

Таким образом, предложенная система автоматизации имеет большие перспективы, так как она даёт возможность осуществлять процесс отжима воды из ила на мусороперерабатывающих производствах в автоматическом режиме. Дальнейшим логическим продолжением данной работы является разработка АСУ ТП под управлением компьютера, который объединит управление всеми конвейерами, машинами и механизмами технологического цикла в единый синхронизированный комплекс, направленный на решение одной задачи: качественного и быстрого получения готовой продукции из животноводческого сырья.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Физико-химическая очистка сточных вод [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://agro.marimmz.ru/> – Дата доступа 07.09.2023.

2. Кузьменко Н.В. Автоматизация технологических процессов и производств: уч. пособие / Н.В. Кузьменко. – Ангарск : АГТА, 2005. – 78 с.

3. Федоров Ю. Н. Справочник инженера по АСУ ТП: Проектирование и разработка [Текст] : учеб.-практ. пособие / Ю. Н. Федоров, 2008. - 926 с.

УДК 681.5

СХЕМА КОМПЕНСАТОРА РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ БЫТОВЫХ НАГРУЗОК

Вабищевич Л.И., Ярошевич А.В.

Брестский государственный технический университет,
г. Брест, Республика Беларусь

Большинство бытовых потребителей переменного тока являются потребителями индуктивной мощности. Потребителями являются приемники электроэнергии, которые по принципу своего действия используют переменное магнитное поле: асинхронные двигатели, индукционные печи, сварочные трансформаторы, выпрямители и т.п., а также звенья электрической сети – трансформаторы, линии электропередачи, реакторы и другое оборудование. Около 60% всей индуктивной мощности, связанной с образованием переменных магнитных полей, потребляют асинхронные двигатели и около 25% – трансформаторы.

Потребление активной и индуктивной мощности всегда сопровождается потерями. В масштабе электрической системы потерями считаются, мощности, расходуемые в элементах и электрооборудовании электрической сети (в воздушных и кабельных линиях, силовых трансформаторах, реакторах и в другом оборудовании понижающих подстанций). Заметим существенную разницу в соотношении потребления и потерь активной и индуктивной мощности. Основная часть активной мощности потребляется нагрузками, и лишь незначительная (около 10%) теряется в элементах сети. Индуктивная мощность в элементах се-

ти и электрооборудовании обычно соизмерима по величине с активной мощностью, потребляемой нагрузками.

В настоящее время характер нагрузки в цепях бытовых потребителей существенно изменился. Распространение бытовых приборов с трансформаторами, электродвигателями и сложными электронными цепями привело к появлению реактивной (индуктивной) составляющей мощности. По данным [1] $\cos\varphi$ в таких цепях может составлять $\cos\varphi = 0,65 \dots 0,97$. Средневзвешенное значение $\cos\varphi = 0,85$.

Передача индуктивной мощности от генераторов электростанций по электрической сети к потребителям вызывает в сети затраты активной мощности в виде потерь. Поэтому, как правило, увеличение выдачи индуктивной мощности генераторами станций с целью доставки ее потребителям нецелесообразно, а наибольший экономический эффект достигается при размещении компенсирующих устройств вблизи потребляющих индуктивную мощность нагрузок.

Анализ [1] многообразия методов управления компенсацией реактивной мощности (РМ) позволяет сделать следующие выводы.

1. Все методы базируются на косвенной оценке величины реактивной мощности и не обеспечивают требуемое значение $\cos\varphi$ сети.
2. Оценка компенсируемой мощности требует изучения специфических особенностей нагрузки и технологии производственных процессов.
3. Схемы управления компенсацией требуют индивидуального подхода в проектировании и наладке под конкретную ситуацию.
4. Схемы управляющих устройств компенсаторов не отличаются простотой и надёжностью.

На основе этих выводов можно сделать заключение о том, что исключить названные недостатки можно при использовании *автоматического управления компенсацией реактивной мощности на основе измерения величины реактивной мощности в нагрузке* или электрических параметров нагрузки, по которым можно вычислить величину компенсируемой реактивной мощности.

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 компенсатора реактивной мощности для бытовых нагрузок.

1. Для эффективной компенсации реактивной мощности ёмкость конденсаторной батареи должна регулироваться в зависимости от фактического значения реактивной составляющей нагрузки.

