

Рассмотрены два основных способа компенсации некачественности потребителя электроэнергии, которые получили распространение в Украине. Указаны их достоинства и недостатки. Изложен новый подход к конденсаторной компенсации. Предложен алгоритм оптимальной компенсации дополнительных потерь в питающей сети на основе использования заданного коэффициента мощности

УДК 621.317

О.В. Партола
Н.И. Кучерова
О.В. Еремина

Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт»

МЕТОДЫ КОМПЕНСАЦИИ НЕКАЧЕСТВЕННОСТИ ПОТРЕБИТЕЛЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

В связи с острой проблемой экономии невозполнимых природных ресурсов особо актуальным является развитие различных энергосберегающих технологий, а также минимизация затрат, связанных с передачей и распределением электроэнергии. Отдельно высокую значимость имеет компенсация некачественности потребителя, которая способствует существенной экономии электроэнергии, поэтому весьма важной задачей является создание таких компенсирующих устройств. Прогресс в области электроники привел к росту удельного веса нелинейной, нестационарной, несимметричной и реактивной нагрузки, что сказывается и на качестве электроэнергии, и на эффективности работы всей энергосистемы. Уже сейчас потери мощности в сетях среднего и низкого напряжения составляют соответственно 8 и 12 % [1].

В настоящее время существуют различные способы компенсации некачественности потребителя, но получили распространение только два способа: компенсация конденсаторными батареями и компенсация посредством тиристорных преобразователей.

Принцип работы тиристорного компенсатора заключается в формировании токов компенсации, ввод которых обеспечивает чисто активный и линейный характер нагрузки. При этом осуществляется полная компенсация тех дополнительных потерь, которые вносит потребитель из-за своей некачественности, и потери в питающей сети снижаются до минимума.

Однако данный способ обладает и существенными недостатками: высокая стоимость, т. е. при реализации требует больших затрат, снижает общую надежность компенсации и имеет собственные потери 2-4%. Также недостатком является то, что при этой компенсации чаще всего используется широтно-импульсная модуляция, что приводит к образованию гармоник. А это в свою очередь требует дополнительных мер по их устранению, так как сигнал приходится сглаживать.

Конденсаторная компенсация некачественности потребителя электроэнергии получила широкое распространение благодаря низкой стоимости капиталовложений, небольшим потерям активной мощности, возможности установки конденсаторных батарей в любой точке сети, а также простоте эксплуатации и монтажа. Использование конденсаторных установок позволяет разгрузить питающие линии электропередач, трансформаторы и распределительные устройства, а также снизить расходы на оплату электроэнергии.

Одним из недостатков использования конденсаторных батарей в качестве компенсирующих устройств является дискретность регулирования их мощности, которая обуславливает определенную погрешность. Неблагоприятное воздействие на конденса-

торы токовых перегрузок при частоте высших гармоник, генерируемых нелинейными элементами, также является недостатком этого способа компенсации [2].

Традиционно считается, что компенсируют реактивную мощность или обеспечивают максимальное значение коэффициента мощности, но в действительности сводят к нулю синус угла между векторами тока и напряжения. Такое управление компенсирующими устройствами требует измерения $\sin \varphi$, что достаточно просто при синусоидальных процессах, но сложно при искаженных сигналах. Измерения обычно осуществляют в одной фазе даже в трехфазной системе, что вносит дополнительные погрешности при несимметричной нагрузке. Поэтому актуален поиск алгоритмов, которые функционировали бы правильно и быстро при любых искажениях.

Сейчас в Украине развивается совершенно новый подход к конденсаторной компенсации [3]. В основе своей он имеет положение о том, что минимум потерь в сети можно обеспечить подключением конденсаторной батареи оптимальной емкости, которая определяется выражением

$$C_{\text{ОПТ}} = -\frac{\overline{i_{\text{H}} u'}}{(u')^2}, \tag{1}$$

где i_{H} – ток нагрузки.

Выражение (1) позволяет определить оптимальное значение емкости конденсаторной батареи даже при ее отсутствии в цепи. Кроме того, форма токов и напряжений может быть произвольной. Так, в случае подключения конденсаторной батареи оптимальной емкости, потери мощности $\Delta P_{\text{МИН}}$ в сети будут минимальны и составят на 1 Ом

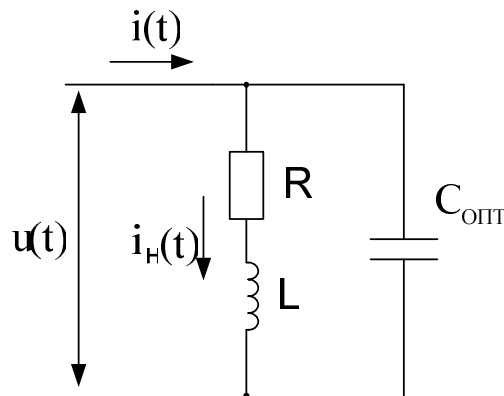


Рис.1.

$$\Delta P_{\text{МИН}} = \overline{i_{\text{H}}^2} - \frac{(\overline{i_{\text{H}} u'})^2}{(u')^2}. \tag{2}$$

Минимуму потерь в питающей сети соответствует единичный коэффициент мощности $\cos \varphi = 1$. Однако в работах [1], [4], [5] показано, что целесообразно поддерживать несколько меньшее значение коэффициента мощности, что приводит к снижению суммарных затрат.

