

С.Ф. АРТЮХ, д-р техн. наук, проф., НТУ «ХПИ»;
А.П. ЛАЗУРЕНКО, канд. техн. наук., проф. НТУ «ХПИ»;
И.А. БАЙ, зам. начальника ЭТО, ПАО «Укрэнергопроект», Харьков;
Е.Е. ГОНЧАРОВА, инженер, ПАО «Укрэнергопроект», Харьков

РАЦИОНАЛЬНАЯ ГЛАВНАЯ СХЕМА ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ ГЭС – ЗАЛОГ НАДЕЖНОЙ РАБОТЫ СТАНЦИИ

Проведен анализ главных схем электрических соединений украинских и зарубежных гидроэлектростанций, выявлены основные сходства и отличия в применяемых схемах на различном напряжении и намечены дальнейшие направления их исследований.

Ключевые слова: главная схема электрических соединений, гидроэлектростанция, надежность, экономичность.

Введение. Несмотря на то, что сегодня в энергетическом балансе Украины гидроэнергетика занимает всего 9% общего производства электроэнергии, ее роль трудно переоценить. Гидроэлектростанции крайне необходимы энергетической системе страны, для которой характерны несбалансированность структуры генерирующих мощностей, недостаток регулирующих ресурсов мощностей и частоты. Увеличение мощности АЭС приводит лишь к усугублению данной проблемы.

Установленная мощность всех ГЭС Украины составляет 4,7 млн. кВт, 98 процентов которой приходится на гидроэлектростанции Днепроовского и Днестровского каскадов. Гидроагрегаты ГЭС и ГАЭС широко используются для работы в пиковых режимах и в режимах покрытия ночных провалов нагрузки.

В энергосистеме Украины вторичное регулирование частоты выполняется шестью агрегатами Днепроовской ГЭС-1 суммарной мощностью 432 МВт. Из расчета максимума потребления в 32 ГВт диапазон вторичного регулирования должен составлять 1450-1500 МВт [1]. Таким образом становится очевидным тот факт, что от надежности работы ГЭС зависит надежность работы системы в целом.

Надежность работы ГЭС в значительной степени зависит от правильности выбора схем выдачи мощности в энергосистему. Несмотря на то, что вопросам проектирования главных схем электрических соединений посвящено достаточно много научных работ, [2-4], вопрос создания такой оптимальной схемы для каждой

© С. Ф. Артюх, А. П. Лазуренко, И. А. Бай, Е. Е. Гончарова, 2013

проектируемой станции остается актуальным до сих пор. Поэтому сравнительный анализ главных схем электрических соединений различных ГЭС является актуальной задачей,

Целью статьи является изложение сравнительного анализа главных схем электрических соединений украинских и зарубежных ГЭС с точки зрения их надежности и экономичности и поиск наиболее рациональных из них. Анализ проведен путем обобщения и систематизации имеющейся в распоряжении авторов информации, выявления недостатков и преимуществ отдельных схем, которые влияют на надежность работы энергетической системы в целом.

Основная часть. Опыт проектирования электрической части ГЭС показал, что разработка главных схем электрических соединений станции связана с учетом большого количества внутренних и внешних факторов. При построении этих схем решаются вопросы количества и типов основного силового оборудования (гидрогенераторов, основных повышающих трансформаторов, аппаратуры высокого напряжения и др.), необходимости сборных шин на том или ином напряжении, способ питания собственных нужд, нужный уровень степени автоматизации и т.п. Большое влияние на проектантов оказывает опыт работы уже существующих ГЭС.

При решении основных вопросов, касающихся проектирования электрической части ГЭС, необходимо, в первую очередь, выполнить основные требования относительно главных схем электрических соединений, таких как, надежность, экономичность, оперативная гибкость, удобство эксплуатации, экологическая чистота, автоматичность схемы, компактность и унифицированность [5 с. 13]. Учитывается и то, что главная схема электрических соединений ГЭС должна быть выполнена так, чтобы обеспечивать при авариях или ревизиях системы или секции шин, или другого какого-либо участка схемы, выдачу полной мощности ГЭС.

В некоторых случаях разрешается сохранение не менее 50 процентов генерируемой мощности без нарушения устойчивости энергосистемы. В случаях, когда от ГЭС питаются ответственные потребители или, если ревизия любого участка схемы не может быть проведена во время планового ремонта, требуется предусматривать такую схему, чтобы обеспечивать, по возможности, выдачу максимальной мощности.

Каждая главная схема должна быть проанализирована с привлечением методов математической статистики и теории вероятностей, при этом обычно намечается и рассматривается несколько вариантов такой схемы, лучший из которых выбирается по результатам сравнения основных ее показателей, и, в первую очередь,

надежности и экономичности. При выборе схем РУ следует ориентироваться на типовую сетку схем коммутации для ГЭС и ГАЭС [5 с.152].

