

УДК 621.311

Повышение энергоэффективности ЭЭС управлением баланса активной мощности

Шелест М. В.

Научный руководитель – к. т. н., доцент ПЕТРУША Ю. С.

Все элементы электрической системы (станции, подстанции, линии электропередач, сети, приемники энергии) взаимосвязаны непрерывным процессом генерирования, передачи, распределения и потребления электрической энергии. Момент производства электроэнергии практически совпадает с моментом ее потребления, поэтому в любой момент времени мощность, отдаваемая генерирующими установками, должна быть точно равна мощности суммарной нагрузки системы, т. е. должен соблюдаться баланс генерируемых и потребляемых мощностей в системе. Невыполнение этого условия или нарушение баланса мощностей системы приводит к отклонению параметров ее режима.

Баланс активной мощности может поддерживаться только самой системой, т. е. генераторами системы.

В электрической системе при любых режимах должно удовлетворяться уравнение баланса активных мощностей:

$$P_{\text{раб}} = P_{\text{н}} + \Delta P_{\text{с}} + P_{\text{сн}} = P_{\text{потр}}$$

где $P_{\text{раб}}$ — суммарная активная мощность, вырабатываемая генераторами электростанций, МВт;

$P_{\text{н}}$ — суммарная активная мощность нагрузок системы, МВт

$\Delta P_{\text{с}}$ — суммарные потери активной мощности в системе (во всех звеньях от генераторов станций до потребителей энергии), МВт;

$P_{\text{сн}}$ — суммарная активная мощность собственных нужд электростанций, МВт;

$P_{\text{потр}}$ — суммарная потребляемая активная мощность, МВт.

Потери активной мощности могут достигать 5... 15% от суммарной нагрузки системы, а расход на собственные нужды станций в зависимости от их типа составляет 1... 12%. Нарушение баланса активных мощностей в системе вызывается изменением нагрузки, авариями, изменением производительности оборудования и другими причинами, поэтому система должна располагать большей мощностью, т. е. иметь резерв.

Поскольку с ростом нагрузки, резерв уменьшаться не должен, то необходимо в системе вводить дополнительные мощности, чтобы сохранить его требуемый уровень.

Причинами нарушения баланса мощности могут быть:

- 1) аварийное отключение генератора;
- 2) неожиданный (неплановый, не предусмотренный расчетами) рост потребления мощности, например, увеличение потребления мощности электронагревателями в результате сильного снижения температуры;

- 3) аварийное отключение линий или трансформаторов связи.

При неизменном составе нагрузок системы потребляемая ими мощность связана с частотой переменного тока. При нарушении исходного баланса частота принимает новое значение. Снижение генерируемой активной мощности приводит к уменьшению частоты, ее возрастание обуславливает рост частоты. Иными словами, при $\Sigma P_{\text{г}} < \Sigma P_{\text{п}}$ (где $\Sigma P_{\text{г}}$ — суммарная генерируемая мощность, $\Sigma P_{\text{п}}$ — суммарная потребляемая мощность) частота понижается, при $\Sigma P_{\text{г}} > \Sigma P_{\text{п}}$ частота растет.

Отклонение частоты допускается: нормальное – в пределах $\pm 0,2$ Гц и максимальное – в пределах $\pm 0,4$ Гц. Приведенные нормы отклонений частоты относятся к нормальному режиму работы энергосистемы и не распространяются на послеаварийные режимы.

В послеаварийных режимах работы электрической сети допускается отклонение частоты от плюс 0,5 Гц до минус 1 Гц общей продолжительностью за год не более 90 ч.

К поддержанию частоты в электрических системах предъявляются повышенные требования, так как следствием больших отклонений могут являться выход из строя

оборудования станций, понижение производительности двигателей, нарушение технологического процесса и брак продукции.

Методы регулирования частоты в энергосистеме:

- Метод статических характеристик

Простейший метод получается при регулировании частоты всеми агрегатами системы, когда последние снабжены регуляторами скорости со статическими характеристиками. При параллельной работе агрегатов, работающих без смещения регулировочных характеристик, распределение нагрузок между агрегатами может быть найдено из уравнений статических характеристик и уравнений мощности.

В эксплуатации изменения нагрузки значительно превышают указанные величины, поэтому частота не может поддерживаться в заданных пределах. При таком методе регулирования необходимо иметь большой резерв, рассредоточенный на всех агрегатах системы.

Данный метод не может обеспечить экономичной работы электростанций, так как, с одной стороны, при нем не может быть использована полностью мощность экономичных агрегатов, а с другой стороны, нагрузка всех агрегатов непрерывно меняется.

- Метод АЧР (автоматическая частотная разгрузка).

В объединенной системе, включающей несколько энергосистем, регулирование частоты иногда поручается одной системе, а остальные контролируют передаваемую мощность.

