

Лекция № 5

ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЕКТНЫХ РЕШЕНИЙ В РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ

Эффективность функционирования распределительных сетей в значительной степени зависит от принятых решений при проектировании новых и модернизации существующих сетей. При этом оптимизация проектных решений — задача комплексная, в которой в качестве критериев оптимизации используются такие важнейшие показатели как пропускная способность, качество напряжения, надежность электроснабжения, капитальные затраты, потери электроэнергии.

Один из основных параметров, выбираемых при проектировании сети — это ее номинальное напряжение. Применение повышенных напряжений приводит к увеличению пропускной способности. Если же расчетная нагрузка остается неизменной, то снижаются нагрузочные потери мощности и энергии. Действительно, если, например, вместо напряжения 220 В применить напряжение 380 В, то потери мощности снизятся в $(380/220)^2 \approx 3$ раза. Аналогичное снижение потерь будет в случае использования напряжения 10кВ вместо 6 кВ: $(10/6)^2 \approx 2.8$. Если же применить напряжение 20 кВ вместо 10 кВ, то при неизменной нагрузке потери мощности уменьшатся в 4 раза. Конечно, следует иметь ввиду, что с повышением напряжения возрастают капитальные затраты, прежде всего на электрооборудование подстанций (трансформаторы, выключатели и т. п.). Кроме того, существенным ограничением является то, что нецелесообразно в одном географическом районе, в одной распределительной сети иметь несколько номинальных напряжений по условиям эксплуатации, обеспечения резервирования и т. п. Поэтому при проектировании конкретной сети оптимизацию номинального напряжения обычно не делают. Эту задачу, как правило, решают на более ранней стадии при проведении специальных исследований, в результате которых для данного региона определяют оптимальную систему напряжений, кВ: 110—35—6—0.38; 110—35—10—0.38; 110—20—0.38; 110—10—0.38 110—6—0.38.

К задаче выбора рациональной системы напряжений непосредственно примыкает задача нахождения экономического радиуса действия распределительной сети, подключаемой к питающей подстанции 35—110 кВ. С учетом оптимальной зоны распределительной сети находится соответствующее число распределительных пунктов и трансформаторных подстанций 6—10/0.38 кВ. Эта задача принципиально также решается обычно на стадии предварительных специальных исследований.

Другим важнейшим оптимизируемым параметром является величина мощности компенсирующих устройств. Установка компенсирующих устройств комплексно положительно влияет на режим сети, т. к. позволяет снизить не только потери мощности и энергии, но и улучшить качество напряжения, а также повысить пропускную способность по активной мощности. Дополнительная эффективность применения компенсирующих устройств

может быть достигнута за счет оснащения их установками автоматического регулирования мощности. Их целесообразность определяется условием:

$$\delta W - Z_a > 0,$$

где δW — годовое снижение потерь электроэнергии за счет автоматического регулирования мощности компенсирующего устройства; Z_a — приведенные затраты на установку средств автоматики.

В сетях до 1000 В важной задачей является также выравнивание нагрузки фаз. Это связано с тем, что в таких сетях подключается большое количество однофазных электроприемников, что может приводить к несимметрии токов по фазам. Справедливо следующее неравенство:

$$I_A^2 + I_B^2 + I_C^2 > 3I_{cp}^2, \quad (39)$$

где I_A, I_B, I_C — токи в соответствующих фазах; I_{cp} — средний одинаковый ток по всем фазам,

$$I_{cp} = (I_A + I_B + I_C) / 3 \quad (40)$$

В силу данного неравенства при неравномерной нагрузке по фазам потери мощности оказываются больше, чем при равномерной нагрузке I_{cp} .

Задача выравнивания нагрузки по фазам частично может быть решена при проектировании сети путем соответствующего равномерного подключения установленной мощности однотипных электроприемников к различным фазам. Вместе с тем, в сетях имеет место также вероятностная несимметрия, связанная с различным суточным режимом потребления нагрузки в разных фазах. Поэтому несимметрию нагрузок по фазам в течение всего времени суток полностью устранить удается не всегда.

Потери мощности в трехфазной сети с нулевым проводом при наличии несимметрии можно определить по формуле:

$$\Delta P = 3k_d I_{cp}^2 R_\phi, \quad (41)$$

где R_ϕ — активное сопротивление фазного провода; k_d — коэффициент дополнительных потерь из-за несимметрии нагрузок по фазам.

Значение коэффициента k_d для трехфазной сети с нулевым проводом определяется по формуле:

$$k_d = N^2 \left(1 + \frac{1.5R_n}{R_\phi} \right) - \frac{1.5R_n}{R_\phi} \quad (42)$$

где R_n — активное сопротивление нулевого провода; N — коэффициент неравномерности нагрузки по фазам.

Квадрат коэффициента неравномерности

$$N^2 = \frac{I_A^2 + I_B^2 + I_C^2}{3I_{cp}^2} \quad (43)$$

В условиях модернизации и реконструкции сети также возможны различные пути оптимизации проектных решений. Так, иногда оказывается эффективным упорядочение мощностей трансформаторов в распределительных сетях, а также замена морально устаревших трансформаторов. Дело в том, что с течением времени неизбежны отклонения реальных нагрузок трансформаторов от проектных. Если некоторые трансформаторы оказываются перегруженными, то по техническим условиям требуется их замена на трансформаторы большей мощности. При этом снижение потерь электроэнергии проявляется в виде сопутствующего эффекта. Он связан с тем, что уменьшение нагрузочных потерь $\delta\Delta W_n$ оказывается большим, чем некоторое увеличение потерь холостого хода $\delta\Delta W_x$

$$\delta\Delta W = \delta\Delta W_n - \delta\Delta W_x > 0.$$

Если же трансформаторы оказываются существенно недогруженными относительно их номинальных мощностей (коэффициент загрузки менее 0.35—0.45), то бывает целесообразным получить экономию на потерях холостого хода, хотя нагрузочные потери при этом несколько увеличиваются:

$$\delta\Delta W = \delta\Delta W_x - \delta\Delta W_n > 0$$

Эффект от снижения потерь энергии холостого хода может быть также достигнут при замене морально устаревших трансформаторов на трансформаторы с меньшими потерями холостого хода

$$\delta\Delta W = \delta\Delta W_{1x} - \delta\Delta W_{2x},$$

где $\delta\Delta W_{1x}$, $\delta\Delta W_{2x}$ — потери холостого хода до и после замены трансформатора.

Аналогичный положительный результат может быть получен при замене проводов воздушных линий, который может быть осуществлен прежде всего с целью повышения пропускной способности. При этом сопутствующий эффект от снижения потерь энергии, прежде всего, при немаксимальных нагрузках может быть равен

$$\delta\Delta W = 3I_{нб}^2 \tau L (R_{01} - R_{02}),$$

где L — длина линии; R_{01} , R_{02} — удельные сопротивления до и после замены проводов.

Заметим, что практическая реализация такого технического решения может сдерживаться ограничениями механической прочности опор, допустимостью увеличенных стрел провеса проводов с большей площадью сечения и др.

Более подробное изложение вопросов оптимизации проектных решений выходит за рамки данного курса, они рассматриваются в специальных курсах.