Все эти рекомендации чрезвычайно важны, так как на сегодняшний день в Украине проектируются и строятся две ГАЭС и около 50 мини ГЭС., а кроме того, украинские специалисты выполняют проекты и заказы для многих ГЭС, размещенных за границей. В первую очередь авторы проанализировали главные схемы электрических соединений украинских ГЭС. Их систематизация и результаты анализа представлены в таблице.

Таблица – Схемы распределительных устройств украинских ГЭС

Название станции	Схема РУ, используемая в классе напряжения, кВ		
	110	150	330
Киевская ГЭС	блок – линия	–	–
Киевская ГАЭС	–	блок – линия	–
Кременчугская ГЭС	–	две системы сборных шин с обходной	две системы сборных шин с обходной
Днестровская ГЭС-1	4/3	–	3/2
Днепрогэс-1	–	одна секционированная система шин с обходной	треугольник
Днепродзержинская ГЭС	–	блок-линия	–
Днепрогэс-2	–	блок-линия	–
Каховская ГЭС	–	одна секционированная система шин с обходной	–
Каневская ГЭС	две системы сборных шин с обходной	–	четырёхугольник

Проведенный анализ показал, что на напряжении 110 - 150 кВ на украинских ГЭС наиболее часто применяются схемы блок-линия, две рабочие системы шин с обходной, одна рабочая система шин с обходной. Перечисленные схемы являются типовыми на данном напряжении. В случае Днестровской ГЭС, применение схемы 4/3 на напряжении 110 кВ приводит к удорожанию схемы и повышению

надежности, улучшению оперативной гибкости, что при достаточной аргументации является допустимым. На напряжении 110-150 кВ каждая из проанализированных электростанций имеет оптимальную схему РУ. Например, схема ОРУ 110 кВ Киевской ГЭС - блок-линия. К РУ подключаются восемь присоединений - четыре трансформатора и четыре линии. Поскольку ЛЭП не имеют резервирования, наиболее рациональными схемами РУ является блок-линия и две рабочие системы шин с обходной. Вторая схема требует значительных капиталовложений и значительной территории, а при условии, что на РУ установлены современные элегазовые выключатели и длина ЛЭП к подстанции «Вышгород» незначительна, привлекательность схемы блок- линия однозначна. К тому же данная схема полностью соответствует требованиям надежности.

Анализ схем РУ 330 кВ украинских станций показал, что все схемы РУ кроме Кременчугской ГЭС, соответствуют современным требованиям проектирования. Что касается РУ 330 кВ Кременчугской ГЭС, то оно выполнено по схеме « две рабочие системы шин с обходной». При проектировании РУ данной станции действовали другие нормы, согласно которым на напряжении 330 кВ разрешалось применение схемы две рабочие системы шин с обходной. При реконструкции станция схема не была изменена из-за ограниченности территории.

Схемы главных электрических соединений ГЭС стран постсоветского пространства запроектированы по единым нормам с украинскими станциями, а следовательно, являются такими же. Так, на напряжении 220 кВ использованы схемы четырехугольника (Нижегородская ГЭС, ГЭС Мтквари (Грузия)), одна секционированная система шин с обходной (Красноярская ГЭС, Волжская ГЭС), «мостик» (Майнская ГЭС), две рабочие системы шин (Новосибирская ГЭС). На напряжении 500 кВ применены схемы 4/3 (Саяно-Шушенская ГЭС), 3/2 (Волжская ГЭС), и 2/1 (Красноярская ГЭС).

Для ГЭС США и Канады характерна передача больших мощностей на относительно большое расстояние и этим они схожи с ГЭС бывшего СССР.. Поэтому, при построении схем электропередачи в целом и главных схем электрических соединений ГЭС, решающее значение имеют вопросы сохранения устойчивости энергосистем.

На высшем напряжении на РУ ГЭС в США и Канаде предпочитают применять схемы, которые обладают высокой эксплуатационной надежностью, т.е. схемы с многократным присоединением (полуторные или двойные) В США на ГЭС с напряжениями 110 - 400 кВ одинаково часто применяются такие схемы РУ, как одна рабочая система шин с обходной , полуторная схема и

схемы «многоугольников». Так, на ГЭС Барнхарт Айленд, которая имеет два РУ (110 кВ и 220 кВ), на обоих запроектированы схема 3/2. Для повышения надежности схем с одной системой шин в США применяется секционирование шин двумя последовательно соединенными выключателями. В отличие от украинских ГЭС, в США не применяется схема две рабочие системы шин с обходной.

Главные схемы электрических соединений ГЭС Канады аналогичны тем, которые применяются в США. Например, все РУ 361 и 735 кВ ГЭС, расположенных на реках Маникуаган и Утард, запроектированы со схемами «многоугольников». При проектировании подземной ГЭС в Канаде мощностью 5300 МВт была применена схема 4/3 на напряжении 735 кВ.

