

Применение электромеханического привода для управления направляющим аппаратом и лопастями рабочего колеса гидротурбин ГЭС/ГАЭС

Прыганов С. Г.¹, заместитель главного инженера,
Панов В. Н.², начальник отдела (АО “Мособлгидропроект”)

Описано внедрение в систему управления гидроагрегатом на отечественных ГЭС/ГАЭС более современного линейного электромеханического привода вместо гидропривода. Приведены сравнительный анализ данных типов приводов, нормативные требования по их применению в государственных стандартах РФ и стандартах ПАО “РусГидро”. Изложены задачи планируемой работы.

Ключевые слова: гидроэлектростанция (ГЭС), гидроаккумулирующая электростанция (ГАЭС), гидроагрегат, система управления, гидротурбина, гидропривод, линейный электромеханический привод, нормативная документация, опыт.

Application of an electromechanical drive for controlling the hydraulic turbine distributor and impeller blades of Kaplan turbine of HPP/PSP

Pryganov S. G.¹, deputy chief engineer,
Panov V. N.², head of department (JSC “Mosoblhydroproject”)

The article describes the topic of introducing a more modern linear electromechanical drive instead of a hydraulic drive into the hydraulic unit control system at domestic HPP/PSP. A comparative analysis of these types of drives, regulatory requirements for their use in the state standards of the Russian Federation and RusHydro standards are given. The objectives of the planned work related to this topic are outlined.

Keywords: hydropower plant (HPP), pumped-storage electric power plant (PSP), hydroelectric unit, control system, hydro turbine, hydraulic drive, electromechanical drive, normative documentation, experience.

Сравнительный анализ применения гидро- и электроприводов. В отечественной практике на гидроэнергетических объектах в качестве привода для управления направляющим аппаратом (НА) и лопастями рабочего колеса (РК) гидротурбин используется гидравлический привод, в качестве источника питания гидропривода используются гидроаккумуляторы маслонапорной установки (МНУ) [1]. Применительно к гидроприводу классический вид установки МНУ и системы управления в здании ГЭС представлен на рис. 1, структурная схема управления НА и лопастями РК гидротурбин представлена на рис. 2.

В процессе эксплуатации маслонаполненного оборудования, особенно работающего длительное время, наиболее важными проблемами являются его износ и связанные с этим утечки масла, при этом возникают экологические нарушения. За загрязнение окружающей среды, в частности за попадание промышленного масла из систем регулирования гидротурбин в речной сток, владельцам гидро-

энергетических объектов грозят значительные штрафы.

Одним из важнейших направлений повышения энергетической эффективности гидроэлектростанций при реконструкции или новом строительстве (наряду с повышением эффективности работы основного и вспомогательного оборудования и оптимизацией потребления электроэнергии на собственные нужды) также является переход на системы, которые не требуют постоянного обслуживания и осуществляют свою работу в удаленном режиме (безлюдные технологии).

В последние годы в связи с развитием силовых электромеханических приводов возросла техническая конкуренция между гидроприводом и электроприводом. Применение линейных электромеханических приводов с частотным регулированием позволило значительно увеличить точность управления и позиционирования системы по сравнению с аналогичными показателями гидравлических приводов. Высокое значение крутящего момента к объему, которое характерно для бесщеточных двигателей, в сочетании с надежностью, высокой скоростью и хорошей нагрузочной способностью, особенно при использовании роliko-винтовой (РВП)

¹ pryganovsg@hydroproject.com

² panovvn@hydroproject.com



Рис. 1. МНУ и система управления в машинном зале ГЭС

или шарико-винтовой (ШВП) передачи (рис. 3), позволяет существенно улучшить динамику рабочих органов и делает электрические линейные приводы полноценной заменой гидросистем в целом. Использование электромеханических приводов позволяет создать более простую схему управления НА и лопастями РК гидротурбин по сравнению с гидравлическими системами (рис. 4).

Применение гидроприводов в отечественной гидроэнергетике обусловлено следующими положительными качествами:

- бесступенчатым управлением скоростью выходного звена;
- выполнением как быстрых, так и медленных операций;
- возможностью построения разветвленных и протяженных магистралей;
- удобством конструктивного резервирования и тем самым обеспечением надежности.

