

ческого приложения, что позволило в кратчайшие сроки обучить специалистов заказчика работе с комплексом, снизить требования к квалификации оператора и сократить время последующего конфигурирования системы.

Ключевой отличительной особенностью синтезированной системы являлась возможность дальнейшего расширения ее технико-технологических возможностей за счет добавления к контроллеру новых модулей расширения и подключения к ним, а также к уже имеющимся модулям дополнительных датчиков и исполнительных устройств. В качестве примера можно привести автоматизированное управление пуском/остановом привода ткацкого станка, а также управление частотой вращения главного вала при замене стандартного электродвигателя на сервопривод аналогичной мощности и связи его через сервоусилитель с контроллером и ПК.

На сегодняшний день в России существует огромное число компаний, специализирующихся на поставке полного спектра оборудования для АСУТП. Вместе с тем, как показывает практика, его применение в реальных условиях центральных заводских лабораторий и исследовательских комплексов зачастую сопряжено с трудностями, решение которых на многих предприя-

тиях, являющихся конечными потребителями систем автоматизации, невозможно. Затруднения возникают по причинам отсутствия у специалистов предприятия-потребителя опыта работы с современным оборудованием, недостаточным уровнем знаний современных технологий, применяемых при автоматизации измерений и управления испытательным и экспериментальным оборудованием, экономической нецелесообразностью содержания в штате предприятия команды высококвалифицированных специалистов, ориентированных на решение непрофильных единичных задач. В подобных случаях оптимальным способом удовлетворения запросов, касающихся автоматизации производственных и исследовательских объектов предприятия, будет привлечение сторонних организаций, работающих в сфере инжиниринговых услуг. Имея в штате инженерные и управленческие кадры, обладающие необходимыми знаниями и опытом в области системной интеграции и реализации сложных технических проектов, специализированные инжиниринговые фирмы всегда готовы предложить наиболее оптимальные с технической и экономической точек зрения проектные решения, направленные на максимальное удовлетворение потребностей в автоматизации измерительной и испытательной базы предприятий.

*Новоселов Артем Юрьевич – канд. техн. наук, менеджер проектов,  
Филатов Владимир Владимирович – ведущий инженер,*

*Дорофеев Петр Григорьевич – канд. физ.-мат. наук, исполнительный директор  
ЗАО "НПП "МИКС Инжиниринг".*

*Контактный телефон (495) 276-04-72. E-mail: info@mix-eng.ru Http://www.mix-eng.ru*

## АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ИСПЫТАНИЙ И БАЛАНСИРОВКИ РОТОРОВ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН

**Ю.Ф. Рубцов, Д.Ю. Рубцов (ОАО "НИИУМС")**

*Рассмотрена структура АСУ разгонно-балансирующего сооружения (РБС), предназначенного для испытаний роторов электрических машин с массой ротора до 18 т. Описана система противоаварийной защиты (СПАЗ), обеспечивающая аварийное срабатывание выключателя и отключение приводного двигателя РБС.*

*Ключевые слова: ротор, испытания, электропривод, разгонно-балансирующее сооружение, противоаварийная защита.*

### Введение

Необходимость в испытаниях роторов электрических машин большой мощности привела к решению о разработке и внедрении АСУ разгонно-балансирующим сооружением (РБС). Существующая система управления была аналоговой, выполненной на импортной элементной базе конца 70-х начала 80-х гг. XX века. При этом отсутствовало описание реализованных в системе законов управления, регулирования привода и маслостанции РБС.

Научно-исследовательский институт управляющих машин и систем (ОАО "НИИУМС", г. Пермь) выполнил в рамках договора с ОАО "Привод" проектные, монтажные и наладочные работы по автоматизации оборудования РБС ДН-7 Schenk (производство Германии). РБС ДН-7 предназначено для испытаний и балансировки роторов средних и крупных электрических машин с массой ротора до 18 т и

максимальной частотой вращения 7200 об/мин. Оборудование РБС состоит из электропривода постоянного тока по системе Г-Д (Леонарда) с приводным двигателем мощностью 500 кВт, двигателя постоянного тока валоповоротного механизма и маслостанции для работы системы смазки мультипликатора, подшипников и гидравлики вспомогательных устройств комплекса РБС.

### Теоретические основы проекта

Цель создания АСУ РБС на ОАО "Привод" – разработать законы и алгоритмы управления приводом и маслостанцией на современной цифровой технике, позволяющей проводить гибкую настройку режимов работы стенда ДН-7 в широких диапазонах [1].

Конкретными задачами автоматизации являются:  
- автоматизация процессов испытаний и балансировки роторов электрических машин;



*Научная честность требует постоянно стремиться к такому эксперименту, чтобы в случае противоречия между его результатом и проверяемой теорией последняя была отброшена.*

Имре Лакатос

стройки и наблюдения параметров цифровых регуляторов, а также управляемого запуска САР использовалась инженеринговая система Drive ES (Siemens), имеющая в своем составе ПО DriveMonitor для комплексной наладки, оптимизации и диагностики приводов и библиотеку с графическими и управляющими блоками.