Схемы РУ ГЭС США являются надежными и гибкими (кольцевые, 3/2, 2/1) запроектированы по принципу простоты эксплуатации, поэтому не применяется обходная система шин в схеме две рабочие системы шин. Часто применяются кольцевые схемы, хотя экономически подтверждено, что при количестве присоединений пять и выше, стоимость такой схемы выше, чем у схемы одна система сборных шин.

Как показывает практика проектирования европейских ГЭС, при отсутствии необходимости передачи мощности на большие расстояния, на напряжении 110 - 400 кВ часто применяются простые схемы, такие как одна секционированная система шин с обходной и шины - линия, с передачей мощности до ближайшей узловой подстанции.

При выборе главных схем электрических соединений в Англии, наряду с экономичностью важное значение придается вопросам продольного секционирования схем с большим числом присоединений с помощью разъединителей. Большой популярностью в Англии получила схема с двумя системами рабочих шин и обходной системой с двойным продольным секционированием шин разъединителями. При этом значительно увеличивается количество разъединителей и систем электромагнитной и механической блокировки.

В таких европейских странах как Ирландия, Бельгия, Норвегия, Словения, Франция и Швеция не разрешается потеря более одного присоединения на РУ (блока или ЛЭП), в Австрии, Дании, Испании, Италии, Нидерландах - не разрешается потеря более двух присоединений. Поэтому, схемы РУ ГЭС должны строго соответствовать предъявляемым требованиям надежности. Часто применяются кольцевые схемы, схемы блок - линия, два выключателя на присоединение и двойное секционирование, что приводит к значительному удорожанию схем.

Вместе с тем, проведенный анализ схем показал и некоторое отличие в подходах к их проектированию за рубежом. Так, в США при проектировании главных схем электрических соединений ГЭС замечается стремление к уходу от схем с обходными шинами, что, по видимому объясняется более высокой степенью надежности устанавливаемых выключателей и более длительным их межремонтным сроком. Кроме того, не редки случаи применение схем «многоугольников» с очень большим количеством углов (8 и больше), в то время как в практике проектирования ГЭС Украины такие схемы вообще отсутствуют. На зарубежных ГЭС очень часто встречаются схемы с двумя системами сборных шин и двумя выключателями между ними, между которыми включается присоединение. В отечественной практике такие схемы крайне редки.

Выводы. Для выбора рациональной главной схемы электрических соединений недостаточно руководствоваться только «внешними» преимуществами схем, такими как простота, экономичность, каждая станция требует индивидуального анализа и точных расчетов, подтверждающих правильность выбора схемы. На данный момент накоплен значительный опыт эксплуатации наиболее часто используемых главных схем ГЭС, однако, необходимо дальнейшее изучение возможности наиболее эффективного использования схем РУ на разных классах напряжения, и в первую очередь, это касается схем зарубежных ГЭС.

Список литературы: 1. Кириленко О.В. Проблеми з забезпечення надійної роботи ОЕС України в умовах реформування енергетики /О.В. Кириленко// Вісник КДПУ імені Михайла Остроградського. – 2009. – №3. – с. 135–141 2. Двоскин Л.И. Схемы и конструкции распределительных устройств.М., «Энергия»,1974.224с, с ил. 3. Двоскин Л.И. Схемы электрических соединений мощных тепловых элек-тростанций..М-Л.,Госэнергоиздат,1963, 208с, с ил. 4.Неклепаев Б.Н. О допустимом числе присоединений в распределительных устройствах со сборными шинами / Б.Н. Неклепаев, В.И. Трубицын // Электрические станции . – 2000. – №3. – с. 40 5. Балаков Ю.Н. Проектирование схем электроустановок / Балаков Ю.Н. Мисриханов М.Ш., Шунтов А.В. – М. : Издательство «МЭИ», 2006. – 288 с

Надійшла до редколегії 20.09.2013

УДК 621.22

Рациональная главная схема электрических соединений ГЭС – залог надежной работы станции / Артюх С.Ф., Лазуренко А. П., Бай И. А., Гончарова Е. Е. // Вісник НТУ «ХПІ», Серія: Енергетика, надійність та енергоефективність. – Харків: НТУ «ХПІ». – 2013. – №. 59 (1032). – С.13 - 19. Бібліогр.: 5 назв.

Проведений аналіз головних схем електричних з'єднань українських та зарубіжних гідроелектростанцій, показані головні спільні та різні риси в схемах що використовуються на різних напрузі намічених подільний напрямків їх досліджень.

Ключові слова: надійність, економічність, гідроелектростанція, головна схема електричних з'єднань.

In this article model for control and management for system of air cleaning of energetic industry plants is proposed.

Keywords: reliability, economical, biotechnology, main scheme of electrical connections