

УДК 621.311

**ВВОД РЕЗЕРВОВ МОЩНОСТИ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ
ПРИ ИЗМЕНЕНИИ ЧАСТОТЫ
INPUT OF POWER PLANT CAPACITY RESERVES
DURING FREQUENCY CHANGES**

А.А Бандюкевич

Научный руководитель – А. А. Волков, старший преподаватель.

Белорусский национальный технический университет,

г. Минск, Республика Беларусь

volkau@bntu.by

A. Bandziukevich

Supervisor – A. Volkov, Senior Lecturer

Belarusian national technical university, Minsk, Belarus

***Аннотация:** в данной статье рассматриваются классификация и ввод резервов мощности на электростанциях при изменении частоты.*

***Abstract:** this article discusses the classification and input of power reserves at power plants during frequency changes.*

***Ключевые слова:** энергетика, электростанции, резерв мощности, изменение частоты.*

***Keywords:** energy, power plants, power reserve, frequency change.*

Введение

С увеличением потребления электроэнергии и прогрессирующей автоматизацией процессов, вопросы обеспечения надёжности и стабильности работы электростанций становятся все более актуальными. Одним из ключевых факторов, влияющих на работу электростанций, является изменение частоты сети. Введение резервов мощности является одним из методов решения данной проблемы.

Ввод резервов мощности позволяет:

- сократить длительность работы энергосистемы с пониженной частотой;
- ускорить синхронизацию частей энергосистемы при её разделении;
- уменьшить длительность процесса восстановления значения частоты и продолжительность отключений потребителей устройствами АЧР.

Основная часть

Одним из основных способов повышения надёжности электроэнергетической системы является резервирование. Резерв генерирующей мощности - это разность между располагаемой мощностью системы и её потреблением в определённый момент времени.

По функциональному назначению резерв генерирующей мощности делится на ремонтный и оперативный.

Ремонтный резерв используется для компенсации снижения мощности системы при выводе в плановый ремонт основного оборудования.

Оперативный резерв необходим для устранения небаланса между потреблением и генерацией мощности, вызванного непредвиденным отклонением

нагрузки потребителей.

Оперативный резерв делится на аварийный и нагрузочный. Аварийный резерв необходим для восполнения потери мощности, используемой для покрытия нагрузки при аварийных и неплановых простоях основного оборудования электростанций. Нагрузочный резерв предназначен для компенсации небаланса мощности, вызванного отклонением нагрузки от ожидаемой.

По функциональному назначению следует выделить резерв:

- первой очереди (первичное регулирование частоты);
- второй очереди (вторичное регулирование, время ввода - десятки секунд);
- третьей очереди (вторичное регулирование, время ввода - до 5 минут);
- четвертой очереди (третичное регулирование, коррекция режима и перевод в более надёжное состояние, время ввода - до 15-20 минут);
- пятой очереди (дооптимизации за определённый час работы системы).

При возникновении в системе небаланса мощности, регуляторы скорости турбин за несколько секунд вводят резерв первой очереди. Однако первичное регулирование не обеспечивает поддержания требуемого значения частоты.

Восстановление частоты до требуемого значения обеспечивает вторичное регулирование. В это время, агрегаты, которые участвовали в первичном регулировании, возвращаются в исходный режим работы.

Далее выполняется третичное регулирование (быстрая корректировка режима для перевода системы в более надёжное состояние).

Постепенный ввод и замещение резерва предыдущей очереди даёт возможность обеспечить необходимую управляемость электроэнергетической системы.

Агрегаты ТЭС обладают наибольшей приёмистостью по регулированию мощности агрегатов. Процесс изменения мощности агрегата при аварийном изменении частоты с учётом реакции котла, турбины и их систем регулирования представляет сумму двух процессов (рисунок 1):

- изменения мощности за счёт аккумулированной теплоты (1);
- изменения мощности при подаче топлива (2).