2. Использование простых асимптотических формул для расчёта ёмкости позволяет построить простую надёжную схему управления ключами с аналоговым вычислителем для коммутации конденсаторов.

3. Компьютерное моделирование фазового детектора позволило выбрать схему и определить параметры сигнала для управления коммутацией компенсирующих конденсаторов.

4. Использование простой и недорогой схемы в цепях бытовой нагрузки позволит получить существенную экономию за счёт сокращения потерь при передаче электроэнергии.

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 компенсаторы реактивной мощности в квартирные щиты энергоснабжения.

Способ решения этой задачи и некоторые требования к устройствам предложены в [2] путём применения аналоговой схемы вычислителя для компенсатора реактивной мощности.

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 рис. 1.

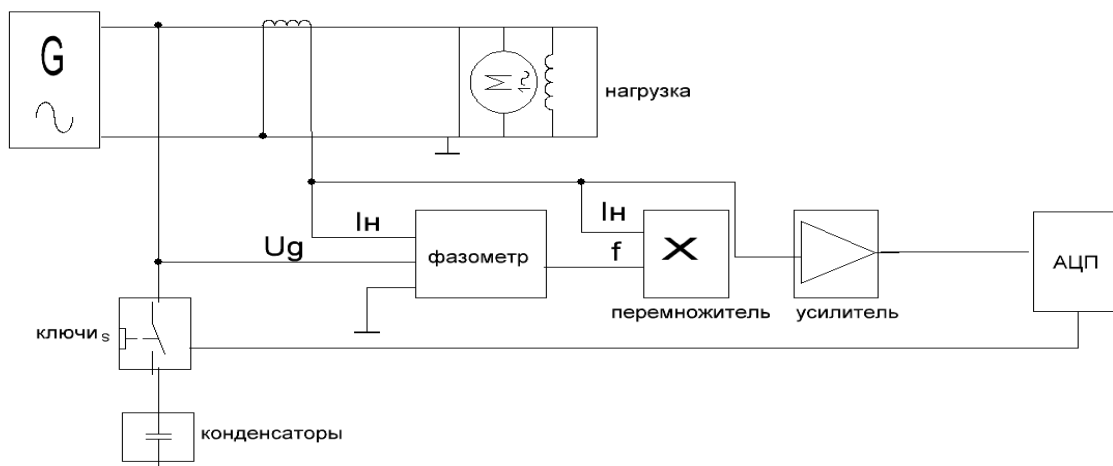


Рисунок 1 – Блок – схема САУ КРМ

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 симисторными ключами для коммутации компенсирующей ёмкости. Схема включает перемножитель параметров тока нагрузки и разности фаз для реализации формулы определения ёмкости конденсаторов для компенсации РМ и усилитель для масштабирования полученного произведения;
- линейка симисторных ключей между конденсаторами батареи и фазным проводом;
- конденсаторная батарея конденсаторов.

Первым этапом вычисления ёмкости компенсирующих конденсаторов является определение разности фаз напряжения и тока потребляемой электроэнергии.

Анализ результатов моделирования позволяет выделить схему фазометра на компараторах с транзисторными ключами. Эта схема имеет максимальную чувствительность и линейную прямо пропорциональную зависимость выходного напряжения от разности фаз входных сигналов. Такой сигнал на выходе схемы может использоваться для управления ключами коммутации конденсаторных батарей с минимальной корректировкой.

В качестве измерителя тока может использоваться измерительный трансформатор или резисторный шунт.

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

Перемножение аналоговых сигналов I_H на φ выполняется схемами с операционными усилителями.

С помощью логарифмических схем и ОУ можно выполнять арифметическую операцию $X \cdot Y = e^{(\ln X + \ln Y)}$.

Логарифмические схемы изготавливаются на основе диода, включенного в петлю обратной связи ОУ. $I = I_0(e^{\frac{qU_{VD}}{kT}} - 1)$; $\ln\left(\frac{I}{I_0+1}\right) = \frac{qU_{VD}}{kT}$; поскольку $\frac{I}{I_0} \gg 1$

$$\ln\left(\frac{I}{I_0} + 1\right) \approx \ln\frac{I}{I_0}; U_{VD} = \frac{kT}{q} \ln\left(\frac{I}{I_0}\right); U_{\text{вых.}} = \frac{kT}{q} \ln\left(\frac{U_{\text{вх.}}}{R_{\text{вх.}}I_0}\right).$$

Реализация антилогарифмического усилителя производится аналогично, только в его структуре переставлены местами входные резистор и логарифмический элемент.

