

Лекция № 15. Отклонения и колебания частоты

Отклонение частоты – разность между действительным и номинальным значениями частоты, Гц :

$$\Delta f = f - f_{\text{ном}}$$

или, %

$$\Delta f = \frac{f - f_{\text{ном}}}{f_{\text{ном}}} \cdot 100\%.$$

Стандартом устанавливаются нормально и предельно допустимые значения отклонения частоты, равные $\pm 0,2$ Гц и $\pm 0,4$ Гц соответственно.

Снижение частоты происходит при дефиците мощности работающих в системе электростанций.

Для устранения этих явлений необходимо ремонтировать или модернизировать существующие и строить новые электростанции. А пока их нет, активно применяется радикальная мера — автоматическая частотная разгрузка (АЧР), то есть отключение части потребителей при снижении частоты. Это ещё называют веерными отключениями.

Для потребителя важно знать, в какую очередь отключат его оборудование от сети, при таком развитии событий (указывается при заключении договора электроснабжения) аргументированно требовать изменения очередности или иметь собственные резервные генерирующие мощности.

Повышение частоты происходит при резком сбросе нагрузки в системе электроснабжения – ситуация аварийная и действие ГОСТ 13109-97 на неё не распространяется, а в установившемся режиме работы сети такое событие весьма редкое.

Жесткие требования стандарта к отклонениям частоты питающего напряжения обусловлены значительным влиянием частоты на режимы работы электрооборудования, ход технологических процессов производства и, как следствие, технико-экономические показатели работы промышленных предприятий.

Электромагнитная составляющая ущерба обусловлена увеличением потерь активной мощности в электрических сетях и ростом потребления активной и реактивной мощностей. Известно, что снижение частоты на 1% увеличивает потери в электрических сетях на 2% .

Технологическая составляющая ущерба вызвана в основном недовыпуском промышленными предприятиями своей продукции и стоимостью дополнительного времени работы предприятия для выполнения задания. Согласно экспертным оценкам, значение технологического ущерба на порядок выше электромагнитного.

Анализ работы предприятий с непрерывным циклом производства показал, что большинство основных технологических линий оборудовано механизмами с постоянным и вентиляторным моментами сопротивлений, а их приводами служат асинхронные двигатели. Частота вращения роторов двигателей пропорциональна изменению частоты сети, а производительность технологических линий зависит от частоты вращения двигателя.

Степень влияния частоты на производительность ряда механизмов может быть выражена через потребляемую ими активную мощность:

$$P = af^{n},$$

где a – коэффициент пропорциональности, зависящий от типа механизма;

f – частота сети;

n – показатель степени.

В зависимости от значений показателя степени n , ЭП можно разбить на следующие группы:

1) механизмы с постоянным моментом сопротивления - поршневые насосы, компрессоры, металлорежущие станки и др.; для них $n = 1$;

2) механизмы с вентиляторным моментом сопротивления - центробежные насосы, вентиляторы, дымососы и др.; для них $n = 3$; на ТЭС, КЭС, АЭС обычно это двигатели насосов питательной воды, циркуляционных насосов, дымовых вентиляторов, маслонасосов и т.д.;

3) механизмы, для которых $n = 3,5-4$ - центробежные насосы, работающие с большим статическим напором (противодавлением), например, питательные насосы котельных.

ЭП 2-й и 3-й групп, наиболее подверженные влиянию частоты, имеют регулировочные возможности, благодаря которым потребляемая ими мощность из сети остается практически неизменной.

Наиболее чувствительны к понижению частоты двигатели собственных нужд электростанций. Снижение частоты приводит к уменьшению их производительности, что сопровождается снижением располагаемой мощности генераторов и дальнейшим дефицитом активной мощности и снижением частоты (имеет место лавина частоты).

Такие ЭП, как лампы накаливания, печи сопротивления, дуговые электрические печи на изменение частоты практически не реагируют.

Отклонения частоты отрицательно влияют на работу электронной техники: отклонение частоты более $+0,1$ Гц приводит к яркостным и геометрическим фоновым искажениям телевизионного изображения, изменения частоты от 49,9 до 49,5 Гц влечет за собой почти четырехкратное увеличение допустимого размаха телевизионного сигнала к фоновой помехе. Изменение частоты до 49,5 Гц требует существенного ужесточения требований к отношению сигнал/фоновая помеха во всех звеньях

телевизионного тракта – от оборудования аппаратно-студийного комплекса до телевизионного приемника, выполнение которых сопряжено со значительными материальными затратами .

Кроме этого, пониженная частота в электрической сети влияет и на срок службы оборудования, содержащего элементы со сталью (электродвигатели, трансформаторы, реакторы со стальным магнитопроводом), за счет увеличения тока намагничивания в таких аппаратах и дополнительного нагрева стальных сердечников.

Для предотвращения общесистемных аварий, вызванных снижением частоты, предусматриваются специальные устройства автоматической частотной разгрузки (АЧР), отключающие часть менее ответственных потребителей. После ликвидации дефицита мощности, например, после включения резервных источников, специальные устройства частотного автоматического повторного включения (ЧАПВ) включают отключенных потребителей и нормальная работа системы восстанавливается.

Поддержание нормальной частоты, соответствующей требованиям стандарта, является технической, а не научной задачей, основной путь решения которой - ввод генерирующих мощностей с целью создания резервов мощности в сетях энергоснабжающих организаций.