

## ГИДРОАККУМУЛИРУЮЩИЕ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ

М.Ю. Калинин, Н.И. Серяков, А.Г. Шернин, магистранты  
Национальный исследовательский Томский политехнический университет  
г. Томск, Россия  
pon4.ne@mail.ru

В крупных энергосистемах основную долю по выработке электроэнергии берут на себя тепловые и атомные электростанции, которые не могут быстро снижать выработку электроэнергии при снижении энергопотребления в часы минимума нагрузки системы (в основном в ночное время) или же делают это с большими потерями. Этот факт оказывает влияние на установление существенно большей коммерческой стоимости пиковой электроэнергии в энергосистеме, по сравнению со стоимостью электроэнергии, генерируемой в ночной период. В таких условиях экономически эффективно использование гидроаккумулирующих электростанций (ГАЭС), которые обладают большим маневровым потенциалом. Это не только повышает эффективность использования других мощностей, но и надёжность энергоснабжения.

Гидроаккумулирующая электростанция представляет собой насосно-аккумулирующую электростанцию. Ее принцип накопления энергии заключается в преобразовании электроэнергии, в потенциальную гидроэнергию. Во время обратного преобразования накопленная энергия отдаётся обратно в энергосистему для покрытия пиковых нагрузок.

ГАЭС состоит из двух бассейнов, которые находятся на разных высотах, и соединенных между собой трубопроводом (рис.1).

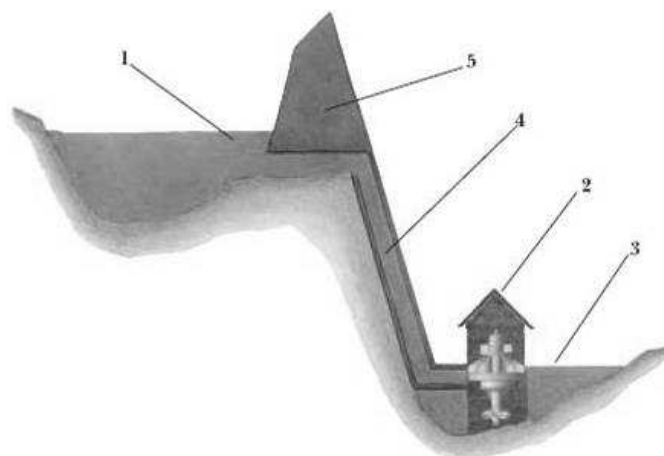


Рисунок 1. Упрощенная схема ГАЭС: 1 – верхний бассейн; 2 – машинный цех электростанции; 3 – нижний бассейн; 4 – трубопровод; 5 – плотина

Электрическую энергию, которая вырабатывается электростанциями в часы провала нагрузки, ГАЭС использует для перекачки воды насосами из нижнего бассейна в верхний - аккумулирующий водоем. Во время пиковых нагрузок вода из верхнего водоема подводится по трубопроводу к гидроагрегатам станции, работающим в режиме генератора; При этом электроэнергия, выработанная на ГАЭС, отдаётся обратно в энергосистему, вода же остается в нижнем бассейне. Объем аккумулированной при этом энергии пропорционален ёмкости водоемов и рабочими напором станции. Верхний водоем ГАЭС бывает естественным (озеро) или искусственным, нижний, в свою очередь, обычно является река или водохранилище. Важным достоинством гидроаккумулирующих станций является то, что они не подвергаются воздействию сезонных стоков воды [1].

Гидроагрегаты станции в зависимости от высоты напора оборудуются диагональными, поворотными-лопастными, ковшовыми и радиально-осевыми гидротурбинами. Время пуска и смены режимов работы гидроаккумулирующей станции составляет порядка

нескольких минут, это определяет высокую эксплуатационную манёвренность таких станций. Диапазон регулирования ГАЭС, исходя из принципа её работы, примерно равен двойной установленной мощности.

Гидроаккумулирующие электростанции классифицируются по следующим признакам [2].

По схеме аккумулирования:

- 1) Простого аккумулирования. Так же их называют чистыми ГАЭС (рис. 2.1). Характерный признак таких ГАЭС, это отсутствие естественного притока воды в верхний водоем;
- 2) Смешанного типа, или ГАЭС–ГЭС. При такой схеме имеется естественный приток воды в верхний бассейн, который дает дополнительную мощность при работе станции в режиме генератора (рис. 2.2);
- 3) Раздельного типа, или с переброской стока (рис. 2.3), или ГАЭС с неполной высотой подкачки в водоем или канал на водоразделе. Для такого случая ГАЭС характерным является раздельное расположение гидроэлектрической и насосной станций [1].

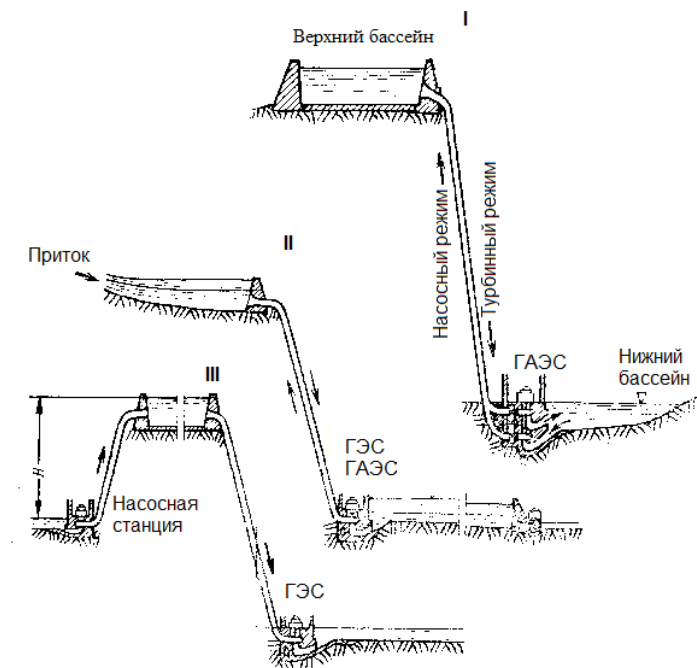


Рисунок 2. Схемы ГАЭС

По периоду наполнения или по длительности цикла аккумулирования:

- 1) суточного аккумулирования;
- 2) недельного аккумулирования;
- 3) сезонного аккумулирования.

По схеме соединения гидросилового оборудования [1]:

- 1) Двухмашинная (обратимая гидромашина и двигатель-генератор);
- 2) Трехмашинная (насос, турбина и двигатель-генератор);
- 3) Четырехмашинная (насос, турбина, двигатель и генератор).

Задача покрытия пиковых нагрузок и преодоления провалов в энергопотреблении становится все актуальнее год от года в связи с раздробленностью графиков нагрузок энергосистем, повышения мощности ТЭС и АЭС и с увеличением количества турбоагрегатов с пониженной маневренностью.

Самым эффективным способом осуществления данной задачи является строительство и использование гидроаккумулирующих электростанций, с уникальными функциями – пиковая станция и потребитель-регулятор, способный во время ночного провала графика нагрузок осуществить потребление избытков электроэнергии с тепловых и атомных электростанций.

В качестве маневровых электростанций могут использоваться газотурбинные установки (ГТУ) с суточной продолжительностью работы до 2–3 ч., пиковые ГАЭС с

длительность работы до 6 в сутки в турбинном режиме, полупиковые ГАЭС и полупиковые тепловые электростанции (ППТЭС) с числом часов работы до 16 в сутки [1].

Сравнение технико-экономических показателей гидроаккумулирующих электростанций с показателями газотурбинных установок и полупиковых теплоэлектростанций указывает на ряд значительных преимуществ ГАЭС, несмотря на их большую первоначальную стоимость:

1) Многофункциональность ГАЭС (возможность их использования для регулирования частоты и напряжения в энергосистеме; а также их использование как для покрытия зон графиков нагрузок в часы пиковых или полупиковых нагрузок, так и для заполнения провалов графика нагрузок);

2) Высокая степень быстродействия (возможность использования оборудования ГАЭС в качестве резерва для быстрого ввода генерирующих мощностей; время набора гидроагрегатом полной нагрузки из состояния покоя составляет от 1,5 до 2 мин в генераторном режиме, и 6–9 мин в насосном);

3) Сравнительно небольшие эксплуатационные издержки и удельные затраты труда, так как оборудование и сооружения ГАЭС проще, надежнее и долговечнее;

4) Относительная экологическая нейтральность (воздействие ГАЭС на окружающую среду минимально).

На ближайшие 15 лет стратегией развития электроэнергетики в России предусмотрен ввод новых энергетических мощностей в объеме 19,4 ГВт [1]. Предполагается, что в общем объеме вводов в основном будут учитываться высокоэкономичные мощности в виде парогазовых установок (ПГУ), которые обладают более широкими регулирующими диапазонами. Но все же необходимо учитывать, что в процессе регулирования мощности ПГУ происходит значительное снижение их КПД. Кроме того, в последнее время появляются предпосылки к переходу с ПГУ на угольные установки, с более низкими маневренными качествами.

Совокупный прогноз ввода мощностей АЭС и ТЭС на период до 2020 г. составляет 3–4 ГВт в год.

Опираясь на мировой опыт, доля маневренных мощностей в энергосистеме должна составлять не менее 25 % от общей установленной мощности всех электростанций страны. Также стоит учитывать, что планируемая к вводу маневренная мощность преимущественно располагается в Европейской части России, где гидроэнергетические ресурсы практически исчерпаны. Оба эти фактора дают возможность прогнозировать необходимость ввода не менее 1 ГВт гидроаккумулирующих мощностей в год в Европейской части страны.

В настоящее время гидроаккумулирующие электростанции являются наиболее перспективными в плане обеспечения энергосистем маневровыми мощностями. Это обуславливается меньшей стоимостью обслуживания ГАЭС по сравнению с другими типами электростанций. Помимо этого, в плане высокой маневренности с ГАЭС могут конкурировать лишь ГТУ, но данный тип электростанций потребляет топливо в виде газа и нефтепродуктов, на добычу которых затрачиваются значительные денежные средства, что по сравнению с использованием ГАЭС бесплатного ресурса–воды, снижает эффективность ГТУ.

С нарастающим дефицитом маневренных мощностей, связанным с вводом новых блочных тепловых электростанций большой мощности, как в мире, так, в частности, и в России, можно заключить, что сооружение ГАЭС для регулирования режимов энергосистем создаст большой положительный эффект по сравнению с другими источниками маневровых мощностей. ГАЭС являются также наиболее перспективными, так как они - экологически нейтральные.

#### **Список литературы:**

1. В.Ю. Синюгин, В.И. Магрук, В.Г. Родионов Гидроаккумулирующие электростанции в современной электроэнергетике. – М.: ЭНАС, 2008. 352 с.
2. А.С. Субботин Основы гидротехники. – Ленинград: Гидрометеиздат, 1983.