Проведенные испытания свидетельствуют о надлежащем качестве выполненных монтажных и наладочных работ, достаточности ПО АСУ РБС Schenk DH7 и соответствие ее функций проектным документам. При окончательной сдаче системы в эксплуатацию были проведены испытания с другим балансируемым ротором на частоте вращения 7200 об/мин, то есть при включенной второй ступени мультипликатора. Проведена коррекция ПО по работе маслосистемы в соответствии с принятой технологией испытаний и техническим состоянием оборудования маслосистемы.

К информационным функциям АСУ РБС, реализованным в процессе испытаний, относятся:

- сбор и обработка дискретных и аналоговых сигналов, характеризующих положение коммутационных устройств и технологические параметры режимов работы привода и вспомогательного оборудования;
- отображение текущей информации в цифровом виде;
- автоматическое непрерывное предоставление предупредительной информации об угрозе возникновения аварийной ситуации или о срабатывании защиты и блокировок с запоминанием причины и времени;
- сообщение о невыполненных операциях пуска, работы и остановки, а также о неисправностях отдельных составных частей системы.

В качестве примера на рис. 3 приведен протокол сообщений о состоянии оборудования привода и маслосистемы, полученный при испытаниях ротора ТФЭ-10-2-600.

### Система противоаварийной защиты

В ходе выполнения данного проекта также была разработана система противоаварийной защиты (СПАЗ), обеспечивающая аварийное срабатывание быстродействующего выключателя в якорной цепи Г-Д и отключение приводного двигателя при:

- исчезновении напряжения питания трехфазного асинхронного двигателя;
- превышении числа оборотов приводного двигателя постоянного тока максимального граничного значения;
- исчезновении напряжения питания цепей управления, контроля и защиты;
- неисправности тахогенератора или его цепи;
- перегорании предохранителей делителей напряжения в якорной цепи;

- срабатывании минимальной/максимальной токовой защиты цепи возбуждения приводного двигателя;
- срабатывании максимальной токовой защиты цепи возбуждения генератора;
- превышении тока якорной цепи системы Г-Д заданного уставкой значения;
- превышении второго допустимого граничного значения температуры приводного двигателя (когда отключается приводной двигатель, его вентилятор некоторое время продолжает работать).

После срабатывания быстродействующего выключателя производится фиксация предаварийной ситуации на ПК и осуществляется отключение всей силовой установки.

СПАЗ обеспечивает аварийное торможение приводного двигателя постоянного тока путем снятия задания с регулятора скорости с заданным ограничением тока якоря в следующих случаях:

- превышение температуры обмотки статора асинхронного двигателя допустимого граничного значения;
- превышение температуры генератора допустимого граничного значения;
- превышение первого допустимого граничного значения температуры приводного двигателя;
- срабатывание прибора RELG 10, контролирующего замыкание якорной цепи на землю;

