

участков на действующих линиях и проведение наблюдений за их поведением в условиях естественных метеорологических воздействий. Начиная с 1979 г. в течение четырех последующих лет было организовано около 100 испытательных участков на ВЛ и в распределительных сетях 50 предприятий электросетей в различных регионах мира. Эти испытательные участки включали около 1000 пролетов, оборудованных спиральными демпферами. Три испытательных участка организованы в Европе на ВЛ Дании и Нидерландов – стран-членов CORECH (исследовательской группы по пляске проводов при UNIPED).

Как правило, на каждом испытательном участке использовались спойлеры двух модификаций, отличающиеся друг от друга диаметром. В каждом пролете испытательного участка по крайней мере одна фаза оставалась необорудованной спойлерами и использовалась в качестве контрольной фазы.

Даже при наличии 100 испытательных участков случайная природа пляски создавала трудности в получении такого количества данных, которое необходимо для обоснованного вывода об эффективности данного способа борьбы с пляской. За последние шесть зим было получено 32 сообщения о случаях пляски на испытательных участках, оборудованных спойлерами. Все эти наблюдения пляски были проведены в США. На испытательных участках в Европе пляска не зарегистрирована.

Выводы. В течение восемнадцати лет накапливается опыт эксплуатации ВЛ, на которых удалены внутрифазовые распорки. В северо-западной части Европы этот опыт является положительным, однако он может оказаться неприемлемым для более широкого распространения из-за различий в климатических условиях возникновения пляски в других регионах мира.

Литература

1. Leppers, P.H., Smart, T.J., Poffenbeiger, J.C., Whapham, R. Galloping suppression tests on overhead lines // Воздушные линии электропередачи: переводы докладов Международной конференции по большим электрическим системам (СИГРЭ-86) / Под ред. В.А. Шкапцова. – М.: Энергоатомиздат, 1988. – С. 3–14.
2. O'Donnell, J., Whapham, R. Galloping Control Device is Evaluated // Transmission and Distribution. 1984. Vol. 36. № 3. March.

УДК 621.311

К ВОПРОСУ ЭВОЛЮЦИИ СХЕМ ВЫДАЧИ МОЩНОСТИ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ

Кузьмич С.В.

Научный руководитель – д-р техн. наук, профессор РОМАНЮК Ф.А.

Современные состояние и тенденции развития электроэнергетики на первый план выдвинули проблему надежности функционирования электроэнергетических систем и электроснабжения потребителей. После ряда известных аварий последних лет, в том числе в энергосистемах США, Италии, Швеции, России и др., ученые и инженеры разных стран разрабатывают новые подходы и методы к обеспечению надежного электроснабжения в условиях:

- становления рыночных отношений в сферах производства, распределения и сбыта электроэнергии;
- замены современным оборудованием и технологиями физически и морально устаревшего парка электростанций и электросетей;
- увеличения доли децентрализации электроснабжения;
- формирования новых направлений экспорта и импорта электроэнергии;

– расширения использования местных и возобновляемых энергетических ресурсов.

В этой связи все более существенным свойством элементов электроэнергетических систем становится управляемость. Управляемость электрических станций во многом зависит от главных схем электрических соединений, характеристик основного силового оборудования, систем автоматики и релейной защиты. Схемы выдачи мощности электростанций в свою очередь, как известно [1], зависят от конфигурации и схемы электрической сети энергосистемы, в которой сооружается электростанция. Электропередачи, по которым осуществляется выдача мощности от электростанций, считались пассивными элементами энергосистемы. Их пропускная способность, режимы напряжений представляли собой факторы, ограничивающие надежность или возможности оптимизации электроснабжения. Прогрессивной тенденцией сегодняшнего дня является стремление превратить электропередачи в активные элементы энергосистем. Поэтому для электропередачи, как звена осуществляющего выдачу мощности от электростанции и доставку ее потребителям, находящимся в разной удаленности от станции, свойством, заслуживающим изучения, становится управляемость.