К недостаткам гидропривода можно отнести:

- невысокий к.п.д за счет утечек и гидравлических потерь в системе;
- использование масел с высокими требованиями по качеству и, как следствие, необходимость контролировать их состояние во время эксплуатации и производить замену;

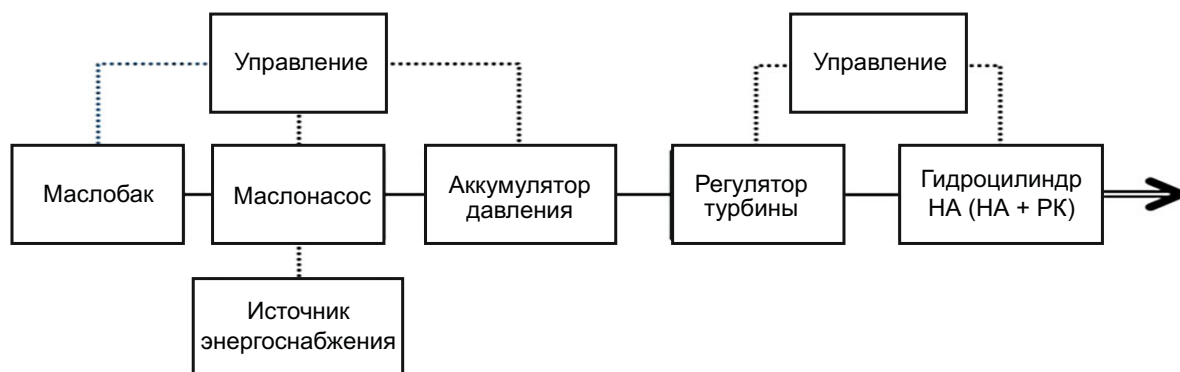


Рис. 2. Структурная схема управления направляющего аппарата и рабочего колеса гидротурбины с использованием гидравлического привода

проблемы с герметичностью и по этой причине вероятность загрязнения окружающей среды; требования к специальной квалификации механиков и операторов.

Линейный электромеханический привод обладает такими положительными качествами, как: позиционирование и удерживание рабочего органа в любом промежуточном положении; формирование информационного сигнала о конечных и промежуточных положениях рабочего органа;

постоянство скорости перемещения штока при изменяющейся нагрузке;

электрический привод может быть быстро подключен к системе;

диагностическая информация доступна в режиме реального времени;

потребление электроэнергии только при перемещении;

отсутствие риска загрязнения окружающей среды в связи с отказом от применения масел;

эксплуатация при низких или высоких температурах;

минимум технического обслуживания;

обеспечение высокой надежности за счет сокращения элементов, участвующих в схеме.

Требования норм по применению приводов.

Следует отметить, что в РФ нормативная документация в области конструирования гидросилового и гидромеханического оборудования, а также технологического проектирования ГЭС/ГАЭС обосновывает применение только гидроприводов. Приведем выдержки из действующих государственных нормативных документов и стандартов организаций по этой теме:

- ГОСТ 27807-88 “Турбины гидравлические вертикальные. Технические требования и приемка” [2] (пункт 1.2): “Гидротурбина должна быть сконструирована как часть единого гидроагрегата с учетом взаимосвязей с гидрогенератором и составными частями гидротурбинной установки — электро-

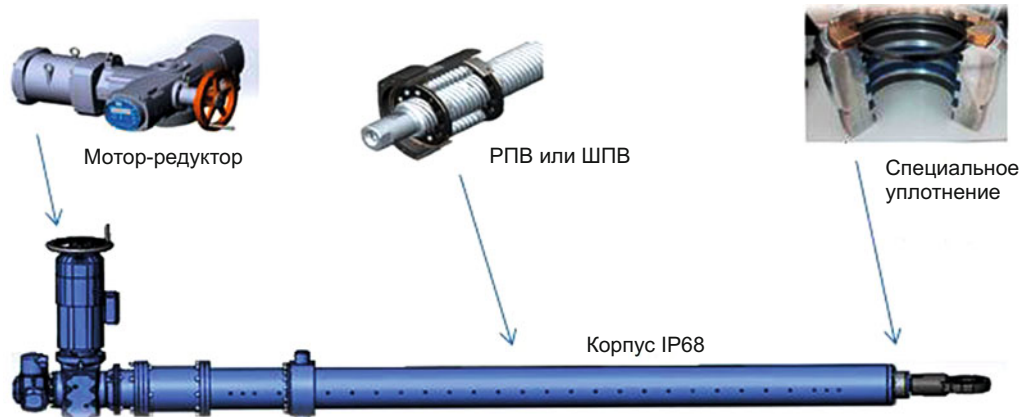


Рис. 3. Система устройства линейного электромеханического привода

гидравлическим (гидромеханическим) регулятором, маслонапорной установкой, устройствами автоматики и затвором”.

– ГОСТ 22373-82 “Затворы дисковые и шаровые для гидравлических турбин. Общие технические условия” [3] (пункт 2.6): “Открытие и закрытие затворов должны осуществляться сервомоторами, приводимыми в действие давлением масла маслонапорной установки. Допускается изготавливать затворы, закрытие которых осуществляется грузовым приводом, а открытие — сервомоторами”.

