

момента сопротивления M_c в подземной части грунта. После образования в грунте уширения 3 достаточных размеров, о чём можно судить по углу наклона трубы 1 к вертикали (чем больше угол, тем больше уширение 3), трубу 1 возвращают в вертикальное положение, прочищают её полость от возможной закупорки грунтом, при необходимости поднимают на 10-20 см или опускают и приступают к бетонированию полости 2 и уширения 3 в основании через открытый верхний торец, т.е к этапу IV (рис.1, г).

На заключительном V этапе (рис.1, д) окончательно завершают бетонирование (и, если нужно, уплотнение через ствол трубы 1) полости 2 и уширения 3 и приступают к бетонированию ствола трубы 1 (при необходимости). Для бетонирования свай целесообразно использовать бетон, армированный базальтовой фиброй. Сваи, армированные базальтофибробетоном, известны как в монолитном, так и в сборном исполнении. Забивные пирамидальные сваи, например, изготавливаются в России на Емельяновском заводе ЖБИ, а также на Украине в Днепропетровске.

В заключение следует отметить, что конструкция такой свайной опоры весьма проста и минимально металлоёмка, технология её устройства общедоступна, а несущая способность по грунту основания весьма высока.

Список использованных источников:

1. Работников А.И. О некоторых особенностях работы буронабивных свай // Вопросы исследования лессовых грунтов, оснований и фундаментов. Ростов-н/Д, 1977.
2. Свайная опора: пат. 10205 РБ. № 20130979; заявл. 22.11.2013; опубл. 30.08.2014, Бюл. НЦГУ № 4 (99).
3. Технология, организация и комплексная механизация свайных работ / Н.В. Бойко [др.]; под общ. ред. Н.В. Бойко. М.: Стройиздат, 1985.
4. Чернюк В.П. Свайные фундаменты и опоры для возведения строительных конструкций // Изобретатель, Минск, 2012. № 11 (155).

Ярошевич А.В.

АВТОМАТИЧЕСКИЙ КОМПЕНСАТОР РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ С АНАЛОГОВЫМ ВЫЧИСЛИТЕЛЕМ

Брестский государственный технический университет, кафедра АТПиП

Установка компенсирующих устройств реактивной мощности позволяет снизить активные потери за счет снижения полного тока в сетях электроснабжения. Таким образом, компенсация реактивной мощности может быть в полной мере названа одной из *технологий энергосбережения*.

Традиционно считалось, что бытовые нагрузки потребляют в основном активную мощность (АМ). Распространение бытовых приборов с трансформаторами, электродвигателями и сложными электронными схемами привело к увеличению реактивной (индуктивной) мощности (РМ). По данным [1] $\cos \varphi$ в таких цепях может составлять 0,65...0,97. Средневзвешенное значение $\cos \varphi = 0,85$. Передача РМ к потребителю приводят к дополнительным потерям АМ в распределительных электрических сетях. При значении $\cos \varphi = 0,85$ РМ составляет 60% от АМ.

Вследствие этого возрастают и активные потери от передачи электроэнергии, которые при $\cos \varphi = 0,85$ составляют 15% от полезной активной мощности у потребителя при 10% в случае чисто активной нагрузки.

Наглядное представление о сущности компенсации реактивной мощности даёт рисунок 1. На рис. 1а изображена схема электрической цепи. Пусть до компенсации потребитель имел активную мощность P , соответственно ток I_a (отрезок OB на рис.1б) и реактивную мощность от индуктивной нагрузки Q_L с соответствующим током I_L (отрезок BA). Полной мощности S_1 соответствует вектор I_H (отрезок OA). Коэффициент мощности до компенсации $\cos \varphi_1$

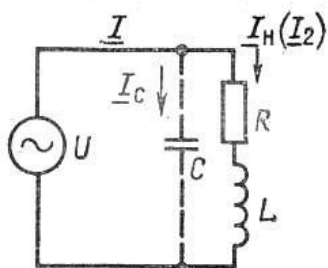


Рисунок 1.4а

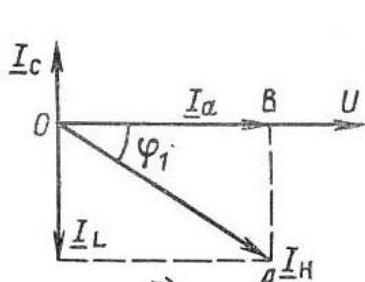


Рисунок 1.4б

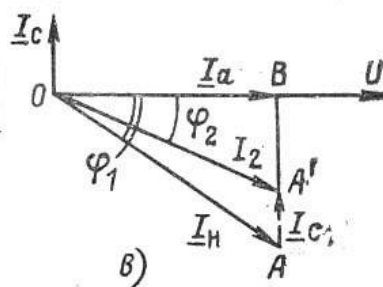


Рисунок 1.4в

Векторная диаграмма компенсации представлена на рис. 1в. После компенсации, т.е. после подключения параллельно нагрузке конденсаторной установки $KУ$ с мощностью Q_k (ток I_c), суммарная реактивная мощность потребителя будет уже $Q_1 - Q_k$ (ток $I_L - I_c$) и соответственно снизится угол сдвига фаз с φ_1 до φ_2 и повысится коэффициент мощности с $\cos \varphi_1$ до $\cos \varphi_2$.

