

Дмитрий Еськин КОНТРОЛЛЕРЫ КОРРЕКТОРОВ КОЭФФИЦИЕНТА МОЩНОСТИ L656X



Новые контроллеры корректоров мощности L656x от компании STMicroelectronics помогут привести разработки в соответствие со стандартом МЭК IEC 1000-3-2. В статье изложены основные теоретические аспекты, связанные с этой проблемой, и практические способы их реализации.



Включение в сеть переменного тока нелинейных нагрузок, например, светильников с газоразрядными лампами, управляемых электродвигателей, импульсных источников питания приводит к тому, что потребляемый этими устройствами ток имеет импульсный характер с большим процентом содержания высоких гармоник. Из-за этого могут возникать проблемы электромагнитной совместимости при работе различного оборудо-

прямыльных устройств и электронных балластов.

В Советском Союзе, а позднее и в Российской Федерации, подобных ограничений для потребителей электроэнергии не вводилось. По этой причине вопросам повышения коэффициента мощности не уделялось достаточного внимания в технической литературе. В последние годы ситуация несколько изменилась, во многом благодаря наличию импортных электронных компо-

нок 1). Несинусоидальные токи создают на внутреннем сопротивлении питающей сети несинусоидальные падения напряжения, вызывая искажения формы питающего напряжения. Несинусоидальные напряжения сети раскладываются в ряд Фурье на нечетные синусоидальные составляющие высших гармоник. Первая – основная (та, которая должна быть в идеале), третья, пятая и т.д. Высшие гармоники оказывают крайне негативное влияние на многих потребителей, заставляя их применять специальные (зачастую весьма дорогостоящие) меры по их нейтрализации.

Потребление реактивной мощности приводит к отставанию тока от напряжения на угол (рисунок 2). Реактивную мощность потребляют выпрямители, использующие однооперационные тиристоры, задерживающие момент включения относительно точки естественной коммутации, что вызывает отставание тока от напряжения. Но еще больше реактивной мощности потребляют асинхронные электродвигатели, имеющие преимущественно индуктивный характер нагрузки. Это влечет колоссальные потери полезной мощности, за которую, к тому же, никто не хочет платить – бытовые электросчетчики считают только активную мощность.

Для описания воздействия преобразователя на питающую сеть введено понятие полной мощности:

$$S = U_1 I_1, \text{ где:}$$

Электронные корректоры коэффициента мощности – система схемотехнических решений, призванная увеличить коэффициент мощности – являются, пожалуй, самым оптимальным решением для бытового потребления.

вания. Также это приводит к снижению активной мощности сети.

В целях предотвращения подобного негативного воздействия на питающие сети в Европе и США действует стандарт МЭК IEC 1000-3-2, определяющий нормы по гармоническим составляющим потребляемого тока и коэффициенту мощности для систем электропитания мощностью более 50 Вт и всех типов осветительного оборудования. Начиная с 80-х годов прошлого века и по сей день, эти нормы последовательно ужесточаются, что вызвало необходимость принятия специальных мер и подтолкнуло разработчиков оборудования к разработке различных вариантов схем, обеспечивающих повышение коэффициента мощности.

Начиная с 80-х годов прошлого столетия, в вышеупомянутых странах начали активно разрабатываться и использоваться микросхемы, на базе которых можно легко создать простые корректоры коэффициента мощности для вы-

нентов, применение которых позволяет создавать схемы активных корректоров, надежных в работе и недорогих по стоимости.

Мощность искажения и обобщенный коэффициент мощности

Негативное влияние на питающую сеть определяется двумя составляющими: искажение формы тока питающей сети и потребление реактивной мощности. Степень влияния потребителя на питающую сеть зависит от его мощности.

Искажение формы тока обусловлено тем, что ток на входе вентильного преобразователя несинусоидальный (рису-