Выход схемы управления ключами реализуется на аналогово – цифровом преобразователе, выходы которого управляют тиристорными ключами коммутации компенсаторной батареи.

Структурная схема преобразователя включает в себя источник опорного напряжения $U_{\text{оп}}$, резистивный делитель $R_1 - R_7$, компараторы ОР7-ОР13.

Для преобразования аналогового сигнала в n-разрядный двоичный код требуется $N = 2^n - 1$ компараторов. При таком числе компараторов максимальное значение преобразуемого аналогового сигнала определяется соотношением $U(t) = (1 - \frac{1}{2^n})U_{\text{оп}}$.

На один вход каждого компаратора подается напряжение U_{Xi} с соответствующей точкой делителя X_i , а на второй вход всех компараторов одновременно поступает аналоговый сигнал $U(t)$. Таким образом, на входе каждого компаратора постоянно присутствует заданный уровень напряжения, с которым осуществляется сравнение аналогового сигнала.

Если величина аналогового сигнала $U(t)$ превышает уровень напряжения U_X , подаваемого с делителя на данный компаратор, то на его выходе вырабатывается лог. «1», если $U(t) < U_X$, то на выходе будет лог. «0», т.е. результат получается в унитарном коде ($X_1X_2X_3 \dots$). Делитель состоит из восьми резисторов и универсальный код имеет семь разрядов ($X_1 - X_7$).

Для коммутации конденсаторов можно использовать схему на симисторах. Блок коммутаторов создаёт электрическую цепь для тока через блок компенсирующих конденсаторов, составленный из семи ступеней.

Особенности функционирования компенсатора определяются случайным характером формирования индуктивной составляющей нагрузки. Эта неопределённость приводит к неравномерному использованию ключей коммутатора и конденсаторов компенсирующей батареи. Вследствие неравномерности возрастает вероятность потери работоспособности элементов.

В такой ситуации необходимо контролировать состояние коммутаторов и конденсаторов и обеспечивать равномерность нагрузки на элементы.

Общая схема компенсатора представлена на Рис.2.

