

# Преимущества управления главными золотниками гидравлических турбин с помощью электромеханического сервопривода

Проект управления главными золотниками гидравлических турбин с помощью электромеханического сервопривода впервые был реализован на гидроагрегатах № 1, 2 Воткинской ГЭС в 2009 году. В результате влияние качества рабочей среды на управляющий контур регулятора скорости было полностью исключено, что позволило минимизировать эксплуатационные затраты и повысить безотказность технологического процесса при сохранении заданных требований к качеству регулирования.

**Тараканов Д. Л.**  
руководитель направления ГЭС  
Emerson Process Management

**Шавлович З. А.**  
к. т. н., технический директор  
Emerson Process Management

Реконструкции автоматизированных систем управления технологическими процессами (АСУ ТП) действующих гидроэлектростанций в последнее время уделяется особое внимание, и ОАО «Рус-Гидро» проводит ее высокими темпами. Одним из объектов компании, на котором были опробованы современные технические решения в этой области, стала Воткинская ГЭС.

В апреле 2010 года на Воткинской ГЭС был завершен важный этап программы технического перевооружения и реконструкции основного и вспомогательного оборудования. По окончании пятилетнего цикла капитальных ремонтов гидроагрегатов станции они полностью были оснащены современными системами автоматизированного управления (САУ ГА) на базе ПТК «Овация». Модернизация затронула электронную и гидромеханическую часть регулятора частоты и мощности гидроагрегата (РЧМ ГА), теперь они соответствуют требованиям, предъявляемым к качеству переходных процессов при поддержании заданных параметров, а сама станция участвует в нормированном и общем первичном регулировании. Прямое управление главными золотниками гидравлических турбин было реализовано с помощью электромеханического сервопривода.

## ВНЕДРЕНИЕ ПРОЕКТА, НЕ ИМЕЮЩЕГО АНАЛОГОВ

Первоначально модернизация гидромеханической части РЧМ для введения прямого управления главными золотниками направляющего аппарата (НА) и рабочего колеса (РК) происходила за счет электрогидравлического усилителя (ЭГУ), обладающего высокими статическими и динамическими характеристиками. Такие высокотехнологичные ЭГУ требуют высокого качества рабочей среды в системе регулирования, обеспечить которое в штатных маслonaпорных установках (МНУ) было невозможно. Поэтому на первом этапе для ЭГУ был реализован отдельный, независимый от штатной МНУ, контур подачи рабочей среды на управление главными золотниками (мини-маслonaпорная установка высокого давления (МНУ ВД)). Регуляторы такого типа внедрены на восьми ГА Воткинской ГЭС. Часть из них имеет насосы постоянного тока, что обеспечивает управление МНУ ВД при потере питания собственных нужд станции.

Вид колонки регулирования и МНУ ВД гидроагрегата № 9 после модернизации, показан на рис. 1.

Тем не менее на Воткинской ГЭС данное решение не стало окончательным, предстояло найти еще более эффективное решение. Перед специалистами подразделения компании Emerson, отвечающего за разработку и внедрение САУ ГА, была поставлена задача найти альтернативы ЭГУ. Команда проекта предложила



Рис. 1. Модернизация гидромеханической части регулятора скорости на базе ЭГУ и МНУ ВД



Рис. 2. Модернизация гидромеханической части РЧМ на базе электромеханического сервопривода Exlar

новое для гидроэлектростанций решение с использованием электромеханического линейного сервопривода с частотным усилителем. Решение позволило полностью исключить влияние качества рабочей среды в системе регулирования на исполнительную часть и отказаться от дополнительной маслonaпорной установки МНУ ВД. В основе решения был использован сервопривод Exlar с частотным усилителем EN, разработанный Emerson Process Management, одним из предприятий компании Emerson, занимающимся комплексными решениями для промышленности.

После проведения расчетов и модельных испытаний в экспертном центре Emerson в Санкт-Петербурге была произведена модернизация колонки ЭГРК на гидроагрегатах № 1 и 2 Воткинской ГЭС. Успешные натурные испытания гидроагрегатов позволили передать новую систему в промышленную эксплуатацию. Вид модернизированной колонки ЭГРК на базе сервопривода Exlar представлен на рис. 2.