Полная потребляемая мощность при той же потребляемой активной мощности P (токе I_a) снизится с S_1 (ток I_H) до S_2 (ток I_2) (отрезок OA'). Следовательно, в результате компенсации можно при том же сечении проводов повысить пропускную способность сети.

Учитывая значительную долю бытового потребления электроэнергии, составляющую 20% от общего, задача разработки управляемого компенсатора реактивной мощности (КРМ) непромышленных нагрузок является актуальной. Промышленные устройства ступенчатого регулирования реактивной мощности построены с применением микропроцессорного контроллера и являются сложными и дорогими для массового использования в квартирных и других электрических сетях до 0,4 кВ с нагрузками до 50 кВт.

Исходя из этого, можно сформулировать основные требования к вычислителю КРМ для бытовых нагрузок. Для обеспечения экономической целесообразности применения решающим параметром должна быть стоимость устройства. Стоимость определяется построением электрических схем из простых и надёжных элементов, количество которых должно быть невелико. Такой подход позволит обеспечить другое важнейшее требование – небольшие габариты – позволяющие встраивать КРМ в квартирные щиты энергоснабжения.

Способ решения этой задачи и некоторые требования к устройствам предложены в [2] путём применения аналоговой схемы вычислителя для КРМ. При реализации схемы компенсации РМ необходимо решить следующие проблемы:

- измерение величины реактивных потерь в реальном времени;
- определение ёмкости компенсирующего конденсатора;
- коммутация к сети ёмкости из конденсаторной батареи.

Общая схема предлагаемого устройства для компенсации РМ бытового потребителя электрической энергии представлена на рисунке 2.

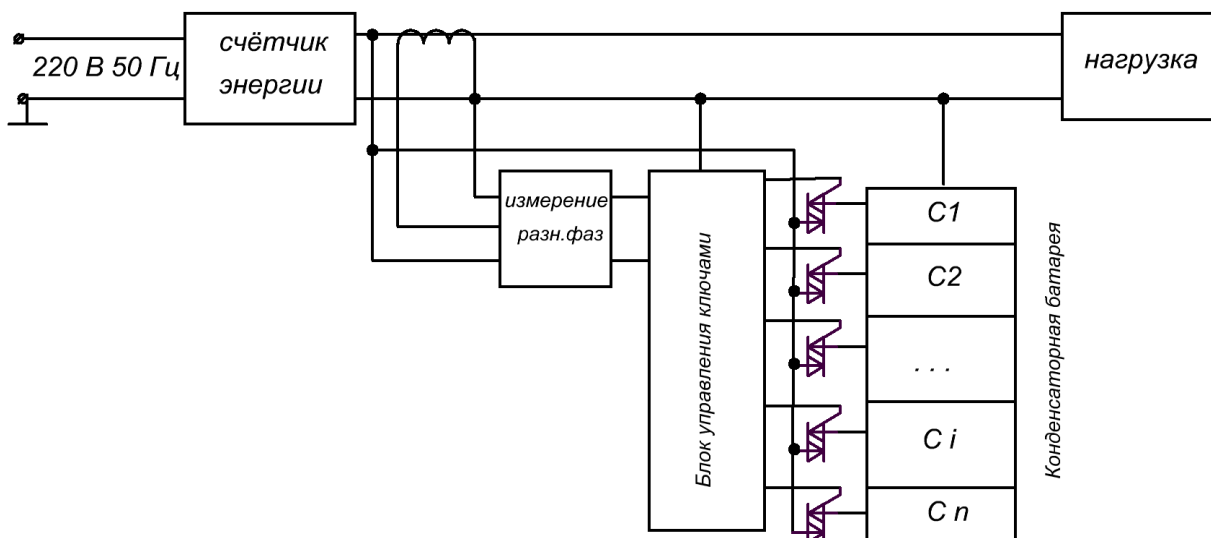


Рисунок 2. Общая схема устройства для компенсации РМ

Схема компенсации РМ подключается между счётчиком электроэнергии и нагрузкой потребителя. Основными узлами схемы являются:

- схема измерения разности фаз сетевого напряжения и потребляемого тока, отражающей долю РМ в нагрузке;
- схема управления тиристорными ключами для коммутации компенсирующей ёмкости;
- линейка тиристорных ключей между конденсаторами батареи и фазным проводом;
- компенсаторная батарея конденсаторов.