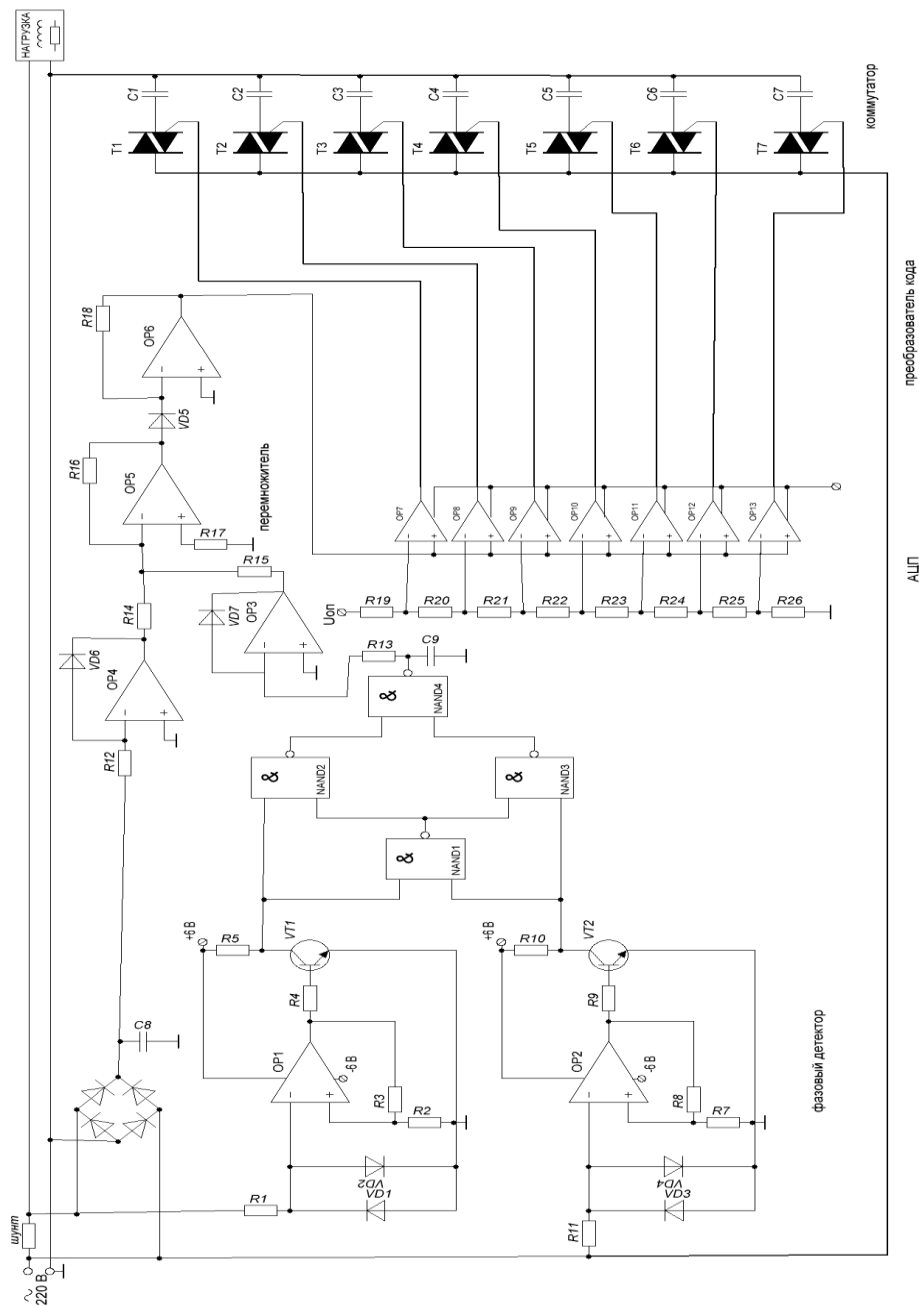


Рисунок 2 – Схема компенсатора

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Шишкин С.А. Реактивная мощность потребителей и сетевые потери электроэнергии // Энергосбережение № 4. 2004.
2. Регулятор реактивной мощности с аналоговым вычислителем. Республика Беларусь / ПАТЭНТ на карыснуюмадэль № 8066 / Аутар Ярошевич А.В. / Зарэгістравана у Дзяржаунымрэестрыкарысныхмадэляу 2011.12.15.
3. 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.

УДК 621.9

СТЕНД ДЛЯ ИЗВЛЕЧЕНИЯ ЭЛЕКТРОДНЫХ МАТЕРИАЛОВ ИЗ ЛИТИЙ-ИОННЫХ АККУМУЛЯТОРОВ

**В. Н. Кохнюк, А. Н. Дробов, А. А. Паршутто, И. П. Смягликов,
С. И. Багаев, А. А. Изюмов**

Физико-технический институт НАН Беларуси, г. Минск,
Республика Беларусь

В настоящее время происходит интенсивное развитие и использование электротранспорта и электронных устройств, в состав которых входят литий-ионные аккумуляторы (ЛИА). Ресурс аккумуляторов в зависимости от типа составляет 500–1000 циклов «заряд-разряд», что обеспечивает устройства энергией, необходимой для их функционирования, в течение 3–6 лет. После этого ЛИА не могут быть использованы по прямому назначению и должны утилизироваться. По прогнозам к 2030 гг. только электротранспорта будет выпущено около 100 млн единиц, соответственно количество отработанных ЛИА будет сопоставимо и с каждым годом актуальность проблемы их утилизации будет возрастать.

Литий-ионные аккумуляторы представляют собой сложные системы, в состав которых входят такие металлы, как кобальт, никель, литий и др., поэтому отработанные ЛИА рационально не просто утилизировать, а подвергать переработке с целью извлечения указанных материалов и повторного их использования в промышленности. Для переработки ЛИА применяются пирометаллургические и гидрометаллургические способы, а также различные их сочетания [1, 2].

При пирометаллургическом процессе отработанные ЛИА перерабатываются при высокой температуре (до 1500 °С) без какой-либо предварительной механической обработки, во время которой оксиды металлов восстанавливаются до сплава кобальта, меди, железа и никеля. При этом такие металлы, как алюминий и литий, теряются в шлаке, а пластик и другие органические компоненты сгорают. Извлечение материалов из ЛИА в указанном процессе составляет 30–40 %.