

УДК 621.3

ПЕРСПЕКТИВЫ СТРОИТЕЛЬСТВА ГИДРОАККУМУЛИРУЮЩИХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СТАНЦИЙ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

Гиль П.А., Колосов А.М.

Научные руководители – ассистент Денисов С.М., ассистент Зеленин Д.С.

Производство электроэнергии на Белорусской АЭС и ее потребление представляют собой процессы, взаимосвязанные таким образом, что в силу физических закономерностей мощность потребления электроэнергии в любой момент времени должна быть равна генерируемой мощности.

Хорошо известно, что крупные тепловые и атомные электростанции должны работать в так называемом базовом режиме, т.е. с постоянной нагрузкой, достаточно длительное время. В этом случае они имеют максимальную эффективность. С другой стороны, потребляемая нагрузка изменяется в течение суток и недели. График нагрузки некоторого района или города, представляющий собой изменение во времени суммарной мощности всех потребителей, имеет провалы и максимумы. Число электростанций и их мощность определяются относительно непродолжительным максимумом нагрузки потребителей. Это приводит к недоиспользованию оборудования и удорожанию энергосистем, и увеличению себестоимости электричества. Периодические включения и отключения ТЭС не позволяют решить задачу регулирования мощности из-за большой продолжительности этих процессов. Для урегулирования этого противоречия необходимы маневренные регуляторы нагрузки, одним из вариантов которых являются гидроаккумулирующие электростанции (ГАЭС).

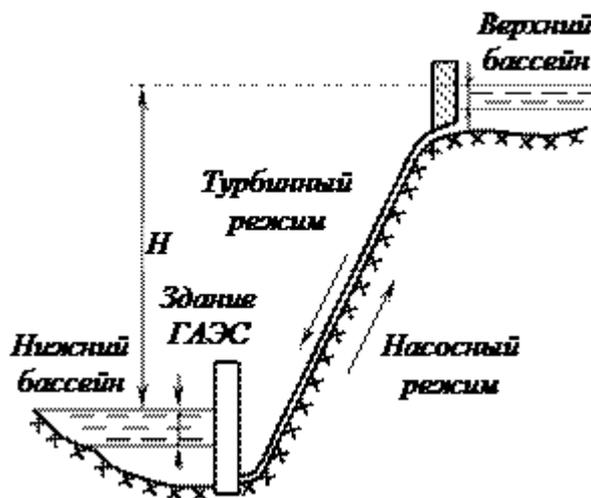


Рисунок 1 – Принципиальная технологическая схема гидроаккумулирующей электростанции с использованием водохранилищ в качестве резервуаров перекачиваемой воды

Принципиальная технологическая схема ГАЭС показана на рисунке 1. Принцип ее действия заключается в следующем. В период спада потребления энергии в энергосистеме ГАЭС работает в насосном режиме и перекачивает воду из нижнего бассейна в верхний. При этом она потребляет избыток электрической мощности, тем самым, позволяя АЭС работать с относительно постоянной нагрузкой. В периоды максимальных нагрузок ГАЭС переходит в генераторный режим, сбрасывая накопленную воду верхнего бассейна. Выдаваемая в этом режиме в сеть электрическая мощность обеспечивает постоянство нагрузки АЭС, срезая пики нагрузок.

ГАЭС выполняют в современных энергосистемах роль маневренной мощности, мобильного резерва, способствуют повышению надёжности электроснабжения и экономии органического топлива. Они используются для покрытия пиковой части графиков электрической нагрузки, для участия в регулировании частоты и мощности, для улучшения

режимов работы ТЭС и АЭС. В частности, ГАЭС очень хорошо сочетаются по режиму своей работы с ГРЭС и АЭС, которые неэкономично, технически невозможно и бессмысленно останавливать ночью в период значительного спада электрической нагрузки. Избыточная ночная мощность ГРЭС и АЭС как раз и может быть использована для закачивания воды в верхние бассейны ГАЭС.

Потребление электроэнергии в зависимости от времени изменяется вместе с его течением. Однако, расположение пиков и провалов в течение дня остается неизменным.