– ГОСТ Р 55260.4.1-2013 “Гидроэлектростанции. Часть 4 – 1. Технологическая часть гидроэлектростанций и гидроаккумулирующих электростанций. Общие технические требования” [4] (пункт 7.3.3): “В качестве источников питания гидропривода предтурбинного затвора следует использовать маслонапорную установку гидромашин при соответствующем ее выборе и согласовании с заводом — разработчиком гидротурбинного оборудования либо отдельную МНУ или МНА”.

– СТО РусГидро 01.01.78-2012 “Гидроэлектростанции. Нормы технологического проектирования” [5] (пункт 9.2.1): “Гидромашинка должна иметь систему автоматического управления (САУ), включающую электрогидравлический регулятор (ЭГР), маслонапорную установку (МНУ), панели автоматики МНУ, предтурбинного затвора (при его наличии) и турбины, противоразгонные устройства”.

Отсутствие нормативных документов, позволяющих обосновать применение линейных электромеханических приводов, создает риски получения проектной организацией отрицательного заключения при прохождении государственной экспертизы проектной документации на строительство или реконструкцию ГЭС/ГАЭС. Также возможны риски получения заказчиками (застройщиками) предписаний Ростехнадзора при сдаче гидроэнергетического объекта в промышленную эксплуатацию и эксплуатирующими ГЭС/ГАЭС организациями при

периодических проверках с его стороны действующего объекта.

Однако потенциал применения линейного электромеханического привода для станций “нового поколения” по принципу, обеспечивающему возможность удаленного управления или, более того, управления гидроэлектростанцией без постоянного присутствия эксплуатационного персонала, достаточно велик (рис. 5) [6]. Так, в последние несколько лет на ряде гидротехнических объектов (Пальеозерская и Кондопожская ГЭС в структуре ТГК-1, Эзминская ГЭС в структуре ПАО “РусГидро”, МГЭС Каллиоски в структуре АО “НордГидро”, Волго-Донской судоходный канал) [7, 8] осуществляется внедрение линейных электромеханических приводов для механического оборудования и направляющих аппаратов гидротурбин. Такой тип электропривода, установленный и предлагаемый к применению на вышеперечисленных объектах, разрабатывался на базе оборудования только зарубежных фирм (EXLAR, США; MacVel, Италия; ADE-WERK GmbH, Германия и др.) [9, 10]. Учитывая отсутствие отечественных производителей данного оборудования и большой потенциал использования линейных электроприводов как в гидроэнергетике, так и во всех областях промышленности, представляется перспективным организовать их производство на территории Российской Федерации.

О работах по обоснованию внедрения электроприводов в отечественной гидроэнергетике. В настоящее время в нашей стране еще не накоплен достаточный опыт эксплуатации линейных электромеханических приводов затворов и направляющих аппаратов гидротурбин, позволяющий сформировать требования и предложения по использованию таких приводов в системах управления гидроагрегатов при различных режимах работы ГЭС/ГАЭС, для внесения изменений в нормативные документы по их применению или разработки



Рис. 4. Структурная схема управления направляющего аппарата и рабочего колеса гидротурбины с использованием электро-механического привода

новых норм. Для реализации этой задачи АО «Мособлгидропроект» приступил к выполнению научно-исследовательской и опытно-конструкторской работы (НИОКР) для ПАО «РусГидро» с целью обоснования возможности применения линейных электроприводов в узлах управления механического и гидросилового оборудования ГЭС/ГАЭС.

В составе НИОКР планируется выполнить следующее.

Изучить зарубежный и отечественный опыт производства и эксплуатации линейных электро-механических приводов. Определить критерии технико-экономической оценки применения данных приводов по сравнению с действующими и/или проектируемыми гидравлическими системами управления.

Разработать математическую модель линейного электро-механического привода для управления направляющим аппаратом и лопастями рабочего колеса гидротурбин и произвести моделирование различных режимов работы гидроагрегата с детальным рассмотрением работы самого привода. В рамках выполнения данной НИОКР АО «Мособлгидропроект» с привлечением специалистов по гидротурбинному оборудованию и автоматизации управления разработает конструкторскую документацию, позволяющую передавать усилия от электро-механического привода на разворот лопастей рабочего колеса и лопастей направляющего аппарата гидротурбины с соблюдением комбинаторной зависимости.

По результатам математического моделирования будет произведена разработка и изготовление стенда для проведения испытаний электроприводов с имитацией работы гидротурбины.