Превышение ΣP_r над ΣP_n , приводящее к росту частоты, можно ликвидировать, уменьшая мощность генераторов или отключая часть из них. Понижение частоты из-за превышения ΣP_n над ΣP_r требует мобилизации резерва мощности или автоматической частотной разгрузки (АЧР). В противном случае понижение частоты может привести не только к браку продукции у потребителей, но и к повреждению оборудования станций и развалу системы.

Автоматическая частотная разгрузка—дискретная система регулирования, отключающая потребителей ступенями (или очередями). При снижении частоты на величину Δf срабатывает реле частоты, входящее в состав устройства АЧР, и отключает часть потребителей с мощностью ΔP .

Базовым вариантом выполнения АЧР в настоящее время является одновременное применение трех видов устройств, которые принято называть категориями:

1. АЧР I – быстродействующая разгрузка, действующая на отключение потребителей очередями с различными постепенно снижающимися уставками по частоте;
2. АЧР II – медленно действующая разгрузка, действующая на отключение потребителей очередями, имеющими одну или несколько близких уставок по частоте и различные постепенно увеличивающиеся уставки по времени;
3. Дополнительная разгрузка, действующая при возникновении дефицита мощности, превышающего максимальный расчетный дефицит. Фактором запуска дополнительной разгрузки, как правило, может быть, возникшее возмущение, например, отключение линии связи с контролем по параметрам предшествующего режима.

Выполнение АЧР I и АЧР II состоящими из большого числа очередей, отключающих нагрузку сравнительно небольшими долями придает АЧР свойство системы автоматического регулирования с обратной связью.

Переходный процесс при возникновении дефицита мощности и действии АЧР I и АЧР II (график приведен на рис.1)

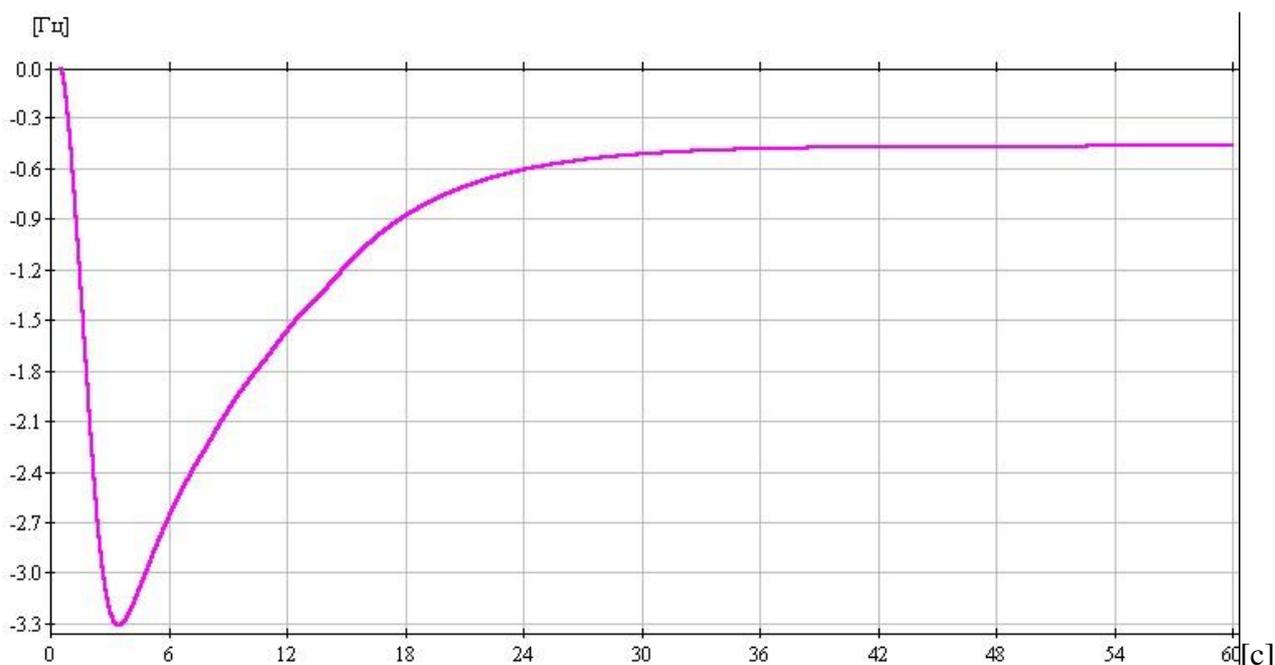


Рисунок 1 – Изменение частоты при возникновении дефицита мощности и действии АЧР.

Действие АЧР, обеспечивающее ликвидацию аварии, должно удовлетворять требованию минимизации ущерба при отключении потребителей. Это требование может быть обеспечено, если последовательность отключения потребителей будет такова, что в первую очередь отключаются менее ответственные потребители, а более ответственные остаются в работе.

Литература

1. Р.А. Вайнштейн, Методические указания для лабораторной работы автоматическая частотная разгрузка. – Издательство Томского политехнического университета, 2010 – 30 с.
2. Распопов Е. В. Электрические системы и сети. Качество электроэнергии и его обеспечение, СЗПИ, 1990. – 48 с.