Нынешние схемы выдачи мощности от электростанций формировались, начиная с 20–30-х гг. прошлого столетия. При их выборе и обосновании исходили из требований:

- выдачи располагаемой мощности станции;
- надежности электроснабжения;
- необходимой степени резервирования;
- качества электроэнергии, доставляемой потребителям той или иной категории;
- экономичности по критериям, справедливым для существовавшего социально-экономического уклада.

Представляется своевременным совершенствование схем выдачи мощности электростанций с позиций названных выше современных условий и новых технических возможностей обеспечения управляемости электропередачи как активного элемента энергосистемы.

Согласно определению, управляемость – системное свойство электропередачи изменять собственные параметры состояния при внешних и внутренних возмущениях с целью обеспечения надежности, экономичности выполнения функций и оптимального взаимодействия с окружающей средой. Факторами управления могут служить схемы, конструкции, параметры элементов электропередачи и ее управляющей части. Техническая реализация этих факторов имеет эволюционную историю:

- разомкнутые и полуразомкнутые линии электропередачи (30-е гг. XX века);
- компенсированные и настроенные электропередачи с сосредоточенными промежуточными включениями пассивного характера (60–70-е гг. XX века);
- электропередачи с промежуточными активными присоединениями: ИРМ, СТК, электромашинными и фазоворотными устройствами (70–80-е гг. XX века);
- электропередачи повышенной натуральной мощности (компактные) с промежуточными управляющими элементами (80–90-е гг. XX века);
- электропередачи с устройствами FACTS (Flexible Alternative Current Transmission Systems), т. е. гибкие электропередачи на основе применения современных силовой преобразовательной техники и конструкций электрических машин (рубеж XX–XXI веков).

Новые возможности изменения характеристик отходящих от электростанций электропередач делают актуальным переосмысление требований к схемам выдачи мощности.

При выборе схемы выдачи мощности электростанции, безусловно, учитываются вид, установленная мощность и оборудование самой станции. Если проследить эволю-

цию схем выдачи мощности, то обнаружим, переход от схем коммутации станций небольшой мощности напряжением 100–400 В (блок-станций) в конце XIX века к сверхмощным станциям (ТЭС, АЭС, ГЭС) высокого напряжения к концу XX века. Сегодня происходят процессы реконструкции, модернизации крупных электростанций параллельно с интенсивным сооружением малых и мини-ТЭЦ и ГЭС в энергосистеме, на предприятиях как для параллельной работы с энергосистемой, так и автономных.

Поэтому к важным принципам выбора схем выдачи мощности от электростанции следует отнести учет:

- вида и установленной мощности электростанции;
- назначения (системообразующая, балансирующая, маневренная, блок-станция) и режима работы электростанции (параллельно с энергосистемой или автономно);
- мощностей, графиков нагрузки, удаленности, категорий потребителей;
- возможности использования управляемости отходящих линий;
- дальнейшего развития электрической сети.

Следует подчеркнуть необходимость одновременного согласования выбираемых схем коммутации n электростанций и m управляемых электропередач. Значения n и m определяются функциями и параметрами проектируемых электростанции и электропередач. Совместная оптимизация схем коммутации электростанций и электропередач системообразующей сети с учетом возможностей управления их схемными и режимными параметрами могла бы сократить инвестиции в модернизацию и развитие энергосистем.

Ряд авторов, исследующих управляемые электропередачи, предлагают к категории FACTS относить всю совокупность устройств, устанавливаемых в электрической сети для стабилизации напряжения, повышения устойчивости, оптимизации потоко-распределения, снижения потерь [2]. Исследования последних лет направлены на выявление целесообразных областей применения конкретных видов устройств. Однако в них не уделяется должного внимания проблеме совместного проектирования электростанций и электропередач.

В [3] показано, что технология FACTS, базирующаяся, в основном, на применении мощных преобразователей напряжения, эффективна для коротких линий, для длинных линий средством согласования условий передачи мощности отличной от натуральной являются управляемые шунтирующие реакторы. Там же показана связь числа параллельных линий, отходящих от станции, с их параметрами по передаваемой мощности, режиму напряжений. Это подтверждает необходимость разработки методики согласования схем коммутации электростанции и отходящих электропередач.