Схему управления ключами предлагается реализовать на основе асимптотических формул для расчёта ёмкости компенсирующего конденсатора [3].

Для обоснования предлагаемой асимптотической формулы получены следующие соотношения. При средневзвешенном значении $\cos \varphi = 0,85$ погрешность от представления $\operatorname{tg} \varphi \approx \varphi$ (рад) не превысит 0,1 от значения $\operatorname{tg} \varphi$. Тогда соотношение активной и реактивной мощности $\operatorname{tg} \varphi = Q/P$ можно представить формулой $Q/P \approx \varphi$.

Погрешность от представления $\cos \varphi \approx 1 - \varphi$ не превысит 0,12 значения $\cos \varphi$, тогда активную мощность можно представить формулой $P \approx UI(1 - \varphi)$,

реактивную мощность $Q \approx UI(1 - \varphi)\varphi$.

Индуктивная мощность нагрузки, подлежащая компенсации $Q_L \approx UI_N(1 - \varphi)\varphi$, где U – напряжение сети, I_N – ток в нагрузке.

С другой стороны ёмкостная мощность $Q_C = I_C^2 / (2\pi fC)$, где f – частота сети, C – ёмкость компенсирующего конденсатора,

$I_C = I_N \sin \varphi \approx I_N \varphi$ – ток ёмкости. Отсюда можно получить соотношение

$$C \approx \frac{I_N \varphi}{2\pi fU(1 - \varphi)} \text{ (Ф)}, \text{ а с учётом значений } f = 50 \text{ Гц, } U = 220 \text{ В}$$

$$C \approx \frac{kI_N \varphi}{1 - \varphi} \text{ (Ф)}, \text{ где } k \approx 0,000015.$$

Для вычисления значения ёмкости в МкФ коэффициент $k = 15$, тогда

$$C \approx \frac{15I_H \varphi}{1-\varphi} \text{ (МкФ)}.$$

Допустив, что $1-\varphi \approx 1$, получим $C \approx 15 I_H \varphi$.

Эта асимптотическая формула является основой для построения схемы управления ключами.

Для отображения величины и фазы потребляемого тока служит трансформатор тока на фазном проводе сети. Измерение разности фаз выполняется схемой на компараторах с транзисторными ключами. Эта схема имеет максимальную чувствительность и линейную прямо пропорциональную зависимость выходного напряжения от разности фаз входных сигналов. Перемножение аналоговых сигналов I_H и φ выполняется схемами с операционными усилителями.

АЦП имеет выходной трехразрядный двоичный код $a_0 a_1 a_2$, позволяющий управлять семиступенчатым подключением конденсаторов батареи. Конденсаторная батарея может быть построена на специальных компенсирующих конденсаторах. Расчёт ёмкости батареи конденсаторов при токе нагрузки $I_H = 25 \text{ А}$ и средневзвешенном значении $\cos\varphi = 0,85$ даёт величину $C \approx 200 \text{ МкФ}$.

Анализ погрешностей, обусловленных асимптотическими приближениями и ступенчатым включением конденсаторных батарей требует дальнейших исследований.

Список использованных источников:

1. Шишкин С.А. Реактивная мощность потребителей и сетевые потери электроэнергии // Энергосбережение № 4. 2004.
2. А.В.Ярошевич. Схема компенсации реактивной мощности в квартирных электрических сетях // Вестник Брестского государственного технического университета - Физика, математика, информатика. Вып.5 (71) – Брест: БрГТУ. 2011. С.66-67.
3. Регулятор реактивной мощности с аналоговым вычислителем. Рэспубліка Беларусь / ПАТЭНТ на карысную мадэль № 8066 / Аутар Ярошевич А.В. / Зарэгістравана у Дзяржауным рээстры карысных мадэляу 2011.12.15.

Черников И.А.

О ВОЗМОЖНОСТЯХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГИИ В БЕЛАРУСИ

Брестский государственный технический университет, доцент кафедры теплогазоснабжения и вентиляции

В последнее время интерес к проблеме использования солнечной энергии резко возрос во всем мире. Потенциальные возможности энергетики, основанной на использовании непосредственно солнечного излучения, чрезвычайно велики.

В южных регионах с высокой инсоляцией строят не просто отдельные гелиоустановки, а целые станции, вырабатывающие энергию в промышленных масштабах. Количество солнечной энергии, производимое ими, весьма велико и многие страны с подходящим климатом уже начали постепенный перевод всей энергосистемы на такой альтернативный вариант. По принципу работу станции делят на фототермические и фотоэлектрические. Первые работают по методу коллекторов и