

УДК 621.311.017

Компенсация реактивной мощности как способ снижения энергоемкости энергетической системы потребителя

С.А. Ракутько

*Дальневосточный государственный аграрный университет,
кафедра применения электроэнергетики в АПК, г. Благовещенск*

Аннотация. В работе энергоемкость энергетической системы потребителя рассматривается как величина, обратная коэффициенту мощности. Предложен метод снижения энергоемкости и устройство для его реализации.

Abstract. In the paper the power consumption of the consumer power system is considered as value inverted to the electrical power factor. The power consumption reduction method and device for its realization by increasing the electrical power factor has been proposed.

Ключевые слова: энергоемкость, коэффициент мощности, энергетическая система потребителя
Key words: power consumption, power factor, consumer power system

1. Введение

Повышенные потери активной электроэнергии в электрических сетях обусловлены перетоками реактивной мощности.

Компенсация реактивной мощности наиболее актуальна в сельских электрических сетях, где потери электроэнергии по причине передачи реактивной мощности оцениваются величиной 30 %. В настоящее время вопросам компенсации реактивной мощности в сельских электрических сетях уделяется недостаточное внимание (*Корепанова и др., 2008*).

Целью данной работы является снижение энергоемкости энергетической системы потребителя путем улучшения качества электроэнергии в электрической сети. Преимущественной областью применения являются сельские электрические сети, в которых распространенным режимом является несимметричная нагрузка фаз.

2. Способ снижения энергоемкости и устройство для его осуществления

Известно понятие энергоемкости, в соответствии с которым энергоемкость – это величина потребления энергии и (или) топлива на основные и вспомогательные технологические процессы изготовления продукции, выполнение работ, оказание услуг на базе заданной технологической системы. Численным выражением энергоемкости системы является показатель, представляющий собой отношение энергии, потребляемой системой, к величине, характеризующей результат функционирования данной системы (*Карпов, 2005*).

Для электрической сети как технического средства передачи энергии от источника к технологическому процессу величина энергоемкости может быть выражена через отношение полной мощности к активной и представляет собой величину, обратную коэффициенту мощности сети.

Распространенным методом снижения энергоемкости (и, соответственно, повышения коэффициента мощности) является применение управляемых конденсаторных батарей (*Комлев, Малафеев, 1981*). Применение известных способов реализации данного метода не обеспечивает минимальной энергоемкости при несимметричной нагрузке фаз, что является типичным режимом работы в сельских электрических сетях.

Результатом предлагаемого нами технического решения является снижение энергоемкости энергетической системы потребителя в условиях несимметричной нагрузки фаз. Предлагаемый способ снижения энергоемкости энергетической системы потребителя путем повышения ее коэффициента мощности заключается в применении компенсирующей конденсаторной установки. Требуемая емкость конденсатора вычисляется из условия обеспечения максимального значения коэффициента мощности в каждой фазе, емкость каждой фазы трехфазной конденсаторной установки принимают как среднее арифметическое значение из вычисленных значений емкости (*Ракутько, 2008*).

На рисунке показана схема, реализующая рассматриваемый способ снижения энергоемкости.

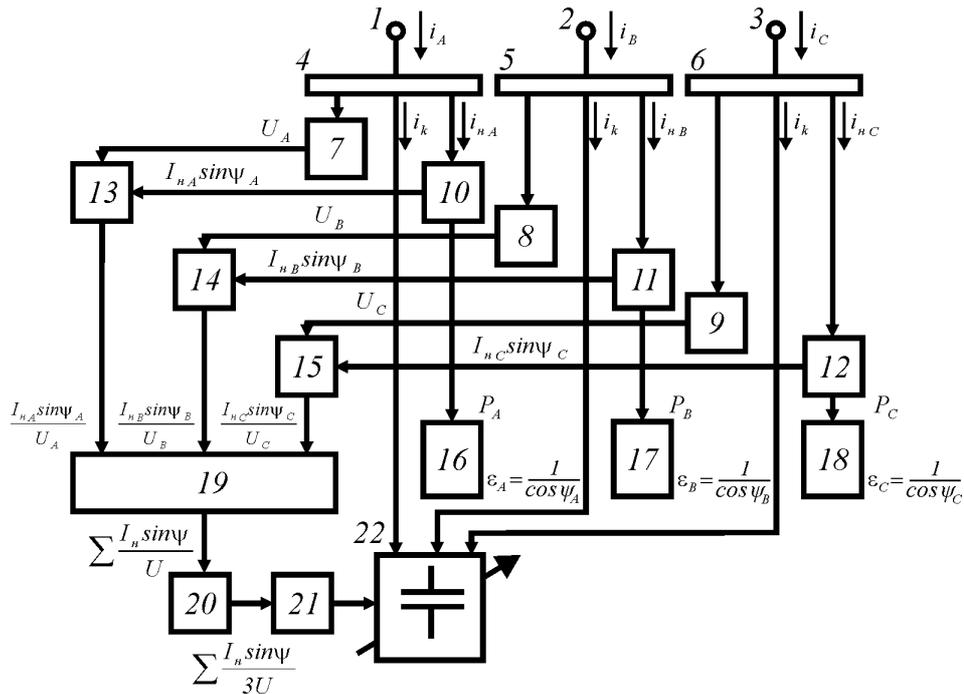


Рис. Схема устройства снижения энергоемкости

Схема содержит фазные 1, 2, 3 клеммы; фазные питающие 4, 5, 6 шины; датчики 7, 8, 9 напряжения; датчики 10, 11, 12 реактивного тока; блоки 13, 14, 15 деления; фазные 16, 17, 18 нагрузки; сумматор 19; блок 20 масштабирования; исполнительный элемент 21; регулирующую конденсаторную установку 22.

