

ИССЛЕДОВАНИЕ РЕЖИМОВ ЗАГОРСКОЙ ГАЭС

М.А. Мясина, Н.М. Космынина

Научный руководитель - доцент Н. М. Космынина

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Загорская гидроаккумулирующая электростанция (ГАЭС) расположена в Московской области и является крупнейшей гидроаккумулирующей электростанцией России. Установленная мощность станции в турбинном режиме составляет 1200 МВт. В насосном режиме, при перекачке воды из нижнего бассейна в верхний, потребляется 1320 МВт [5].

Суточные графики нагрузки Центральной энергосистемы характеризуются ярко выраженными утренним и вечерними пиками и глубокими провалами в ночные часы. В часы, когда в энергосистеме избыток электрической энергии (преимущественно ночью), гидроагрегаты ГАЭС работают в качестве насосов и, потребляя дешевую избыточную электроэнергию (рис.1), перекачивают воду из нижнего бассейна в верхний аккумулирующий бассейн. В часы, когда в энергосистеме образуется дефицит генерирующей мощности, преимущественно - в утренние и вечерние часы, гидроагрегаты ГАЭС работают в качестве генераторов (рис.1) и превращают энергию падающей воды – в электрическую.

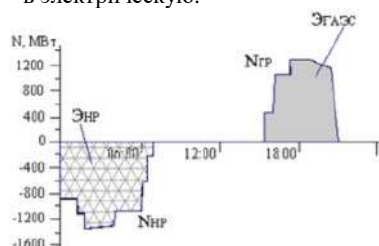


Рис.1 Типовой график работы Загорской ГАЭС [4]

Таким образом, выполняется оптимизация режимов работы электростанций энергосистемы, путем исключения необходимости остановки и глубокой разгрузки в ночные часы тепловых агрегатов крупноблочных ГРЭС и ТЭЦ, что приводит к экономии топлива и издержек на ремонт. Кроме использования ГАЭС в насосном, турбинном режиме, часть агрегатов значительное время используется в режиме синхронного компенсатора (СК) в целях регулирования напряжения системообразующей сети 500 кВ энергосистемы [1].

Из-за небаланса генерации и потребления, который может произойти при внезапных аварийных отключениях в энергосистеме, произойдет изменение частоты, напряжения, что может привести к возникновению лавины данных величин в случае их уменьшения и потере устойчивости. ГАЭС является быстродействующим регулятором, позволяя сбалансировать мощности генерации и потребления, тем самым поддерживая нормативные значения частоты и напряжения [2].

На рис.2 представлена главная схема электрических соединений Загорской ГАЭС [2].

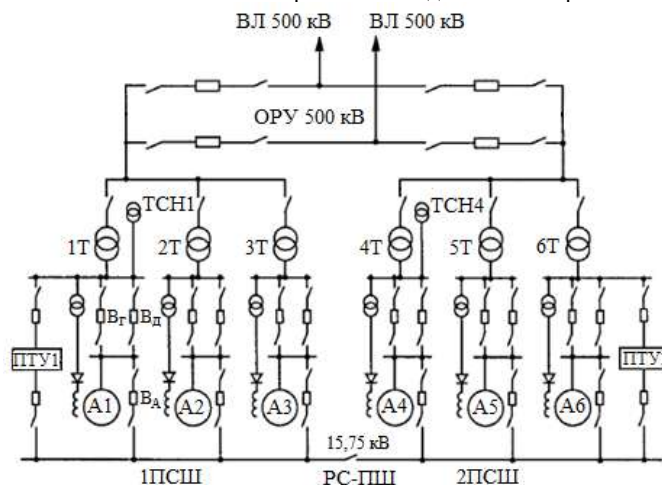


Рис.2 Главная схема электрических соединений Загорской ГАЭС

В машинном зале станции установлены 6 обратимых гидроагрегатов. Выдача мощности ГАЭС в энергосистему (прием мощности из энергосистемы) и распределение ее по линиям электропередач осуществляются через открытое распределительное устройство на напряжение 500 кВ (ОРУ-500 кВ). Электрическая схема ОРУ-500 кВ представляет собой схему «четырёхугольника», к противоположным вершинам которого присоединены два укрупненных электрических блока Б-1 и Б-2 (включают в себя по три блока генератор-трансформатор) и две линии электропередач: «ВЛ-500 кВ Костромская ГРЭС-Загорская ГАЭС» и «ВЛ-500 кВ Загорская ГАЭС-Трубино» [5].

СЕКЦИЯ 12. ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ, АВТОМАТИЗАЦИЯ ОБЪЕКТОВ НЕФТЕГАЗОВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Электрическая синхронная машина ГАЭС является обратимым агрегатом (реверсивной машиной). В турбинном режиме она работает как синхронный гидрогенератор, в насосном режиме – как синхронный двигатель. Для перехода из турбинного режима в насосный необходимо изменить направление вращения вала и рабочего колеса гидроагрегата для изменения направления движения потока воды в проточной части гидроагрегата и внешних водоводах. Это производится включением выключателя Вд (рис. 2), который соединен параллельно с генераторным выключателем Вг и имеет обратное чередование фаз [3].