На рисунке 2 приведен примерный график электрических нагрузок в зависимости от времени суток для Республики Беларусь на 2012 год.

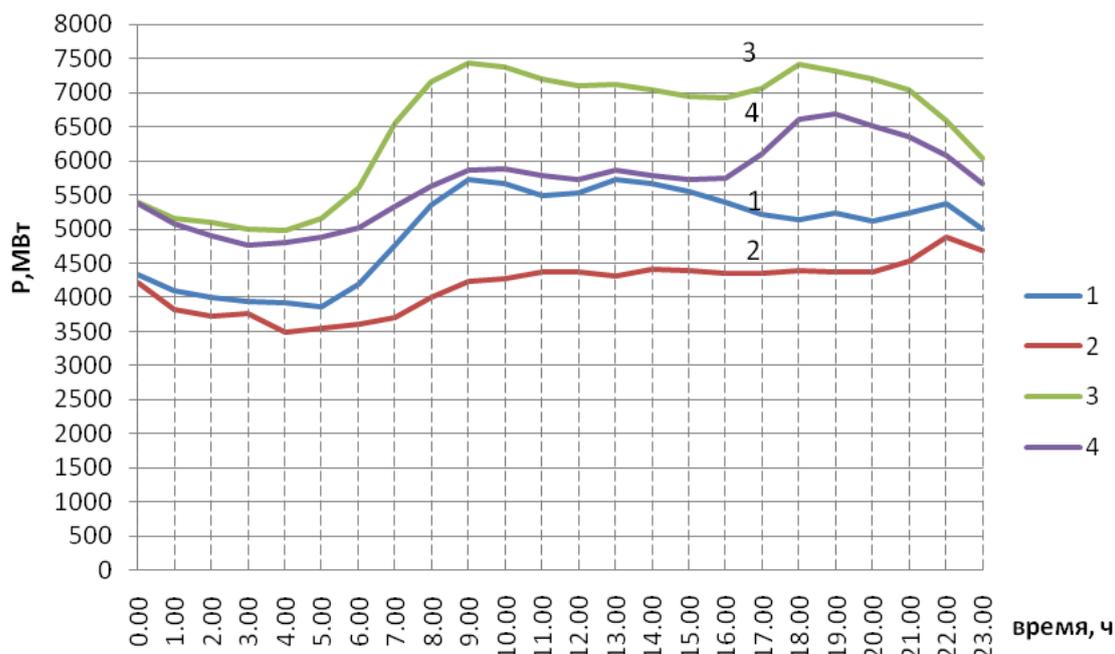


Рисунок 2 – Суточный график электрических нагрузок энергосистемы
Условные обозначения на графике: 1 – летний рабочий день; 2 – летний выходной день;
3 – зимний рабочий день; 4 – зимний выходной день

На графике четко видны периоды минимального потребления в ночное время (период ночного провала:), максимального потребления в утренние (период утреннего пика) и вечерние (период вечернего пика) часы, а также периоды среднего потребления (периоды полупиков). Анализируя график, несложно прийти к выводу, что для сглаживания пиков необходимо внешнее влияние, которое можно осуществить с помощью ГАЭС.

Различают ГАЭС чистого аккумулирования и смешанного типа. У ГАЭС чистого или простого аккумулирования верхний бассейн не имеет притока воды. Работа происходит при одном и том же объеме воды, перекачиваемом из нижнего бассейна в верхний и сливаемом в турбинном режиме из верхнего в нижний бассейн. Лишь небольшие потери воды происходят в результате испарения и инфильтрации. У ГАЭС смешанного типа в верхний бассейн имеется приток воды, и станция может работать в турбинном режиме не только за счёт насосной подачи, но и на естественном притоке.

В настоящее время построены и проектируются достаточно мощные ГАЭС: 2400 МВт в ФРГ, 2000 МВт в США, 1200 МВт в России (Загорская ГАЭС) и др.