Схема работает следующим образом.

К питающим шинам подается фазное питающее напряжение. Например, для фазы A это напряжение измеряется датчиком 7 напряжения. Ток нагрузки отстает по фазе от питающего напряжения на угол ψ_A . Косинус этого угла (коэффициент мощности в фазе)

$$\cos\psi_A = P_A/S_A, \quad (1)$$

где P_A – активная мощность, Вт; S_A – полная мощность, ВА.

Активная мощность является выходом электрической сети как элемента энергетической системы, полная мощность – входом сети. Тогда величина энергоемкости

$$\varepsilon_A = S_A/P_A = 1/\cos\psi_A. \quad (2)$$

Снижение энергоемкости возможно путем повышения коэффициента мощности.

Значение тока нагрузки

$$i_{nA} = I_{nA}\sqrt{2} \sin(\omega t + \varphi - \psi_A) = I_{nA}\sqrt{2} \cos\psi_A \cdot \sin(\omega t + \varphi) - I_{nA}\sqrt{2} \sin\psi_A \cdot \cos(\omega t + \varphi), \quad (3)$$

где I_{nA} – действующее значение тока.

Действующее значение реактивной составляющей тока нагрузки $I_{nA} \sin\psi_A$ измеряется датчиком 10 реактивного тока в фазе A .

Ток компенсирующего конденсатора опережает по фазе питающее напряжение на четверть периода

$$i_k = UC_A\omega \sqrt{2} \cos(\omega t + \varphi), \quad (4)$$

где C_A – емкость конденсаторной установки для фазы A .

Ток в фазе A равен

$$i_A = i_{nA} + i_k = I_{nA}\sqrt{2} \cos\psi_A \cdot \sin(\omega t + \varphi) - I_{nA}\sqrt{2} \sin\psi_A \cdot \cos(\omega t + \varphi) + UC_A\omega \sqrt{2} \cos(\omega t + \varphi). \quad (5)$$

Коэффициент мощности принимает максимальное выражение, равное единице, при выполнении равенства

$$UC_A\omega = I_{нА} \sin\psi_A. \quad (6)$$

Это возможно, если емкость конденсаторной установки в фазе *A* регулируется по закону

$$C_A = \frac{I_{нА} \sin\psi_A}{U\omega}. \quad (7)$$

Таким образом, если емкость конденсаторной установки регулировать пропорционально отношению действующего значения реактивной составляющей тока нагрузки к действующему значению питающего напряжения, то коэффициент мощности сети будет максимальным и равным единице, а энергоемкость сети – минимальна.

При несимметричной нагрузке фаз требуются различные значения емкостей в разных фазах, т.е.

$$C_A \neq C_B \neq C_C. \quad (8)$$

В этом случае для минимизации энергоемкости сети емкость каждой фазы трехфазной конденсаторной установки устанавливаются как среднее арифметическое значение из вычисленных значений емкости

$$C = \frac{C_A + C_B + C_C}{3}. \quad (9)$$

В предлагаемом устройстве вычисление требуемой величины емкости конденсаторной установки производится сумматором 19, к входам которого подключены выходы блоков 13, 14, 15 деления.

Выход сумматора через блок 20 масштабирования соединен с исполнительным элементом 21, который переключает секции конденсаторной установки 22 пропорционально среднеарифметическому значению вычисленных для всех фаз сети значений емкости.

3. Заключение

Применение предлагаемого устройства для управления конденсаторной установкой по сравнению с известными обеспечивает минимизацию энергоемкости энергетической системы потребителя в условиях несимметричной нагрузки фаз.

Литература

- Карпов В.Н.** Энергосбережение: метод конечных отношений. СПб., 138 с., 2005.
- Комлев В.П., Малафеев С.И.** Устройство для управления конденсаторной установкой. А.с. 855851 СССР, МКИ³ H02J 3/18; заявитель Владимирский политехнический институт. №2826173/24-07; заявл. 12.10.79; опубл. 15.08.81. Бюл. № 30, 1981.
- Корепанова О.Ю., Валиуллин М.А., Литвинюк Н.Ю.** Компенсация реактивной мощности как средство энергосбережения в сельских сетях. *Механизация и электрификация сельского хозяйства*, № 12, с.43-44, 2008.
- Ракутько С.А.** Повышение коэффициента мощности как способ снижения энергоемкости энергетической системы потребителя. *Энергетика: управление, качество и эффективность использования энергоресурсов: Сб. трудов V Всероссийской науч.-техн. конф. с межд. участ., Благовещенск, изд.-во АмГУ, с.99-100, 2008.*