

Энергетика. Автоматика

УДК 620.9

А.А. Казакул, А.О. Варыгина

ИЗЛИШНИЕ ТРЕБОВАНИЯ К УРОВНЮ НАДЕЖНОСТИ, УВЕЛИЧИВАЮЩИЕ ОБЪЕМЫ СТРОИТЕЛЬСТВА И РЕКОНСТРУКЦИИ ПРИ РЕАЛИЗАЦИИ СХЕМ ВЫДАЧИ МОЩНОСТИ

В статье рассмотрены примеры излишних требований к уровню надежности при реализации схем выдачи мощности электрических станций.

Ключевые слова: динамическая устойчивость, возмущения, надежность, противоаварийная автоматика, схема выдачи мощности, техническое задание, требования.

THE ANALYSIS OF ELECTROMECHANICAL TRANSIENTS IN USSURI POWER PLANTS GENERATORS

The paper presents the calculation and analysis of electromechanical transients in Ussuri power plants generator. The analysis is made in program Rustab for two variants of power plants performance - pulverized coal power plants and combined cycle thermal power station.

Key words: analysis, dynamic stability, Rustab, electromechanical transients.

Надежность схем выдачи мощности (СВМ) электростанций является одним из основных условий надежности энергосистемы в целом. Предварительное определение основных технических решений по схемам выдачи мощности позволяет субъектам энергетики (сетевым и генерирующим компаниям, системному оператору) на основе минимальной исходной информации и с малыми затратами определять основные положения технических условий на технологическое присоединение к энергосистемам России новых генерирующих мощностей при вводе новых объектов и реконструкции существующих. Согласование технических заданий (ТЗ) на проектирование этих объектов осуществляется всеми заинтересованными сторонами – сетевыми и генерирующими компаниями, а также АО «СО ЕЭС» (СО).

Но уже именно на этой стадии работ возникает достаточно много спорных вопросов. Сложность заключается в том, что закладываемые в ТЗ требования СО на проектирование СВМ станций не всегда соответствуют действующей нормативной документации. Спорным до сих пор является пункт, включенный в типовое ТЗ на сайте СО [5]: «Схема выдачи мощности ГТУ-ТЭЦ, дополнительно к предыдущим требованиям, должна соответствовать следующим требованиям:

при ремонте одной отходящей от шин электростанции линии электропередачи, автотрансформатора связи распределительных устройств электростанции, выключателя или системы шин распределительного устройства электростанции или электросетевого элемента в прилегающей к ГТУ-ТЭЦ электрической сети (далее – единичная ремонтная схема) должна обеспечиваться выдача всей располагаемой мощности электростанции с учетом отбора нагрузки на собственные нужды;

в нормальной схеме при возникновении одного нормативного возмущения групп I, II или III не допускается воздействие противоаварийной автоматики на отключение генераторов и длительную разгрузку турбин (ограничение мощности);

в единичной ремонтной схеме при возникновении нормативного возмущения группы I или II допускается воздействие противоаварийной автоматики на отключение генераторов или длительную разгрузку турбин в объеме, не превышающем требуемого ограничения выдачи мощности электростанции в послеаварийном режиме;

в нормальной схеме при возникновении одного нормативного возмущения группы I, II или III и в единичной ремонтной схеме при возникновении одного нормативного возмущения группы I или II допускается воздействие противоаварийной автоматики на импульсную разгрузку турбин».

Согласно Методическим указаниям по устойчивости энергосистем (далее МУ) [2], к возмущениям III группы в сетях 110 кВ относятся: отключение секции шин действием УРОВ при 3-фазном КЗ; одновременное отключение двух ВЛ, расположенных в общем коридоре; возмущения I и II групп с отключением элемента сети или генератора.

Таким образом, в первом буллите спорного пункта работа противоаварийной автоматики (ПА) по отключению генераторов при возмущении III группы (N-2) запрещается, а во втором буллите того же пункта при таком же типе возмущения разрешается. То есть в тексте самого типового ТЗ излагаются два противоположных по смыслу требования.

Разрешение подобных спорных ситуаций очень актуально для ОЭС «Востока», поскольку в ней ведется активное развитие генерирующих мощностей, а пункты аналогичного содержания включены в ТЗ на выполнение схем выдачи мощности следующих электрических станций [4]: Совгаванская ТЭЦ – СВМ выполнена; Благовещенская ТЭЦ – СВМ выполнена; новая тепловая электростанция в г. Артеме – в работе; ГТУ-ТЭЦ в г. Артеме (пос. Синяя Сопка) – СВМ в работе; Хабаровская ТЭЦ-4 – СВМ в работе.