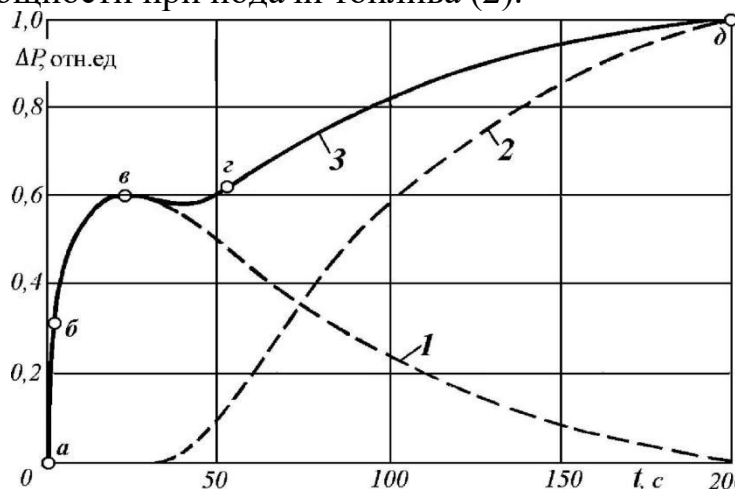


Рисунок 1 - Изменение мощности энергоблока при аварийном снижении частоты

Результирующая кривая (3) состоит из четырёх характерных участков: аб — при быстром открытии регулирующих клапанов турбины мощность

изменяется при одновременном быстром снижении давления перед турбиной. Рост мощности определяется увеличением открытия клапанов в части высокого давления турбины и ограничивается снижением давления перед турбиной;

бв — мощность изменяется монотонно до конечного значения за счёт изменения производительности котла;

вг — давление и соответственно мощность остаются неизменными или несколько снижаются действием топочной части котла;

гд — давление восстанавливается и мощность возрастает по экспоненте постоянной времени котла до установившегося значения.

Агрегаты ГЭС, которые несут нагрузку с резервом мощности, имеют инерционность регулирования гидротурбин намного больше, чем паровых турбин.

В связи с этим, при уменьшении частоты, на многих ГЭС применяются специальные устройства ускорения набора нагрузки (ускорение регуляторов скорости).

Гидроагрегаты, которые работают в режиме синхронных компенсаторов, при уменьшении частоты должны иметь устройства автоматического перевода их в генераторный режим. Ввод их резервной мощности, в зависимости от типа агрегатов, достигается за 10 - 30 с.

Гидроагрегаты, находящиеся в резерве, должны быть в состоянии готовности к немедленному автоматическому пуску из неподвижного состояния с последующим набором мощности. Ввод их резервной мощности, в зависимости от типа агрегата, достигается за 30 - 90 с.

Энергоблоки АЭС обладают достаточно широкими манёвренными характеристиками, обусловленными высокими скоростными показателями системы регулирования ядерного реактора, малым запаздыванием процессов нейтронной кинетики и теплообмена, определяющих изменение мощности энергоблока. Динамические характеристики агрегатов АЭС более благоприятны, чем у блоков ТЭС, удовлетворительное качество переходных процессов при регулировании основных внутри блочных параметров дают возможность привлекать эти агрегаты для управления как нормальными, так и аварийными режимами энергосистем.

Поэтому разработаны различные системы регулирования энергоблоков АЭС как обеспечивающих работу энергоблоков в регулировочном режиме, так и в базисном режиме, не зависящем от уровней изменения частоты.

В первом случае при изменении режимных параметров действием автоматического регулятора мощность реактора изменяется и приводится в соответствие с положением регулирующих клапанов турбины, определяемым действием АРЧВ. Во втором случае мощность реактора в установившемся режиме не зависит от частоты. Она стабилизируется на заданном уровне с помощью автоматического регулятора нейтронной мощности реактора, а режимные параметры поддерживаются с помощью РДС, воздействующих на регулирующие клапаны турбины.

В настоящее время в связи с высокими требованиями радиационной безопасности, АЭС не участвует в первичном регулировании мощности и частоты энергосистемы в нормальных и аварийных режимах. Оперативный резервный

запас мощности на таких станциях, как правило, отсутствует и агрегаты АЭС несут постоянную максимальную нагрузку.

Заключение

Эффективный ввод резервов мощности при изменении частоты на электростанции повышает её надёжность и эффективность, что в свою очередь, обеспечивает более стабильную работу электросистемы в целом. Поэтому, изучение этой темы является важным шагом в обеспечении устойчивости и надёжности энергосистем.

Литература

1. Данильчук, В.Н. Автоматика ограничения изменений частоты энергосистем. Практическое пособие для инженеров по обслуживанию частотных автоматов, блокировок и защит. / В.Н. Данильчук. - Киев: Объединённая энергосистема Украины (ОЭС Украины), 2014. - 440 с.
2. Рабинович, Р.С. Автоматическая частотная разгрузка энергосистем / Р.С. Рабинович. - 2-е изд. перераб. и доп. изд. - М: Энергоатомиздат, 1989. - 352 с.
3. Классификация резервов мощности электроэнергетических систем [Электронный ресурс] / Классификация резервов мощности электроэнергетических систем. — Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/klassifikatsiya-rezervov-moschnosti-elektroenergeticheskikh-sistem> Дата доступа: 29.04.2023.