УДК 621.311.13

С.А. СЕВАЛЬНЕВ, студент гр. ЭРб-181 (КузГТУ), IV курс,
О.В. ПОПОВА, к.т.н., доцент.
Кузбасский государственный технический университет
имени Т.Ф. Горбачёва,
г. Кемерово.

МЕТОДЫ И СПОСОБЫ СНИЖЕНИЯ ПОТЕРЬ НАПРЯЖЕНИЯ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ

Надёжная и качественная работа современных потребителей с обширными и сложными технологическими процессами, и обширным применением средств автоматики, управления и регулирования зависит от надлежащего качества электроснабжения. В частности, от качества напряжения, которое характеризуется ГОСТ 32144-2013.

Потерей напряжения является различие напряжений в самом начале и в конце участка линии и определяются как:

$$\Delta U = \frac{P \cdot r_0 \cdot l + Q \cdot x_0 \cdot l}{U_{\text{ном}}} = \frac{P \cdot R + Q \cdot X}{U_{\text{ном}}},$$

где P – активная мощность, кВт; Q – реактивная мощность, квар; R – активное сопротивление ЛЭП, Ом; X – реактивное сопротивления ЛЭП, (найденные как произведение удельных сопротивлений [Ом/км] на длину участка сети [км]); $U_{\text{ном}}$ – номинальное напряжение сети, В.

Сопротивления ЛЭП (активные и реактивные) практически постоянны, а активная и реактивная мощности переменные, к тому же характер данных изменений может быть различным:

- отклонение напряжения происходят при изменении нагрузки, т.к. при увеличении тока нагрузки вторичное напряжение на трансформаторах уменьшается;
- колебания напряжения происходят при изменяемом характере нагрузки, когда активные и реактивные мощности импульсивно изменяются;
- несемметрия напряжения, вызванная неравенством фазных и междуфазных напряжений. Во избежание этого должен производиться расчёт влияния однофазных приёмников на электрическую сеть, где рассчитывается нагрузка по фазам и сравнивается между собой;
- несинусоидальность формы кривой может происходить, если

присутствует нелинейная нагрузка – т.е. нагрузка потребляет от сети не синусоидальный ток, а периодический. В качестве примера такой нагрузке можно отнести: световые приборы (светодиодные, люминесцентные, газоразрядные), устройства с большими токами нагрузки (сварочные установки, электродуговые печи), устройства с насыщающимися электромагнитными элементами, а также всевозможными импульсными блоками питания;

Методы уменьшения потерь напряжения достигается:

1) правильный подбор проводников для ЛЭП – он заключается в проверке сечения по допустимым потерям напряжения, но слишком сильно увеличивать сечение нельзя, т.к. это увеличивает капитальные затраты на приобретение линий;

2) уменьшение реактивного сопротивления ЛЭП с помощью применения продольной ёмкостной компенсации позволяет снизить потери напряжения, но приводит к увеличению токов короткого замыкания при X, стремящемся к 0, что также увеличивает капитальные затраты на приобретение защитных отключающих устройств на большие номинальные значения, т.к. повышается требование к надёжной быстродействующей защите;

$$\Delta U = \frac{P \cdot R + Q \cdot (X - X_{\text{к}})}{U_{\text{ном}}} = \Delta U_{\text{а}} + \Delta U_{\text{р}},$$

где $X_{\text{к}}$ – индуктивное сопротивление, которое компенсируется конденсаторами, Ом; $\Delta U_{\text{а}}$ – потери напряжения, которые происходят на активной части, В; $\Delta U_{\text{р}}$ – часть потерь напряжения, отвечающая за уменьшения потерь за счёт компенсации реактивной мощности, В.

Для уменьшения $\Delta U_{\text{р}}$ в линии конденсаторы включают в сеть последовательно. Они компенсируют часть индуктивного сопротивления, что в итоге также создаёт прибавочное напряжение. Но такое соединение конденсаторов эффективно в нескольких случаях:

1. при значительной реактивной нагрузке, когда коэффициент реактивной мощности $tg\varphi$ находится в интервале от 0,75 до 1,0. В случае если $tg\varphi$ близок к нулю, то установка конденсаторов, с целью компенсации индуктивного сопротивления, не эффективна, т.к. потери напряжения в ЛЭП определяется в основном активным сопротивлением R и активной мощностью P.