Согласно п/п. 3.3 [2]: «При проектировании энергосистем в нормальной схеме и при нормальном перетоке устойчивость при возмущении группы I в сети 500 кВ и ниже должна обеспечиваться без применения ПА». Про возмущения II и III групп дополнительных указаний в данном документе нет. То есть возмущения II и III групп в сети 110-220 кВ допустимо устранять действием ПА. Тогда на каком основании это запрещает типовое ТЗСО?

В соответствии с п/п. 5.23 [1]: «Схемы выдачи мощности крупных электростанций к узловым подстанциям основной сети в нормальных режимах работы энергосистемы и в нормальной схеме сети должны обеспечивать возможность выдачи всей располагаемой мощности (за вычетом нагрузки распределительной сети и собственных нужд) на всех этапах сооружения электростанции (энергоблок, очередь).

Для АЭС указанное условие должно выполняться как в нормальной схеме сети, так и при отключении любой из отходящих линий или трансформатора связи шин без воздействия автоматики на разгрузку энергоблоков АЭС.

Для ГЭС и КЭС на органическом топливе при отключении одной из отходящих линий высшего напряжения или трансформатора связи шин рекомендуется обеспечивать выдачу всей располагаемой мощности электростанции в основную сеть за вычетом нагрузки распределительной сети и собственных нужд.

Для выдачи мощности электростанции рекомендуется предусматривать не более двух распределительных устройств повышенных напряжений».

Таким образом, нормативно запрещена разгрузка блоков АЭС, но таковых при разработке СВМ в ОЭС «Востока» не было, а требования по недопущению разгрузки станций в ТЗ есть.

Поскольку большинство тепловых станций, функционирующих в ОЭС «Востока», выдают мощность в сети 35-110 кВ, принадлежащие АО «ДРСК», завышенные требования по надежности

Естественно, повышение надежности – это важно, но в условиях сегодняшнего сдерживания тарифов и фактического прироста мощности такое усиление не всегда можно назвать оправданным. В частности, по ПС АО «ДРСК» Совгаванского района на момент написания настоящей работы было выдано технических условий на подключение 312 кВт.

При согласовании данной СВМ удалось урегулировать разногласия между ПАО «РАО ЭС Востока» и СО без дополнительного электросетевого строительства, за счет применения ПА.

Еще одним примером может служить Благовещенская ТЭЦ (БТЭЦ). СВМ ее второй очереди, находящаяся в процессе реализации, согласовывалась достаточно долго, при этом одним из пунктов реализации проекта является изменение схемы подключения ПС 110 кВ «Северная» со схемы «заход – выход» (транзитный режим) на схему с отпайками.

Необходимость была вызвана режимом N-2, когда отключаются две цепи «Благовещенская ТЭЦ – Центральная № 1 и № 2» или «Благовещенская ТЭЦ – Благовещенская № 1 и № 2». Отключения такого типа относятся к возмущениям III группы и могут быть сняты при снижении выдачи мощности станции. Но почему они применялись к сетям 110 кВ, не относящимся к основной сети ОЭС, или к сетям ЕНЭС – также не ясно.

На первом этапе разработки СВМ для исключения ограничений по выдаче мощности БТЭЦ в режимах N-2 требовалось дополнительное строительство двухцепной КЛ на участке со сниженной пропускной способностью стоимостью приблизительно 170 млн. руб. Фактическая стоимость увеличения пропускной способности данного участка сети составила около 8 млн. руб. за счет возможности изменения схемы заходов 110 кВ ПС «Северная» со схемы «заход – выход» на схему с отпайками и отказа от демонтажа воздушного участка ЛЭП. Карта-схема в районе выдачи мощности Благовещенской ТЭЦ приведена на рис. 2.

