

## СИСТЕМЫ РЕГУЛИРОВАНИЯ В ЭНЕРГЕТИКЕ – ПОДХОДЫ И РЕШЕНИЯ

В.В. Ларионова (ООО "ПромАвтоматика")

*Представлены подходы и решения, предлагаемые ООО "ПромАвтоматика" для систем регулирования в энергетике. Рассмотрены регуляторы частоты и мощности для гидравлических и паровых турбин.*

Фирма ПромАвтоматика занимается разработкой и поставкой АСУТП. Большие наработки в области программных и технических компонент позволяют выработать общий подход в решении различных задач управления и регулирования, применять их как базу для создания систем управления в разных отраслях. Но есть области, где наши наработки становятся принципиальными. Это, прежде всего, энергетика.

Здесь имеется множество задач, которые требуют малого времени регулирования. Требуются уникальные блоки для преобразования нестандартных сигналов датчиков, управления нестандартным оборудованием, требуются системы повышенной надежности, зачастую компания поставляет дублированные и троированные системы. В то же время там, где это возможно, широко используются компоненты других производителей, что позволяет оптимизировать соотношение "время-цена".

Для энергетики ООО "ПромАвтоматика" поставляет различные системы: регуляторы частоты и мощности гидравлических и паровых турбин, системы управления модульной газотурбинной электростанцией, автоматическим возбуждением синхронного генератора, управления маслonaпорной установкой. Нашими партнерами и заказчиками за годы работы стали АО "Ленинградский металлический завод", ФГУП "Завод им. Климова", Энергомашкорпорация, Всероссийский электротехнический институт им. В.И. Ленина (ВЭИ). Последняя разработка компании- групповой регулятор активной и реактивной мощности, который внедряется на Саяно-Шушенской ГЭС.

В условиях развития технического прогресса, внедрения разнообразных электронных систем в

промышленности и быту на первый план выходят требования к стабильности частоты сети. Технический уровень отечественных норм и требований к поддержанию частоты и мощности уступает нормам Западно-Европейского объединения UCTE (Union for Coordination of Transmission of Electricity). Так, допустимые отклонения частоты в нормальном режиме отличаются в 4 раза:  $\pm 200$  мГц в ЭЭС России и  $\pm 50$  мГц в UCTE, предельные отклонения – в 2,2 раза:  $\pm 400$  мГц и  $\pm 180$  мГц соответственно. Первичный режим мощности и условия его использования в UCTE жестко регламентированы, а в ЭЭС России – вообще не нормируется. Нормативы на мертвую зону регулирования скорости в ЭЭС больше в 4 раза (75...150 мГц), чем на Западе (20 мГц).

На начальном этапе развития рынка электростанции были вынуждены экономить на перевооружении и зачастую нарушали и эти требования по регулированию частоты, что отрицательно сказывалось как на потребителях электроэнергии, так и на состоянии самой ЭЭС России. Системы автоматического регулирования, эксплуатируемые на электростанциях, построены в основном на аналоговой технике, что практически не позволяет реализовать сложные алгоритмы управления, рассчитанные на различные эксплуатационные режимы работы с учетом ограничений. Такие системы можно построить только с использованием ПЛК.

В настоящее время поставлена задача расширения рынка сбыта электроэнергии на Запад, то есть необходимо подготовить ЭЭС России к включению на параллельную синхронную работу с энергообъединениями Центральной и Западной Европы. ООО "ПромАвтоматика" совместно с

ВЭИ разработали систему для преобразования электроэнергии, вырабатываемой в России, в электроэнергию, синхронизированную с финской энергосистемой. Это дорогостоящий метод выпрямления и генерации. Ясно, что более приемлемый метод – это синхронизация ЭЭС России с западной энергосистемой посредством надежных методов поддержания частоты и мощности.

Фирма ПромАвтоматика по заказу и при поддержке АО "Ленинградский металлический завод" еще 8 лет назад начала выпуск регуляторов частоты и мощности. Первые регуляторы выпускались для гидравлических турбин. Вначале они поставлялись исключительно за границу из-за не заинтересованности отечественных станций в качестве регулирования. Первой отечественной станцией, которая была перевооружена новыми регуляторами, стала Красноярская ГЭС. На этой же станции была произведена реконструкция гидравлической части регулирования с прямым управлением главным золотником. Сейчас разработан и протестирован шкаф автоматики, который совмещает регулирование частоты и мощности для гидравлических турбин, управление маслonaпорной установкой (МНУ) и вспомогательным оборудованием.