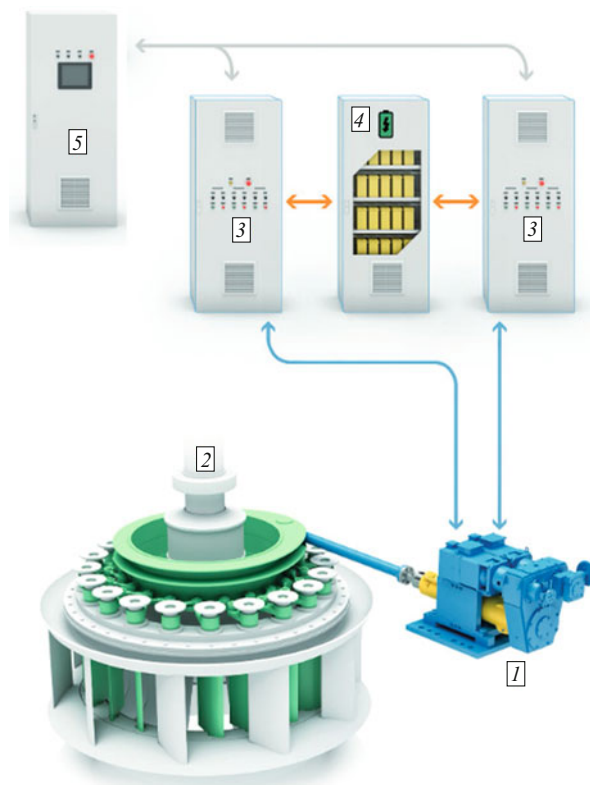


Рис. 5. Принципиальная схема управления линейным электро-механическим приводом направляющего аппарата гидротурбины:

1 – электро-механический привод; 2 – гидротурбина; 3 – шкаф управления; 4 – шкаф резервного питания; 5 – САУ «верхнего» уровня

НИОКР также включает разработку предложений для внесения изменений и дополнений в ГОС-Ты (или создания новых), а также в стандарты организации и техническую политику ПАО «РусГидро» в части применения этого типа приводов при проектировании гидросилового и гидромеханического оборудования ГЭС/ГАЭС.

По результатам этой работы в ПАО «РусГидро» планируется опытная эксплуатация линейных электро-механических приводов для радиально-осевых и поворотно-лопастных турбин на одной из планируемых к строительству гидроэлектростанций.

Выводы

1. В настоящее время в отечественной практике проектирования ГЭС/ГАЭС в качестве привода управления направляющего аппарата и лопастей рабочего колеса, а также затворного оборудования гидротурбины применяется гидропривод, что закреплено нормативными требованиями в ГОСТах и СТО РусГидро.

2. Линейный электро-механический привод имеет ряд преимуществ перед гидравлическим и является более современным и эффективным типом приводов. Имеются примеры использования элек-

троприводов исключительно зарубежного производства на ГЭС и гидроузлах в Российской Федерации.

3. ПАО «РусГидро» финансирует НИОКР с целью дальнейшего внедрения электроприводов, выполнение которой поручено АО «Мособлгидропроект». Эта работа включает разработку конструкторской документации, математическое моделирование, изготовление испытательного стенда, предложения по изменению нормативной документации, опытную эксплуатацию на одной из планируемых к строительству гидроэлектростанций.

Список литературы

1. *Щавелев Д. С.* Гидроэнергетическое и вспомогательное оборудование гидроэлектростанций. Т. 1. Основное оборудование электростанций. — М.: Энергоатомиздат, 1988. С. 135 – 149.
2. *ГОСТ 27807-88.* Турбины гидравлические вертикальные. Технические требования и приемка.
3. *ГОСТ 22373-82.* Затворы дисковые и шаровые для гидравлических турбин. Общие технические условия.
4. *ГОСТ Р 55260.4.1-2013.* Гидроэлектростанции. Часть 4 – 1. Технологическая часть гидроэлектростанций и гидроаккумулирующих электростанций. Общие технические требования.
5. *СТО РусГидро 01.01.78-2012.* Гидроэлектростанции. Нормы технологического проектирования.
6. <https://ptgk.ru/man-program/elektrotsilindry/elektrotsilindry-dlya-ges/>
7. *Белов В. В., Лопатин Е. В., Шавлович З. А.* Инновационный проект — электропривод прямого управления направляющим аппаратом для малых ГЭС // Гидроэнергетика. XXI век. 2014. № 4 (20). С. 18 – 23.
8. <https://ptgk.ru/wp-content/uploads/2017/02/Elektrotsilindry-dlya-sudohodnyh-shlyuzov-i-GES-2018-na-sajt-novoe.pdf>
9. <https://www.ade.de/Produkte/>
10. <https://exlar.ru/>