Если в генераторном режиме снижать активную мощность, закрывая лопатки направляющего аппарата (НА) турбины, и одновременно увеличивать ток возбуждения (для перевозбуждения), то генератор перейдет в режим работы СК, выдавая в сеть только реактивную мощность. Чтобы уменьшить потери энергии в этом режиме, необходимо отжать воду из области рабочего колеса гидроагрегата. При недовозбуждении электрическая машина будет потреблять реактивную мощность, что также бывает полезным для регулирования напряжения в узлах энергосистемы. Работать в режиме СК машина может как при генераторном направлении вращения ротора (режим СКг), так и при двигательном (режим СКн). Двигательный режим СКн не используется. Кроме того, для агрегатов ГАЭС применяется режим вращающегося резерва (ВР). Вращающийся резерв – резерв в виде работающих и частично недогруженных агрегатов, на которых время загрузки до полной мощности измеряется минутами. Это самый маневренный резерв мощности [3]. В различных режимах работающих гидроагрегатов контролируется значение потребляемой/выдаваемой активной и реактивной мощности [4]:

Таблица 1

Контролируемые значения потребляемой/выдаваемой мощности ГД

Вид мощности	Режим	Генераторный	Насосный	СКг и СКн
Активная	выдача	до 200 МВт	-	-
	потребление	-	210÷220 МВт	14 МВт
Реактивная	выдача	при $P_{ном}$		до 180 МВАр
		0÷120 МВАр	0÷73 МВАр	
	потребление	0÷65 МВАр	0÷50 МВАр	120 МВАр

В условиях нормальной эксплуатации включение гидроагрегата в сеть должно выполняться методом точной автоматической синхронизации. При пуске в Г (генераторный режим) происходит разворот ротора водой путем открытия НА. По достижении оборотов 95% от номинальных в обмотку возбуждения ротора подается ток возбуждения $I_p = I_{xx} = 780$ А (40% от номинального). При выполнении условий синхронизации включается выключатель В-Г (рис.2). Пуск в СКг выполняется аналогично, но с последующим автоматическим закрытием НА и отжатием воды из камеры рабочего колеса [3].

Пуск в Н выполняется при отжатой воде из камеры рабочего колеса и закрытом НА. Начальный разворот и разгон ротора осуществляется пусковым тиристорного устройства (ПТУ). При этом в обмотку возбуждения ротора подается ток возбуждения $I_p = I_{xx} = 780$ А, а обмотка статора ГД подключается к пусковым шинам от ПТУ-1 или ПТУ-2 включением выключателя В-А (рис.2). Ток статора регулируется ПТУ и составляет 800 А. При выполнении условий синхронизации отключается выключатель В-А и включается выключатель В-Д. Затем автоматически выпускается воздух из камеры рабочего колеса и НА открывается до номинального значения.

При останове из Г производится уменьшение тока возбуждения до $I_p = I_{xx} = 780$ А, разгрузка ГД по активной и реактивной мощности путем закрытия НА. Затем отключается выключатель В-Г и полностью закрывается НА, ток возбуждения снижается до нуля и происходит полный останов Г посредством тормозных колодок.

При останове из СКг производится отключение выключателя В-Г после разгрузки ГД по реактивной мощности, с последующим выпуском воздуха из камеры рабочего колеса.

При останове из Н уменьшается ток возбуждения до $I_p = I_{xx} = 780$ А и закрывается НА до 5%, происходит отключение выключателя В-Д с последующим закрытием НА. Ток возбуждения плавно снижается до нуля [3].

Таким образом, работа Загорской ГАЭС в различных режимах позволяет повысить надежность работы объединенной энергосистемы Центральной России, участвуя в автоматическом регулировании частоты и перетоков мощности в Московском регионе и покрывая суточные пиковые нагрузки в Московской и Центральной энергосистеме.

Литература

1. Александровский А. Ю., Солдаткин А. Ю. «Оценка влияния изменения условий эксплуатации на суточный режим работы ГЭС». Гидротехническое строительство №8, 2011: 15-19.
2. Серебрянников Н.И., Родионов В.Г., Кулешов А.П., Магрук В.И., Иванущенко В.С. Гидроаккумулирующие электростанции. Строительство и эксплуатация Загорской ГАЭС. – М.: Изд-во НЦ ЭНАС, 2000. – 368 с.
3. Инструкция по эксплуатации генератора-двигателя ВГДС 1025/245-40 УХЛ 4.
4. Магрук В. И., Родионов В. Г. Режимы работы Загорской ГАЭС и ее роль в создании рынка системных услуг // Гидротехническое строительство. 2001. № 9. с. 2-8.
5. Синюгин В.Ю., Магрук В.И., Родионов В.Г. Гидроаккумулирующие электростанции в современной электроэнергетике / В.Ю. Синюгин, В.И. Магрук, В.Г. Родионов. – М : ЭНАС, 2008. – 352 с.