По схожему принципу работают газоаккумулирующие электростанции. В них рабочим телом является инертный газ, закачиваемый (аккумулируемый) под большим давлением в емкость (обычно, подземные естественные полости). Запасенный таким образом газ работает в газовых турбинах. Наиболее мощная электростанция такого типа построена в США – 220 МВт.

Помимо гидро- и газоаккумулирующих станций существуют концепции иных электростанций, использующих гравитационный принцип генерирования электроэнергии. В частности, достаточно перспективной выглядит представленная на рисунке 3 конструкция установки, использующей энергию грузов для вращения вала генератора. В данной установке в моменты пиковой нагрузки энергосистемы грузы спускаются вниз под действием силы тяжести. В часы ночного провала потребления электроэнергии осуществляется её потребление установкой для подъёма грузов на прежнюю высоту.

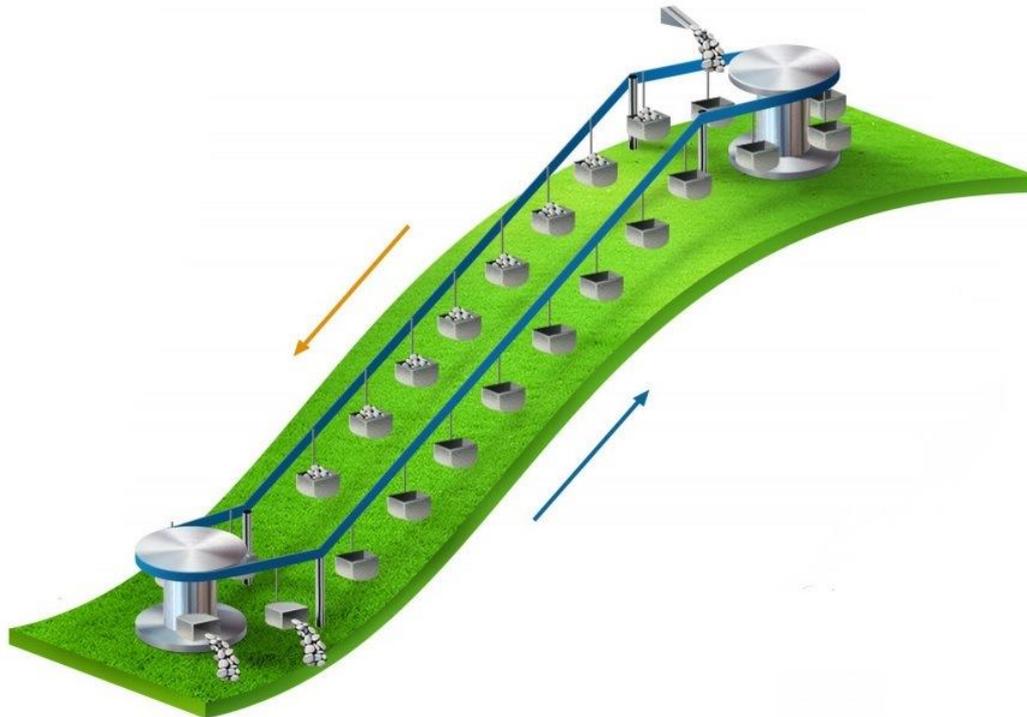


Рисунок 3 – Принципиальная схема аккумулирующей электростанции вагонеточного типа.

Стандартные функции ГАЭС за последние десятилетия наполнились новым содержанием. Если изначально главной задачей ГАЭС была работа в генераторном режиме в часы пика нагрузки, а потребление электроэнергии при прямом преобразовании ГАЭС считалось неизбежным злом, снижающим КПД станции и повышающим стоимость ее пиковой энергии, то в новых условиях, при создании мощных тепловых блоков, особенно на атомных электростанциях, имеющих ограниченные возможности регулирования мощности, большей проблемой стало прохождение ночного минимума нагрузки, когда тепловые блоки не могут быть разгружены не только по техническим условиям, но и в связи с необходимостью несения тепловой нагрузки. При этом «зло зарядки» ГАЭС превращается для энергосистемы во благо, особенно в тех регионах, где преобладают АЭС. Кроме того, гидроагрегаты успешно используются и для регулирования в энергосистеме частоты и напряжения.