2. в результате частых колебаний нагрузки, так как выгода применения добавочного напряжения (конденсатора) соизмерима с током нагрузки. Поэтому данный метод эффективнее применять в ЛЭП 35 кВ и ниже, от которых питаются потребители с изменяющемся графиком нагрузки и малым коэффициентом активной мощности.

3) снижение передачи реактивной мощности по ЛЭП с помощью установки синхронных электродвигателей, работающих в режиме перевозбуждения, т.е. в режиме генерации реактивной мощности.

Потери напряжения в сети, где установлено компенсирующие устройство находится как:

$$\Delta U = \frac{P \cdot R + (Q - Q_{\text{ку}}) \cdot X}{U_{\text{ном}}},$$

где $Q_{\text{ку}}$ – мощность компенсирующего устройства.

Компенсация реактивной мощности также уменьшает общие потери электроэнергии в сетях, что является существенным плюсом, т.к. повышает энергосбережение.

4) регулирование напряжения в центре питания ($U_{\text{ц}}$):

$$\Delta U = \frac{P \cdot R + Q \cdot X}{U_{\text{ц}}}$$

Регулирование напряжение выполняется на трансформаторах, оснащённых системой РПН, т.е. с возможностью регулирования напряжения под нагрузкой.

5) регулирование напряжение на промежуточных трансформаторных подстанциях:

$$\Delta U = \frac{P \cdot R + Q \cdot X}{U_{\text{тп}}}$$

Регулировка происходит на трансформаторах, на которых есть возможность использовать переключение отпаек на обмотках с разными коэффициентами трансформации.

Рассмотрев методы уменьшения потерь напряжения, можно сделать вывод, что первые два метода используются при проектировании, т.к. дальнейшая замена выбранных устройств дорогостоящая. Следующий метод эффективен при сезонной регулировке напряжения, когда изменяется нагрузка сети. Четвёртый способ заключается в регулировки напряжения в центре питания, что позволяет изменять напряжение в соответствии с графиком нагрузки. Последний метод также эффективен, когда происходит сезонная смена нагрузки и управление режимом компенсирующего оборудования нужно централизованно.

Список литературы:

1. Сохранение энергии // [Электронный ресурс] // Режим доступа: https://plus.rbc.ru/news/564d66a37a8aa96855d6606d.

2. Способ распределения общей потери напряжения в системе внутреннего электроснабжения предприятия // [Электронный ресурс] // Режим доступа: https://cyberleninka.ru/article/n/sposob-raspredeleniya-obschey-poteri-napryazheniya-v-sisteme-vnutrennego-elektrosnabzheniya-predpriyatiya/viewer

3. Оптимизация параметров систем электроснабжения предприятий с использованием понятия об оптимальной потери напряжения // [Электронный ресурс] // Режим доступа: https://cyberleninka.ru/article/n/optimizatsiya-parametrov-sistem-elektrosnabzheniya-predpriyatiy-s-ispolzovaniem-ponyatiya-ob-optimalnoy-poteri-napryazheniya

4. Коваленко П.В., Пермяков А.В., Оценка потерь электроэнергии в сетях 0,4-35 кВ // [Электронный ресурс] // Режим доступа: otsenka-poter-elektroenergii-v-setyah-0-4-35-kv.pdf

5. Савченко Ж.В., Расчет потерь напряжения в линии электропередачи // [Электронный ресурс] // Режим доступа: usep.ru/?action=directory&count=001

Информация об авторах:

Севальнев Станислав Андреевич, студент гр. ЭРб-181, КузГТУ, 650000, г. Кемерово, ул. Весенняя, д. 28, sevalnevsa@list.ru

Попова Ольга Владимировна, доцент, к.т.н., КузГТУ, 650000, г. Кемерово, ул. Весенняя, д. 28, pov.egpp@kuzstu.ru