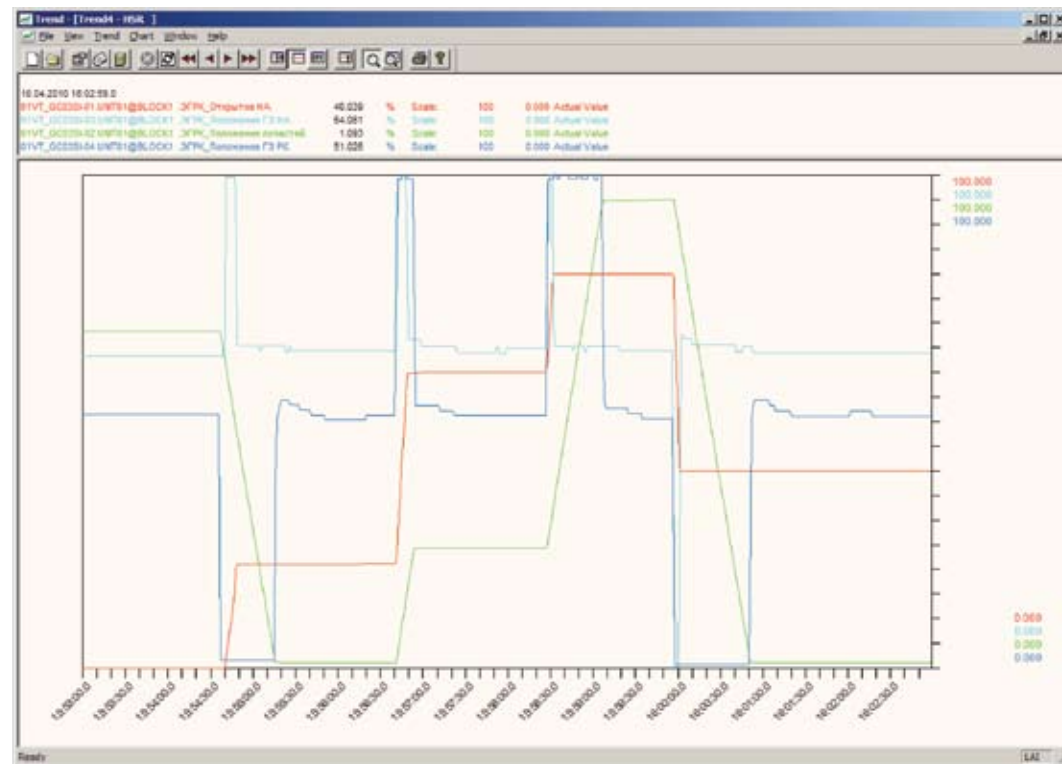


Рис. 3. Проверка работы следящей системы в режиме ручного управления с сохранением комбинаторной зависимости

Высокое значение отношения крутящего момента к объему, которое характерно для бесщеточных двигателей, в сочетании с надежностью, высокой скоростью, точностью позиционирования до сотых долей миллиметра и достаточной нагрузочной способностью планетарного роликового винта обеспечивает полноценную замену более затратных в техническом обслуживании гидросистем на линейные электромеханические сервоприводы.

Сервопривод Exlar непосредственно управляет главными золотниками НА и РК. Система выполнена как самозамыкающаяся: в ней отсутствует жесткое механическое соединение между штоком вспомогательного сервомотора и штоком сервопривода. Такая конструкция исключает поломку привода при возрастании осевых усилий на сочленение, а также дает возможность воздействовать на главные золотники НА и РК со стороны системы аварийной защиты независимо от управляющего контура. Переходные процессы в электрогидравлической следящей системе НА/РК, снятые во время проведения испытаний на этапе наладки, показаны на рис. 3.

На рис. 4 показан сброс нагрузки 100 % с выходом на холостой ход гидроагрегата № 1 Воткинской ГЭС, который демонстрирует отсутствие колебательного процесса, быстрое действие и точность отработки системы в полном соответствии с нормативными требованиями к РЧМ, что доказывает правильность выбранного технического решения и характеристик сервопривода.

**ДОКАЗАННЫЕ ПРЕИМУЩЕСТВА**

Инновационное решение находится в промышленной эксплуатации с 2009 года. Положительные результаты внедрения стали очевидны сразу же после запуска системы, главным из них стало повышение надежности