Регулятор решает следующие задачи:

- автоматический пуск и останов гидроагрегата (ГА);
- автоматическая подгонка частоты ГА при синхронизации;
- ведение технологических режимов при работе в сети;
- нормированное участие в первичном регулировании частоты при работе в сети;
- автоматическое переключение в режим регулирования частоты при выделении на изолированный район;



Рис. 1. Структурная схема регулятора частоты и мощности для гидротурбин

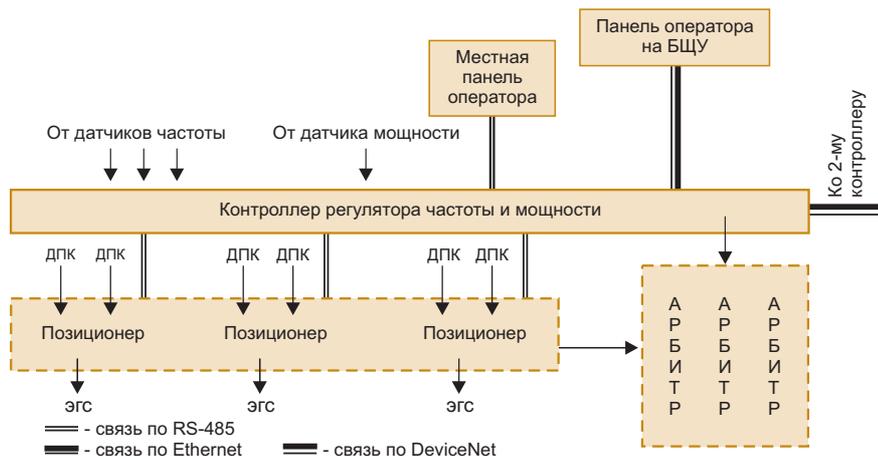


Рис. 2. Структура регулятора частоты и мощности паровой турбины, где ДПК – датчик положения клапана

- противоразгонная защита и командоаппарат.

Регулятор может работать как с радиально-осевой турбиной, так и с поворотной-лопастной, то есть рассчитан на два регулирующих органа. Имеются интерфейсы для связи по сетям Ethernet, Profibus, DeviceNet и через различные протоколы последовательной связи типа Modbus. Основной контроллер и контроллер командоаппарата собраны из стандартных модулей фирм Octagon и Fastwel. Компанией разработаны модули чтения частоты и контроллер управления электрогидравлической следящей системой (ЭГСС) на базе микроконтроллера, это позволяет регулировать с частотой в 250 мкс и обеспечить качество регулирования не хуже аналогового. ПО позволяет автоматизировать процесс наладки ЭГСС, проверку достоверности информации, а также произвести идентификацию комбинаторной зависимости в случае поворотной-лопастной турбины. Структурная

схема регулятора частоты и мощности для гидротурбин представлена на рис.1.

ПО регулятора частоты и мощности гидротурбины построено с учетом рекомендаций Международного кода IEC-61362 97. Регулятор работает на специально синтезированных для минимально-фазовых объектов ПИД- и ПИ-формирователей, компенсирующих влияние этого фактора на устойчивость контура регулирования.

Для управления МНУ была разработана система, основной задачей которой является поддержание необходимого объема и давления масла в системе управления гидроприводом. Система управляет масляными насосами с возможностью изменения приоритетов, автоматическое управление лекажными агрегатами, воздушным компрессором и маслоохладителем.

Для ЕЭС определяющую роль в поддержании частоты и мощности играют ГРЭС, и следующей разработкой ООО "ПромАвтоматика" стал регулятор частоты и мощности для паровых турбин. Для реализации качественного регулиро-

вания частоты был сразу же выбран путь прямого регулирования клапанами турбины на цилиндрах высокого и среднего давления. Этот метод требует реконструкции гидравлической части турбины, поскольку дополнительно устанавливаются электрогидравлические преобразователи-сумматоры (ЭГС), что несколько удорожает реконструкцию турбины. При этом удается исключить инерционность гидравлического регулятора. Дополнительно также устанавливается "звездочка" на валу турбины, три датчика частоты фирмы Graup для регулирования и три – для защиты. ЭГС могут воздействовать сразу на два клапана турбины. Для управления ЭГС нами разработаны блоки позиционеров со временем регулирования 1 мс, они учитывают нелинейную характеристику клапанов.

Основные задачи, решаемые регулятором (рис. 2):

- регулирование частоты вращения турбины в соответствии со статической характеристикой и мощности по заданию от системы управления энергоблоком;
- обеспечение участия энергоблока в первичном регулировании частоты сети с заданной зоной нечувствительности (<0,04%) и заданным статизмом;
- обеспечение ограничения превышения частоты вращения  $\pm 108\%$  при сбросе номинальной нагрузки генератора;
- автоматическая нагрузка/разгрузка турбины с коррекцией темпа по контролю теплонапряженного состояния металла турбины;
- взаимодействие с системой управления энергоблока;
- независимая противоразгонная защита турбины;
- регулирование давления в теплофикационном отборе.