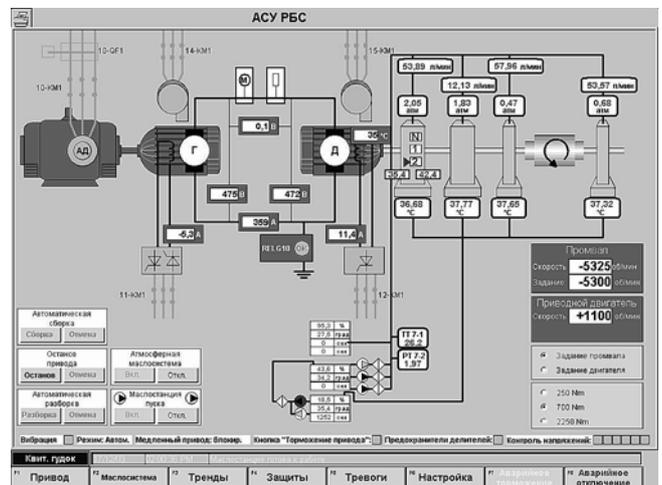


Рис. 2. Окно визуализации функций АСУТП РБС

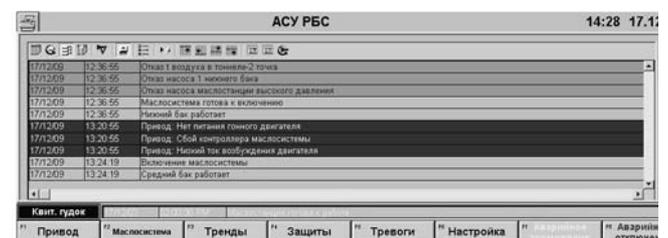


Рис. 3. Протокол сообщений о состоянии оборудования привода и маслосистемы РБС

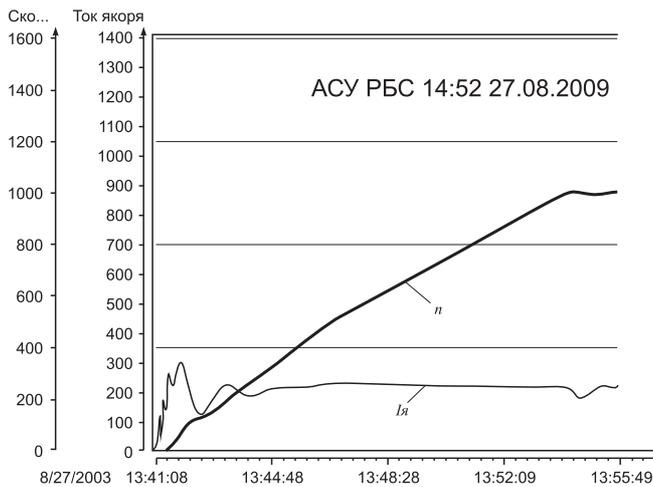


Рис. 4. Тренды основных параметров автоматизированного привода

- срабатывание защиты вентиляторов генератора и приводного двигателя;
- превышение вибраций во время испытаний допустимых значений (команда на аварийное торможение должна подаваться от системы Алмаз);
- срабатывание защиты маслосистемы.

После аварийного торможения и остановки двигателя производится фиксация предаварийной ситуации на ПК и отключение всей силовой установки.

Во избежание ошибочных действий оператора, которые могли бы привести к непредсказуемым последствиям и аварийным ситуациям, в АСУ привода РБС предусматриваются следующие блокировки:

- запрет включения асинхронного двигателя (пуска привода), если не разблокирована команда немедленного отключения приводного двигателя, вентиляторы приводного двигателя, генератора и шкафов не включены, отсутствует напряжение управления, температура машин и параметры маслосистемы не в норме;
- запрет отключения асинхронного двигателя, если обороты приводного двигателя не равны нулю;
- запрет включения приводного двигателя посредством быстродействующего выключателя, если оператором не разблокированы команды немедленного отключения и торможения приводного двигателя, венти-

**Рубцов Юрий Федорович** — канд. техн. наук, зам. заведующего научно-производственным компьютерным центром ОАО "Научно-исследовательский институт управляющих машин и систем", проф. ПГТУ (г. Пермь),

**Рубцов Денис Юрьевич** — заведующий научно-производственным компьютерным центром ОАО "Научно-исследовательский институт управляющих машин и систем".

Контактные телефоны: (342) 277-18-88, 277-28-88. E-mail: niiumc@permlink.ru / rehino@permlink.ru

ляторы приводного двигателя, генератора и шкафов не включены, отсутствует напряжение управления, преобразователи цепей возбуждения не включены, напряжения генератора и приводного двигателя не равны;

- запрет на 150% Ином перегрузку приводного двигателя, если его температура превышает первое допустимое граничное значение.

### Выводы

Функции контроля, управления, защиты и блокировок в АСУ "Привод" реализованы с помощью ПЛК Simatic S7-300 и операторской станции Simatic RACK PC IL 40. При программировании функций контроля, управления, защиты и блокировок в контроллере Simatic S7-300 использовалась фирменная лицензионная инженеринговая система STEP 7 с библиотекой блоков Drive ES SIMATIC, а на операторской станции — система сбора информации и диспетчерского управления (SCADA) WinCC.

Точные значения уставок регуляторов, обеспечивающих требуемое качество регулирования, были найдены в процессе наладки и опытно-промышленной эксплуатации РБС. На рис. 4 приведены тренды основных параметров автоматизированного привода, полученные в период сдачи РБС в опытно-промышленную эксплуатацию, при балансировке ротора СДГ-12500.

Автоматизации функций испытаний, балансировки и контроля роторов является перспективным направлением исследований в энергетическом машиностроении и может быть реализована для других сложных систем приводов.

### Список литературы

1. Богданов В.Г., Гаврилов В.П., Куликов Н.Д., Любимов Э.В. Разработка и внедрение интегрированных АСУ ТП разгонно-балансировочных сооружений // Сб. науч. тр. НИИУМС. Пермь, 2004.
2. Рубцов Ю.Ф. Реализация функций управления и контроля в АСУ ТП разгонно-балансировочного сооружения // Приборостроение и средства автоматизации. 2004. № 12.
3. Любимов Э.В. Математическое моделирование систем автоматического регулирования разгонно-балансировочного сооружения // Сб. научн. тр. НИИУМС. Пермь. 2008.

### 19-21 октября 2010 г. состоится X международная конференция "Системы проектирования, технологической подготовки производства и управления этапами жизненного цикла промышленного продукта (CAD/CAM/PDM-2010)"

Тематика конференции: организация структур технических и программных средств проектирования и управления. Средства взаимодействия, структуры данных, международные стандарты; компьютерная графика и CAD/CAM/PDM-системы в учебных процессах (программы обучения по дисциплинам, методические материалы, тестирование). Средства виртуальной

реальности в промышленных системах; интегрированные производственные системы и управление ТП. PDM-системы; проектирование в машиностроении и строительстве; проектирование в радиоэлектронике.

Место проведения: Москва, Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН.

<http://lab18.ipu.rssi.ru>