Представляет интерес рассмотреть возможность использования предложенного метода для определения емкости конденсаторной батареи, обеспечивающей при включении заданное значение коэффициента мощности.

$$\cos \varphi_3 = \frac{P}{U \cdot I}. \tag{3}$$

Пусть ток и напряжение имеют произвольную форму. Ток в цепи после подключения компенсирующей емкости

$$i = Cu' + i_H. \quad (4)$$

Тогда потери в питающей сети на 1 Ом нагрузки равны

$$\Delta P = \overline{i^2} = \overline{(Cu' + i_H)^2} = C^2 \cdot \overline{(u')^2} + 2C \cdot \overline{u' \cdot i_H} + \overline{i_H^2}. \quad (5)$$

Согласно (3) и (5) заданный коэффициент мощности равен

$$\cos \varphi_3 = \frac{P}{U \sqrt{\overline{(C^2 \cdot (u')^2 + 2C \cdot u' \cdot i_H + i_H^2)}}}. \quad (6)$$

Возведя в квадрат обе части уравнения, получим

$$C^2 + 2C \cdot \frac{\overline{u' \cdot i_H}}{\overline{(u')^2}} + \frac{\overline{i_H^2}}{\overline{(u')^2}} - \frac{P^2}{\overline{(u')^2} U^2 \cos^2 \varphi_3} = 0. \quad (7)$$

Таким образом, емкость компенсирующей конденсаторной батареи зависит от заданного значения коэффициента мощности следующим образом

$$C = -\frac{\overline{u' \cdot i_H}}{\overline{(u')^2}} \pm \sqrt{\left(\frac{\overline{u' \cdot i_H}}{\overline{(u')^2}}\right)^2 - \frac{\overline{i_H^2}}{\overline{(u')^2}} + \frac{P^2}{\overline{(u')^2} U^2 \cos^2 \varphi_3}} =$$

$$= C_{\text{опт}} \pm \sqrt{C_{\text{опт}}^2 - \frac{\overline{i_H^2}}{\overline{(u')^2}} + \frac{P^2}{\overline{(u')^2} U^2 \cos^2 \varphi_3}}, \quad (8)$$

где $C_{\text{опт}} = -\frac{\overline{i_H u'}}{\overline{(u')^2}}$;

«±» – перекомпенсация (знак «+») и недокомпенсация (знак «-») дополнительных потерь в питающей сети.

Выводы: Таким образом, анализ наиболее распространенных методов компенсации некачества потребителя электроэнергии показал, что в большинстве случаев можно ограничиться конденсаторной компенсацией. Оптимальное значение емкости в любых режимах может быть определено по выражению (1). Однако теоретическое решение вопроса оптимальной компенсации должно быть приведено в соответствие с практическими условиями ее осуществления на предприятиях.

Описанный в статье метод позволяет не только минимизировать дополнительные потери в питающей сети, но и сделать это с учетом экономической выгоды в каждом частном случае.

Литература:

1. Ф.П. Говоров, В.А. Перепеченный, В.Ф. Говоров. К вопросу о компенсации реактивной мощности в системах электроснабжения городов // Энергетика та електрифікація.- 2007.- №7- с.54-58.
2. Супронович Г. Улучшение коэффициента мощности преобразовательных установок: Пер. с польск.- М.: Энергоатомиздат,1985.- 136с.
3. Кизилев В.У., Зубюк Ю.П., Партола О.В. Современная теория конденсаторной компенсации индуктивного характера потребителя электроэнергии // Электрические сети и системы.- №.1- 2007.- с.15-20.
4. Конохова Е.А., Токарев С.А. Оптимальная степень компенсации реактивной мощности в электрических сетях до 1 кВ при радиальной схеме электроснабжения напряжением 10кВ // Промышленная энергетика.- 2007.- №4.- с.31-35.

5. О.І. Дорошенко. Щодо пріоритетного використання засобів компенсації реактивної потужності // Енергетика та Електрифікація– 2006.– №11.– с.68-71.

МЕТОДИ КОМПЕНСАЦІЇ НЕЯКІСНОСТІ СПОЖИВАЧА ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ

О.В. Партола, Н.І. Кучерова, О.В. Ерьоміна

Розглянуто два основні способи компенсації неякісності споживача електроенергії, які набули поширення в Україні. Вказано їх достоїнства і недоліки. Викладений новий підхід до конденсаторної компенсації. Запропоновано алгоритм оптимальної компенсації додаткових втрат в живлячій мережі на основі використання заданого коефіцієнта потужності.

THE COMPENSATION METHODS OF THE LOW-QUALITY CUNSUMER

O.V. Partola, N.I. Kucheroва, O.V. Yeryomina

The two most propagated in Ukraine basic methods of the low-quality cunsumer compensation were considered. Their advantages and drawbacks were indicated. The new approach for capacitive compensation had been presented. The algorithm of the auxiliary losses optimal compensation, by using defined power factor, is set out.