С образованием в последнее десятилетие в электроэнергетике ряда стран оптового рынка электроэнергии мощности (ОРЭМ) на первый план выходит также использование ГАЭС как источника быстро вводимого резерва активной мощности (для сравнения: современные газотурбинные или парогазовые установки требуют 5-10 мин для выхода на полную мощность против 2-3 мин у ГАЭС). Таким образом, в современной энергетике ГАЭС превращается в многофункциональный источник оказания системных услуг, способствующих не только оптимизации суточного графика нагрузок, но и повышению надежности и качества электроснабжения.

Сегодня гидроаккумулирующие ГАЭС растут быстрее всего там, где ограничен доступ к недорогим «пиковым станциям» на природном газе, которые построены специально для запуска во время высокого спроса, например, ближе к вечеру в жаркие летние дни.

Пиковые станции используются также для покрытия провалов в энергопоставках, когда нет ветра или облака закрывают солнце. ГАЭС могут решать те же самые задачи. Ветровая генерация, к примеру, максимальна по ночам, когда потребность в энергии минимальна, и электроэнергия просто не нужна в больших количествах. Тем не менее, ГАЭС требуют больше энергии, чем могут вернуть, то есть эта технология имеет смысл только в энергосистемах, в которых имеются излишки генерации в течение некоторых периодов времени и недостаток в другие периоды. Кроме того, эта технология имеет недостатки в виде влияния на окружающую среду. Работа ГАЭС сопровождается изменениями уровня воды в верхнем и нижнем резервуарах.

Как известно, в настоящее время в Беларуси сооружается Белорусская АЭС, что может вызвать серьёзные проблемы в возможностях регулирования нагрузки в энергосистеме. Белорусская энергосистема лишена возможности использовать регулирование, связанное с широтными перетоками мощности. Поэтому даже при условии разгрузки АЭС до технического минимума во время ночного снижения нагрузки как летом, так и зимой возникает избыток генерирующей мощности.

Строительство и ввод Белорусской АЭС позволит вывести из работы ряд мелких и неэкономичных дизельных электростанций и ГТУ и даст возможность тепловым электростанциям перейти из полупикового режима работы в базовый, что значительно улучшит технико-экономические показатели электростанций и энергосистемы в целом.

В качестве компенсирующего органа в энергосистеме предлагается сооружение аккумулирующей станции одного из приведенных в статье типов. Наиболее осуществимым на сегодняшний день будет строительство ГАЭС. Преимущества ГАЭС в качестве компенсатора изменения нагрузки в энергосистеме:

1. ГАЭС являются в условиях современного индустриального общества эффективным маневренным инструментом суточного (в пиковые и ночные часы), недельного (в рабочие и выходные или праздничные дни) и сезонного (в отопительный и межотопительные периоды) регулирования графика нагрузки энергосистемы, повышения качества и надежности электроснабжения, обеспечения быстрых поставок электроэнергии на оптовый и розничные рынки электроэнергии.

2. ГАЭС являются быстрокупаемыми (до 7-8 лет) и сравнительно мало затратными сооружениями как по капитальным (250-300 у.е. на установленный кВт мощности против 700-800 у.е. для ТЭС или ТЭЦ), так и эксплуатационным расходам (0,34 единицы персонала на 1 МВт установленной мощности, отсутствие топливной составляющей).

3. ГАЭС, в отличие от ГЭС, используют для выработки электроэнергии воду в практически замкнутом цикле (с подпиткой от открытого источника) и наносят меньший экологический ущерб окружающей природе.

Литература

1. Гидроаккумулирующие электростанции в современной электроэнергетике. / В.Ю. Синюгин, В.И. Магрук, В.Г. Родионов. – М.: ЭНАС, 2008. – 352 с.
2. Сайт <http://bse.sci-lib.com>
3. Сайт <http://dic.academic.ru>