поражения электрическим током — I. Система заземления — TN-C-S или TN-S. Устройства вводные наружные производства Концерна «Энергомера» отвечают требованиям ГОСТ Р 51321.1 (МЭК 60439), ГОСТ Р 51321.5, имеют Сертификат соответствия № РОСС RU. ME86. В00314, выданный органом по сертификации продукции электротехники ОАО «ВНИИЭЛЕКТРОАППАРАТ». Гарантийный срок эксплуатации как УВН1, так и УВН2 — 3 года, а срок службы — не менее 25 лет. Принцип монтажа комплектующих на универсальную основу — монтажную рейку TN 35-7,5 — позволяет Концерну формировать варианты заказов с любыми номинальными токами автоматических выключателей и УЗО в соответствии с заказанной принципиальной схемой (в пределах ряда номинальных токов устройства). По заявке заказчика может быть изготовлено устройство с неполной комплектацией или с комплектацией другими защит-

ными аппаратами. К тому же, конструкция устройства дает возможность замены счетчика и аппаратов защиты без демонтажа устройства.

*Advis.ru*

## НОВИНКИ ОТ КОМПАНИИ «ТЕПЛОМАШ»

Тепломаш приступил к производству пультов коммутации и управления электрическими завесами ПКУ-Е и водяными завесами ПКУ-В.

Пульты предназначены для одновременного управления разнотипными или однотипными завесами.

Предприятие выпускает компактные воздушно-тепловые завесы, промышленные тепловентиляторы и электрокалориферы, а также осевые и радиальные вентиляторы, компактные вентиляторные градирни.

*www.teplomash.ru*

## ЗАВОД «СТАРОРУСПРИБОР» ПРИСТУПИЛ К ВЫПУСКУ ДИФМАНОМЕТРОВ ДМ

Завод «Старорусприбор» приступил к выпуску дифманометров ДМ (функционально заменяющих ДСП 160М1) предназначенных для контроля технического состояния счетчиков газа, газовых фильтров, струевыпрямителей и других устройств путем измерения и индикации перепада давления на этих приборах.

Измеряемый диапазон перепада давления: 4, 10, 25, 63 кПа.

Одновременно начат выпуск газовых фильтров ФГ у 15- Ду 100 с рабочим давлением до 1,2 МПа и частотой фильтрации до 40 мкм.

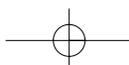
*http://packo.ru*

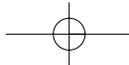


## НАДО ДЕЛАТЬ ДОБРО

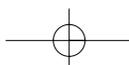


## ВЫАЫПЫП





# НАДО ДЕЛАТЬ ДОБРО



# ИНФОРМАЦИЯ

## CONTENTS №9/2006

### ENERGETICS NEWS

Hydraulic system in small-scale mechanization

### PROBLEMS AND SOLUTIONS

Is there diagnostics for power cable line and electrical equipment in Russia... and what for?

### DIAGNOSTICS AND TESTS

Volume and norms of test for electrical equipment

### MARKET AND PROSPECTS

Market for gas meter in 2005

### AUTOMATION

Computer aided design for distribution network of industrial power supply system

### POWER FACILITIES

Automatic circuit-recloser for raising the reliability of boiler unit at aeration station

The results of long-term periodical diagnostics of power transformer

Conductors – the basic concepts and classification

### ENERGY SAVING

Power saving control system for multi-compressor station

### ECONOMICS AND MANAGEMENT

Juridical aspects of leasing of equipment

### HEAT SUPPLY

Hydraulic separator for decentralized heat supply of building

Selection and installation of heat meter: analysis of mistakes

### BOOKSHELF

### PERSONNEL

New forms for work quota setting of maintenance personnel

### AIR SUPPLY

Monitoring of humidity and flow rate at compressed air system

### STANDARD DOCUMENTS

#### РАСЦЕНКИ НА РАЗМЕЩЕНИЕ РЕКЛАМЫ В ЖУРНАЛАХ НП ИД «ПАНОРАМА»

Формат	Размеры, мм	Стоимость, цвет	Стоимость, ч/б
2-я обложка	205 x 285 - обрезной	30 000	-
3-я обложка		25 000	-
4-я обложка	210 x 295 - дообрезной	35 000	-
Полоса		20 000	10 000
1/2	102 x 285 / 205 x 142	12 000	6 000
1/3	68 x 285 / 205 x 95	8 000	4 000
1/4	102 x 142 / 205 x 71	6 000	3 000
1/8	51 x 142 / 102 x 71	3 000	1 500
1/16	51 x 71	1 400	700

Все цены указаны в рублях, НДС не облагается (упрощенная система налогообложения).

#### СКИДКИ:

за кратность публикаций -

2 – 3	4 – 6	7 – 9	10 и более
5%	10%	15%	20%

рекламным агентствам – 15%.

#### УСЛОВИЯ ОПЛАТЫ И РАЗМЕЩЕНИЯ:

предоплата 100%;

макет должен соответствовать техническим требованиям, применяемым для публикации материалов в журналах ИД «Панорама»;