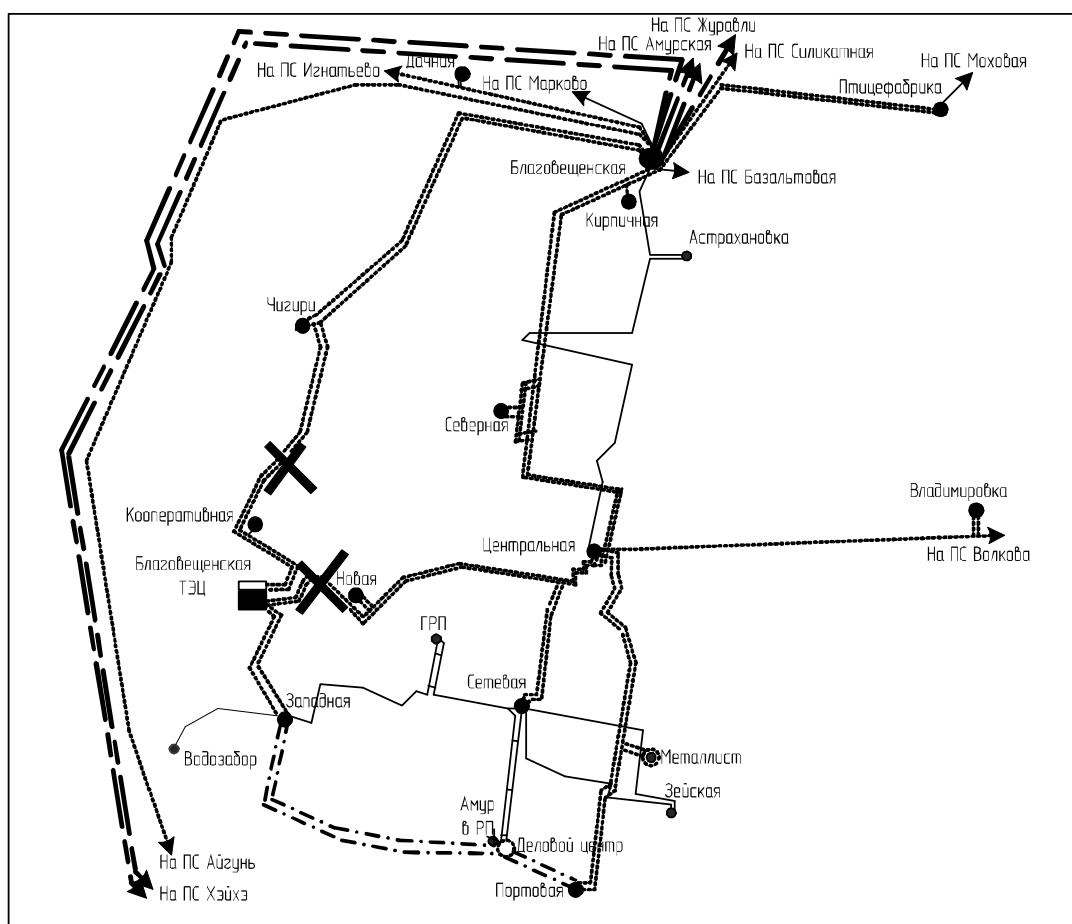


Рис. 2. Карта-схема энергорайона Благовещенской ТЭЦ.

Другой серьезный вопрос в согласовании ТЗ – соблюдение требований по сохранению динамической устойчивости при наиболее сложных возмущениях III группы.

Согласно результатам расчетов динамической устойчивости, представленных в проекте строительства ГТУ-ТЭЦ во Владивостоке, на площадке Центральной пароводяной бойлерной, при наиболее сложных аварийных возмущениях в прилегающей сети 110 кВ (II и III группа возмущений) устойчивость генерирующего оборудования ТЭЦ «Восточная» не обеспечивается при выдаче станцией мощности, соответствующей установленной.

Ввод ГТУ ТЭЦ «Восточная» мощностью 139,5 МВт, согласно расчетам, согласованным СО, требует установки как АЛАР на каждом генераторе, так и быстродействующих защит на 8 ВЛ 110 кВ, непосредственно не прилегающих к вводимой станции. Стоимость оснащения БД по рекомендуемым объектам АО «ДРСК», АО «ДГК» и ПАО «ФСК ЕЭС» составляет приблизительно 404 млн. руб.

При этом в проекте строительства ГТУ-ТЭЦ в г. Владивостоке показано, что оснащение 8 ВЛ 110 кВ БД не позволит обеспечить устойчивость станции при выдаче номинальной мощности в случае возникновения возмущений III группы с работой УРОВ.

Нецелесообразность установки БД обусловлена следующим [3]:

ограничения по выдаче мощности ТЭЦ «Восточная» согласно расчетам ДУ не исключаются (снижается только вероятность работы АЛАР);

на каждом генераторе ТЭЦ «Восточная» будут установлены устройства АЛАР, любое выпадение генераторов из синхронизма при возмущениях II и III группы должно ликвидироваться работой этой ПА, поэтому снижение вероятности ее работы видится нецелесообразным;

в Приморской энергосистеме *в нормальной схеме сети при номинальной выдаче мощности и нормативных возмущениях III группы динамическая устойчивость генераторов Владивостокской ТЭЦ-2, Артемовский ТЭЦ, Приморской ГРЭС и партизанской ГРЭС не обеспечивается (без применения ПА).*

По требованиям действующих нормативно-технических документов работа АЛАР для сохранения устойчивости вполне допустима:

согласно п/п. 3.3 [2] возмущения II и III групп могут быть устранены с применением устройств ПА (АЛАР – это ПА);

согласно п/п. 4.2.5 [7] для ликвидации асинхронных режимов электростанций и частей энергосистем допускается ресинхронизация с применением отключения генераторов (ОГ) или отключения нагрузки (ОН);

согласно п/п. 4.2.11 [6]: «Устройства АЛАР должны устанавливаться на всех генераторах атомных электростанций и на всех генераторах мощностью 500 МВт и выше тепловых и гидроэлектростанций. Необходимость установки устройств АЛАР на генераторах меньшей мощности должна определяться проектными решениями». То есть в данном случае речь идет о специальном проектном решении.

Статистика свидетельствует, что возмущения типа 3-фазного КЗ с работой УРОВ крайне редки, а потому чрезмерные затраты на их локализацию трудно назвать оправданными. Анализ статистики работы УРОВ по базе аварийных отключений АО «ДРСК» показал, что в период с 2012 г. по 2016 г. работа УРОВ в сетях 110 кВ всех пяти филиалов была зафиксирована 7 раз, три из которых зафиксированы на шинах 110 кВ Нерюнгринской ГРЭС, три отключения – в Приморских сетях, еще одно – на ПС филиала ПАО «ФСК ЕЭС» МЭС «Востока». Это составляет 0,32% общего числа отключений в данном классе напряжения за рассматриваемый период.

Следовательно, для определения уровня оснащения БД защитами энергосистемы Приморского края необходимо предварительно выполнить расчеты переходных процессов с учетом моделирования работы АЛАР и анализа ущербов при возмущениях на ВЛ 110 кВ, не оснащенных быстродействующими защитами. Затем необходимо сравнить затраты на реализацию предложенных мероприя-

тий по установке БДЗ и возможные ущербы при отказе от их установки (с учетом установки АЛАР на ТЭЦ «Восточная»).

Учитывая остроту проблемы управления надежностью электроснабжения, необходимо обеспечить сохранение ее экономически обоснованного уровня. Для этого целесообразно:

- 1) требование запретить разгрузку станций (кроме АЭС) путем отключения генераторов при возмущениях III группы признать излишним и не соответствующим действующим НТД;
- 2) исключить из типовых требований СО пункты, направленные на запрет действия отключения генераторов (кроме АЭС), т.е. приведение их в соответствие требованиям МУ по устойчивости;
- 3) проводить дополнительное усиление сети с целью повысить надежность (при наличии заключения об экономическом обосновании).

1. Методические рекомендации по проектированию развития энергосистем, утвержденные приказом Минэнерго России от 30.06.2003 № 281.

2. Методические указания по устойчивости ЭЭС, утвержденные приказом Минэнерго России от 30.06.2003 № 277.

3. НИР «Разработка предварительного технико-экономического обоснования реконструкции системы противоаварийной автоматики в энергосистеме операционной зоны филиала ОАО «СО ЕЭС» Приморское РДУ; «Расчеты режимов и устойчивости энергосистемы операционной зоны филиала ОАО «СО ЕЭС» Приморское РДУ на перспективу развития энергосистемы до 2010 и до 2015 годов».

4. Официальный сайт АО «ДРСК» [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.drsk.ru/>

5. Официальный сайт АО «СО ЕЭС» [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://so-ups.ru/>

6. Стандарт организации АО «СО ЕЭС» СТО 59012820.29.240.001-2011.

7. Стандарт организации АО «СО ЕЭС» СТО 9012820.29.240.001-2011 (в ред. 2014 г.)

УДК 621.314.2.001.4

М.В. Апенин, А.А. Большачков, А.Н. Козлов

МЕТОДЫ ДИАГНОСТИКИ МАСЛОПОЛНЕННОГО ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ

В статье показан качественный анализ методов диагностики состояния маслонаполненного электрооборудования с целью сравнения их эффективности.

Ключевые слова: диагностика, трансформатор, хроматография, тепловизор, спектрограмма.

DIAGNOSTIC METHODS OF OIL-FILLED ELECTRIC EQUIPMENT

The article gives a qualitative analysis of diagnostic methods of oil-filled electrical equipment condition in order to compare their efficiency.

Key words: diagnostics, transformer, chromatography, thermal imager, the spectrogram.

На протяжении последних лет наблюдается неуклонный рост количества силовых трансформаторов, срок эксплуатации которых по действующим нормам приблизился к предельно допустимому. Наиболее разумным выходом из сложившейся ситуации могла бы стать массовая замена изношенных трансформаторов новыми. Однако по экономическим причинам это мероприятие в короткие