

УДК 621.317.38

*Л.С. ПОПАЗОВ*, к.э.н., доц., НТУ «ХПИ», Харьков

*Е.Ю. ЛЫСЫХ*, магистр., НТУ «ХПИ», Харьков

## **ЭКОНОМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕОРИИ S.FRYZE ДЛЯ КОМПЕНСАЦИИ НЕКАЧЕСТВЕННОСТИ ПОТРЕБИТЕЛЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ**

В статье выполнен анализ преимуществ и недостатков различных алгоритмов компенсации некачественности потребителей электроэнергии. С экономической точки зрения для серийного внедрения наиболее привлекательным будет являться принцип компенсации некачественности потребителей электроэнергии, который приводит к минимизации потерь электроэнергии в питающей сети и минимальной стоимости внедрения алгоритма.

The analysis of advantages and lacks of different algorithms of indemnification unquality of users of electric power is executed in the article. From the economic point of view for serial introduction the most attractive there will be principle of indemnification unquality of users of electric power, which results in minimization of losses of electric power in a feed-in network and minimum cost of introduction of algorithm.

**Ключевые слова:** электроэнергия, теория S. Fryze, компенсация некачественности потребителя, реактивный ток, реактивная мощность.

**Вступление.** Экономия энергоресурсов является одной из важнейших задач в Украине, имеющей не только экономическое, но и политическое значение. В электроэнергетике существенное снижение потерь электроэнергии может быть достигнуто посредством компенсации некачественности потребителей электроэнергии.

Современная электроэнергетическая система Украины далека от идеальной. Нелинейная, несимметричная, неактивная и нестационарная нагрузка ведет к резкому снижению качества электроэнергии.

**Постановка задачи.** Ущерб от некачественности потребителя за счет искажающей нагрузки имеет две составляющие: электромагнитную и технологическую. Электромагнитная составляющая определяется в основном изменением потерь активной мощности и соответствующим изменением срока службы изоляции электрооборудования. При этом ущерб, связанный с несинусоидальностью, несимметрией и колебаниями напряжения, будет равен нулю при синусоидальности и симметрии системы линейных напряжений. Технологическая составляющая ущерба вызывается влиянием качества напряжения на производительность технологических установок и себестоимость выпускаемой продукции.

**Результаты исследования.** При несинусоидальности напряжения электромагнитная составляющая определяется, в основном, следующими показателями:

- 1) увеличением потерь активной мощности,
- 2) увеличением потребления активной и неактивной мощностей,
- 3) ускорением старения изоляции электрооборудования.

Значение электромагнитной составляющей ущерба:

$$Y = Y_H + Y_{отк} \quad (1)$$

где  $Y_{отк}$  - ущерб, обусловленный отклонением напряжения;

$Y_H$  - ущерб, связанный с несинусоидальностью и несимметрией напряжений и токов (как правило:  $Y_H = (0,2-0,3)Y$ ).

Технологическая составляющая ущерба от искажающей нагрузки оценивается по характеристикам конкретных производств.

Очевидно, что задача уменьшения ущерба от искажающей нагрузки очень актуальна и требует эффективного решения. Одним из таких решений является максимальное приближение характеристик нагрузки к идеальным.

Существующие реактивные счетчики измеряют только первую составляющую реактивной мощности, определяемую реактивным характером нагрузки, и не реагируют на другие ее составляющие, а потребитель не платит за дополнительные потери из-за этих причин.

подавляющее большинство реактивных счетчиков функционирует на основе алгоритма

$$Q_B = \frac{1}{\sqrt{3}} [u_{BC}(i_A - i_B) + u_{AB}(i_C - i_B)] \quad (2)$$

где  $Q_B$  - измеренное значение реактивной мощности.

В несимметричной цепи использование данного алгоритма приводит к погрешности  $\Delta Q [1]$ :

$$\Delta Q = -2Q_2 - Q_0 \quad (3)$$

где  $Q_2$  и  $Q_0$  - реактивные мощности обратной и нулевой последовательностей.