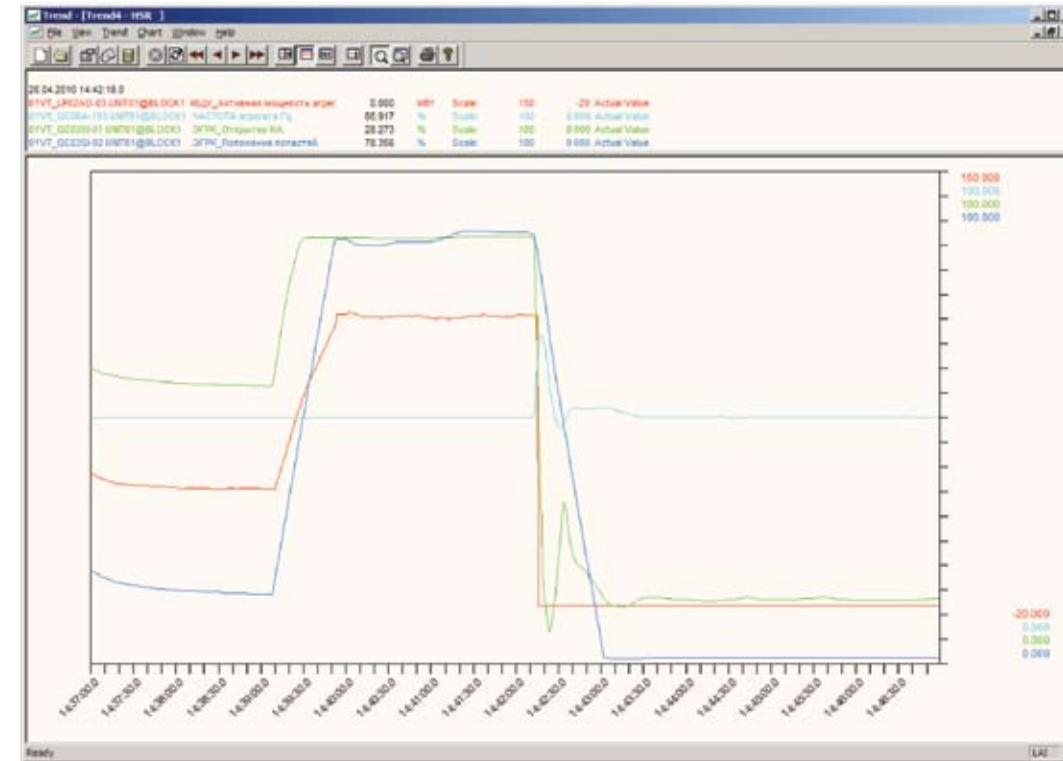


Рис. 4. Сброс 100 МВт с выходом на холостой ход генератора

контура управления, положительно отразившееся эксплуатационной безопасности самой станции.

При этом анализ работы РЧМ в переходных режимах гарантирует то, что система, построенная на базе электромеханических сервоприводов Exlar, в полном объеме выполняет требования отраслевых нормативных документов к качеству вырабатываемой электроэнергии.

Отсутствие элементов с маслосистемой позволило существенно сократить объем техобслуживания агрегата. Дополнительными преимуществами применения, обеспеченными характеристиками электромеханического сервопривода Exlar, стали:

- программно регулируемая скорость перемещения;
- программно регулируемое максимальное усилие;
- полная независимость от качества рабочей среды;
- точность хода 0,025 мм / 300 мм;
- сокращение консистентной смазки до 1 раза в год.

В настоящее время решение не имеет аналогов и является одним из передовых разработок для повышения эффективности управления главными золотниками гидравлических турбин. С 2009 года

оно было реализовано еще на трех гидроэлектростанциях России и других стран СНГ. На одной из них начат инновационный проект по управлению направляющими аппаратами напрямую от электрического цилиндра, с полным исключением маслосистемы из контура регулирования.

Являясь продолжением инновационного проекта, в отдаленной перспективе он позволит отказаться от традиционных гидравлических систем управления и перейти на управление от электропривода. В настоящее время ведется изыскательная работа с целью проанализировать возможности управления рабочими колесами поворотно-лопастных гидротурбин от альтернативной системы управления, в том числе на базе электромеханического сервопривода.

Подробнее узнать об уникальных решениях Emerson для гидроэлектростанций вы можете на сайте: [www.emersonprocess.com/RU/Ovation](http://www.emersonprocess.com/RU/Ovation)



**Экспертный центр в Санкт-Петербурге**  
 Экспертный Центр Emerson в Санкт-Петербурге был создан в 2004 году. Являясь подразделением бизнеса Emerson Process Management, Центр реализует полный комплекс работ по внедрению проектов в России и СНГ. В нем трудятся почти 50 специалистов, которые обеспечивают локализацию и адаптацию решений компании для энергетических объектов.  
 Среди проектов, осуществленных Центром, есть предприятия России, Казахстана, Азербайджана и Украины, а среди объектов – Луганская ТЭС, Охтинская ТЭС, Челябинская ТЭС-3, Аксусская ГЭС, Экибастузская ГРЭС-1,2, Павловская ГЭС, Воткинская ГЭС, Сургутская ГРЭС-2, а также станции УкрГидроэнерго - крупнейшего объединения гидроэлектростанций на Украине.