Существенным потенциальным поводом к согласованию указанных схем следует также считать развитие конкурентных отношений в области производства электроэнергии. Инвестору и владельцу электростанцией выгодно учитывать и использовать свойства управляемых электропередач в части повышения устойчивости, регулирования объемов и направлений потоков производимой энергии, ее качества.

Представляет интерес рассмотреть влияние характеристик и закономерностей (угловых характеристик мощности, регулирования потоков, режимов напряжения) управляемых электропередач на выбор не только схем, но и основного оборудования (генераторов, трансформаторов) станций. При этом обратим внимание на возможности использования асинхронизированных турбо- и гидрогенераторов на соответствующих электростанциях [4]. Асинхронизированные генераторы могут также применяться для ветроэлектрических установок, позволяя регулировать частоту вращения в зависимости от скорости ветра.

К настоящему времени в Российской Федерации имеют место примеры практической реализации управляемых электропередач, применения асинхронизированных ма-

шин на электрических станциях [5]. Интенсивно развивается использование технологий FACTS за рубежом.

Наблюдаемые процессы децентрализации электроснабжения посредством ввода блок-станций с когенерационными установками на базе ГТУ и ГПА, требуют анализа и разработки практических рекомендаций в отношении их схем выдачи мощности и присоединения к энергосистеме, выбора для них силового электрического оборудования.

Поставленные вопросы актуальны для белорусской электроэнергетики в связи с задачами ее модернизации и технического перевооружения. До настоящего времени в республике недостаточно исследовались и использовались возможности оптимизации проектных решений за счет современных технических средств управляемости электрических станций и гибких электропередач.

Литература

1. Справочник по проектированию электроэнергетических систем / В.В. Ершевич, А.Н. Зейлигер, Г.А. Илларионов и др.; Под ред. С.С. Рокотяна и И.М. Шапиро. – М.: Энергоатомиздат, 1985.
2. Коцеев, Л.А., Шлайфштейн, В.А. Об эффективности применения управляющих устройств в электрической сети // Электрические станции. – 2005. – № 12.
3. Александров, Г.Н. Об эффективности применения компенсирующих устройств на линиях электропередачи // Электричество. – 2005. – № 4.
4. Основное электрооборудование электрических станций и сетей / Алексеев Б.А., Мамиконянц Л.Г., Савваитов Д.С. и др. // Электрические станции. – 2005. – № 2.
5. Электромашино-вентильные комплексы – повышение надежности и экономичности генерирования и потребления электроэнергии / Антипов К.М., Лабунец И.А., Лазарев Г.Б. и др. // Электрические станции. – 2005. – № 2.

УДК 621.3

МЕТОДИКА РАСЧЁТА ТОКОВ КОРОТКОГО ЗАМЫКАНИЯ В СХЕМАХ ОПЕРАТИВНОГО ПОСТОЯННОГО ТОКА

Жерко С.Н., Антонович П.С., Горячко М.Г.
Научный руководитель – доцент БОБКО Н.Н.

Основными потребителями в системе постоянного оперативного тока являются:

- устройства управления, сигнализации, блокировки и релейной защиты;
- приводы выключателей (электродвигательные или электромагнитные);
- аварийное освещение;
- электродвигатели аварийных маслонасосов системы смазки агрегатов;
- электродвигатели аварийных маслонасосов системы уплотнения вала генератора;
- электродвигатели аварийных маслонасосов системы регулирования турбин;
- преобразовательный агрегат для аварийного питания устройств связи.

Для тепловых электростанций, входящих в энергосистему, длительность исчезновения переменного тока допускается не более 30 мин, а для изолированных ТЭС – 1 час.

Наибольшая нагрузка переходного аварийного режима (толчковая) имеет место в начальный период переходного процесса или через некоторое время в зависимости от моментов включения приводов масляных выключателей и пусков маслонасосов.

Наиболее удобной формой анализа работы потребителей системы постоянного тока электростанции является построение графика нагрузки $I_{нагр} = f(t)$ для аварийного получасового или часового режимов.