Определение реактивной мощности с методической погрешностью приведет к ошибкам при измерении, учете и компенсации реактивной мощности. Компенсаторы, построенные на основе данного алгоритма будут компенсировать реактивную мощность в электрической цепи с методической погрешностью  $\alpha = \frac{\pi}{6}$  в синусоидальном режиме. Теория сама по себе допускает наличие методической погрешности, что может привести к недостаточной компенсации, так и к перекompенсации реактивной мощности,

что в свою очередь может привести к не максимальному экономическому эффекту от внедрения устройства компенсации реактивной мощности[2].

В связи с этим, более целесообразным является применение методики определения потерь от некачественности потребителя, основанной на теории S. Fryze [3]. Несмотря на отсутствие физического смысла, определение реактивной мощности по S. Fryze позволяет выделить составляющую тока, которую можно назвать реактивным током по S. Fryze (она же реактивная составляющая). Другая - активная - составляющая разложения тока по S. Fryze обеспечивает минимум потерь в питающей сети при потреблении заданной активной мощности. Именно компенсация реактивного тока и позволяет получить минимальные потери:

$$i = i_{a\delta} + i_{\delta\delta} \quad (4)$$

Эта особенность, присущая теории S. Fryze, очень важна для экономии энергоресурсов в системе и позволяет отказаться от любого измерения реактивной мощности в задачах минимизации потерь в энергосистеме, это значительно упрощает расчёты с потребителем и позволяет стимулировать их к снижению искажающих воздействий на систему. Полные потери, вносимые потребителем:

$$\Delta P = i^2 R_c = (i_{a\delta} + i_{\delta\delta})^2 R_c = i_{a\delta}^2 R_c + i_{\delta\delta}^2 R_c = \Delta P_a + \Delta P_\delta. \quad (5)$$

Оплата потребителя за реактивную мощность может определяться соотношением:

$$\dot{I} = k_1 \Delta P_a + k_2 \Delta P_\delta, \quad (6)$$

где  $k_2 \gg k_1$ .

Подобный подход стимулирует потребителя к улучшению своих характеристик энергопотребления.

Камнем преткновения для внедрения такого способа формирования оплаты за реактивную мощность является точность измерения сопротивления энергосистемы  $R_c$ . Одним из вариантов решения данной проблемы является установление заранее обговоренного значения,  $R_c$  (это может быть и среднегодовое значение сопротивления энергосистемы). Также существует перспективный метод точного измерения сопротивления системы, появившейся относительно недавно.

Метод измерения реактивной мощности, предложенный S. Fryze не имеет методической погрешности при определении реактивной мощности в электрических цепях. Подход S. Fryze позволяет четко сформулировать цель и задачи компенсации, ясно сформулировать условие полной компенсации реактивной мощности в цепях с несинусоидальными сигналами.

Раньше внедрение данного метода было затруднено из-за отсутствия простых схемных решений. реализация данного метода на аналоговой базе

сильно усложняла схему, а микропроцессоры не обладали достаточной производительностью.

В настоящее время, когда микропроцессорная техника позволяет осуществить сложные алгоритмы, стоимость подобного оборудования уже не так высока, данный метод может быть реализован с помощью микропроцессора.

**Выводы.** Теория S. Fryze позволяет осуществить оптимальную компенсацию влияния искажающего потребителя электроэнергии и оказать на него обоснованные стимулирующие воздействия. При этом нет необходимости в понятии реактивная мощность, а достаточно понятия реактивный ток.

Современные устройства компенсации дополнительных потерь (тиристорные компенсаторы, статические синхронные компенсаторы и др.), в том числе вызванных некачеством потребителя, могут формировать реактивный ток по методике S. Fryze. Это позволит значительно уменьшить потери электроэнергии в энергосистеме и сократить количество измерительных устройств, которые применяются для определения величины реактивной мощности.

**Список литературы:** 1. Кизилов В.У. Методы построения измерительных преобразователей реактивной мощности // ИКА.-1987,-№3 (63),-с.3-14. 2. Кизилов В.У. К концепции компенсации некачества потребителя электроэнергии // Энергетики и электрофикация, №1, 2007, - с.50-52. 3. Fryze S. Active, Reactive and Apparent Power in Non-Sinusoidal Systems, Przegląd Election, №7 pp 193-200, 1931 (in Polish).

Подано до редакції 02.02.2011