Регулятор выполнен как полностью дублированная система. Дублированными являются: система питания; контроллеры регулятора; позиционеры; гальванические развязки входных сигналов; выходные блоки усилителей мощ-

ности и токов подмагничивания; операторские панели.

Управление ведется по принципу "ведущий-ведомый". Выбор ведущего может осуществляться либо в ручную, либо автоматически. В любом случае за работоспособностью системы наблюдает троированный арбитр, который анализирует возможность исполнения контроллером роли ведущего и переключает на второй в случае необходимости. Для обеспечения безударности переключения ведущий контроллер постоянно передает информацию о состоянии регуляторов и уставках ведомому контроллеру.

Такая структура повышает надежность системы, позволяет осуществлять необходимые замены модулей без остановки турбины.

Испытания, проведенные при пуске энергоблока 800 МВт на Рязанской ГРЭС, подтвердили заявленную зону нечувствительности регулирования частоты в 10 мГц. Качество переходных процессов обеспечивает надежную защиту турбины от забросов частоты вращения.

В то же время в состав систем поставляется электронный блок противоразгонной защиты. Данный блок имеет время реакции не выше 1 мс. Он построен на базе программируемой матрицы и воспринимает сигнал от датчика частоты, выдает предупредительную сигнализацию по достижении заданной первой ступени разгона и воздействует через реле на стопорные клапаны в случае достижения второй ступени. Блок троированный работает по принципу "два из трех". Имеет возможность смены уставок срабатывания, специально проработаны средства самодиагностики, что позволяет тестировать блок без разгона турбины, что выгодно отличает его от механических предшественников.

Следующий шаг, который необходимо сделать, — это создать систему регулирования энерго-

блоком, куда бы вошли регулятор котла и управление вспомогательным оборудованием.

Хотелось бы остановиться на подходах, которые использует фирма ПромАвтоматика при создании систем. Прежде всего, фирма стремится к накоплению интеллектуального потенциала за счет усложнения решаемых задач. В каждую систему можно включить типовые компоненты, которые во множестве имеются на рынке, выпускаются в массовых масштабах и потому имеют заведомо ниже стоимость, чем вновь разрабатываемые. В то же время есть компоненты, которые либо дороги, либо отсутствуют в данный момент, и разработка которых позволит качественно решить задачу. В данный момент компанией наработано уже большое число интеллектуальных модулей специального назначения таких, как регуляторы, измерители частоты в широких диапазонах с большой точностью. Это стало базисом для создания принципиально нового для нас и, как мы знаем, для рынка контроллера с развитым ПО, разработка которого будет завершена в этом году. Новый контроллер позволит охватить создание "малых" систем, систем сбора информации и регуляторов с малым временем регулирования.

Фирма признает приоритет ПО в системах управления ТП и именно поэтому постоянно развивает собственную систему программирования Полигон, отвечающую требованиям стандарта IEC3111-3. Система имеет удобный интерфейс, продуманную графическую оболочку, но, самое главное, позволяет без труда включать новые алгоритмы управления, создавать драйверы для новых технических средств, для программирования протоколов связи с другими системами и модулями. Диспетчер РВ позволяет обеспечить минимальные циклы регулирования до 100 мкс.

При этом специалисты компании опираются на РС-совместимые контроллеры, которые выгодно отличаются открытостью структуры, частым увеличением быстродействия процессорных плат.

В ПО включено большое число вспомогательных блоков, которые позволяют сделать качественные системы. Архивы сообщений, хранители уставок, текущих режимов позволяют продолжить работу после перезагрузки контроллера. Есть блок "черный" ящик, который позволяет сохранять важную информацию с большой частотой (не хуже времени регулирования), до и после фиксированного события.

Компания всегда строит системы так, что они могут функционировать без надстройки "верхнего" уровня, обычно поставляется шкафы с местным пультом управления, что позволяет корректно управлять установкой без операторского компьютера. Но, конечно, компьютер оператора оснащается всеми необходимыми атрибутами современной системы управления: экраны с мнемосхемами установок, архивами сообщений, трендами и т.д.

Компания помнит, в какой ответственной области работает, поэтому большое внимание уделяется защищенности основных интеллектуальных модулей в процессе пуска-наладки и эксплуатации, всегда используются внешние индивидуальные гальванические развязки всех сигналов, входящих в шкаф извне на 2500В. Большое внимание уделяется программному контролю обрывов сигналов датчиков, калибровки и т.д.

Системы управления — это целый комплекс идей и организационных решений. Создать безупречно надежную систему, способную адекватно реагировать на любые ситуации, — вот та задача, которую мы перед собой ставим и к решению которой приближаемся.

*Ларионова Вера Владимировна — директор по развитию ООО "ПромАвтоматика"  
Контактный телефон (812) 320-81-46. E-mail: lv@pa.ru <http://www.pa.ru>*