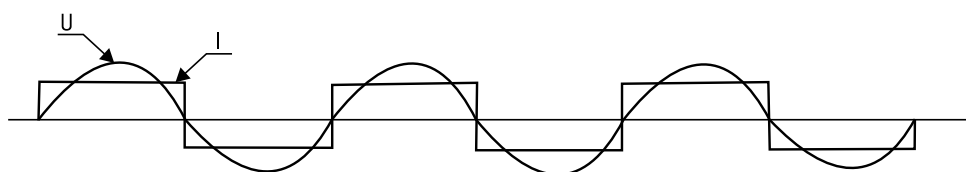


Рис. 1. Искажение формы тока на входе вентильного преобразователя

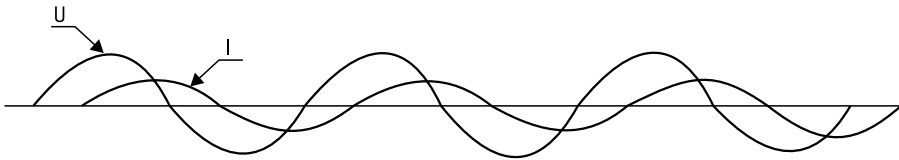


Рис. 2. Формы тока и напряжения в сети при работе на реактивную нагрузку

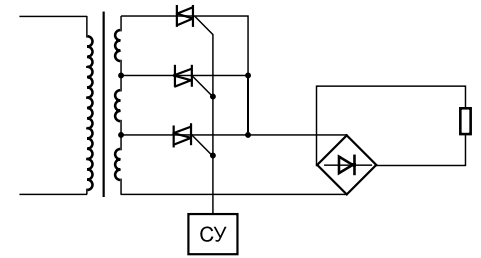


Рис. 3. Использование многоступенчатого фазового управления

(для достижения эффекта их должно быть больше, чем на рисунке). Изготовление точного элемента такой сложности – весьма непростая задача, плохо поддающаяся автоматизации – отсюда и цена. А если разрабатываемый источник вторичного электропитания мелкосерийный, то такой способ однозначно неприемлем.

- Увеличения фазности выпрямителя. Метод приводит к увеличению числа пульсаций за период. Недостатком метода является очень сложная конструкция трансформатора, дорогой и громоздкий выпрямитель. Кроме того, не у всех потребителей имеется трехфазная сеть.

- Использование *корректоров коэффициента мощности (ККМ)*. Существуют электронные и неэлектронные ККМ. В качестве неэлектронных ККМ широко применяются электромагнитные компенсаторы реактивной мощности – синхронные двигатели, вырабатывающие в сеть реактивную мощность. Очевидно, в силу понятных причин, такие системы непригодны для бытового потребителя. Электронные ККМ – система схемотехнических решений, призванная увеличить коэффициент мощности – является, пожалуй, самым оптимальным решением для бытового потребления.

Принцип работы ККМ

Основная задача ККМ – сведение к нулю отставания потребляемого тока

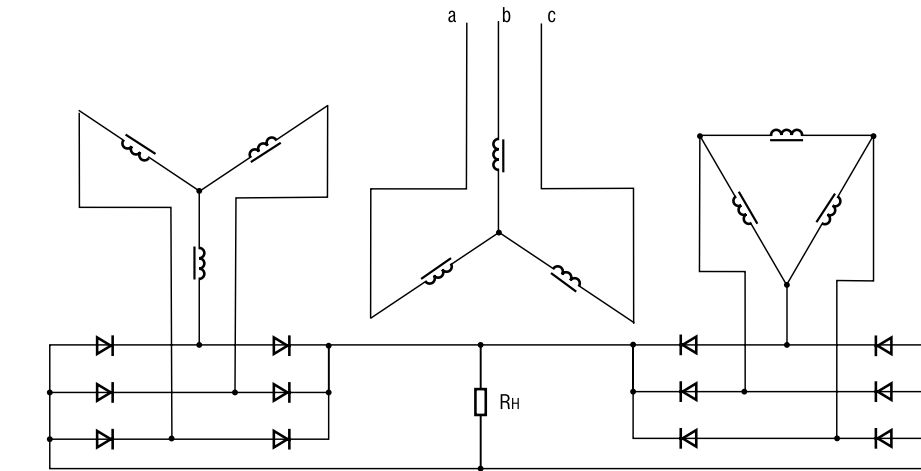


Рис. 4. Многофазный выпрямитель

$U_1 = \sqrt{[U_1^{(1)}]^2 + \sum U_i^2}$ – эффективное значение первичного напряжения,

$I_1 = \sqrt{[I_1^{(1)}]^2 + \sum I_i^2}$ – эффективное значение первичного тока,

$U_1^{(1)}, I_1^{(1)}$ – эффективные значения напряжения и тока первичной гармоники,

U^i, I^i – эффективные значения напряжений и тока высших гармоник.

Если первичное напряжение синусоидальное – $U_1 = U_1^{(1)}$, тогда:

$$S = \sqrt{P_1^2 + Q_1^2 + N_1^2} = \sqrt{S_1^2 + N^2}, \text{ где}$$

$$P_1 = U_1 I_1^{(1)} \cos(\varphi_1),$$

$$Q_1 = U_1 I_1^{(1)} \sin(\varphi_1),$$

φ_1 – угол сдвига фаз между синусоидальным напряжением и первой гармоникой тока.

N – мощность искажения, вызванная протеканием в сети токов высших гармоник. Средняя за период мощность, обусловленная этими гармониками равна нулю, т.к. частоты гармоник и первичного напряжения не совпадают.

Высшие гармоники токов вызывают помехи в чувствительном оборудовании и дополнительные потери от вихревых токов в сетевых трансформаторах.

Для вентильных преобразователей вводится понятие **коэффициента мощности** χ , характеризующее эффект реактивной мощности и мощности искажений:

$$\chi = \frac{P_1}{S} = \frac{U_1 I_1^{(1)} \cos(\varphi_1)}{U_1 I_1} = \frac{I_1^{(1)}}{I_1} \cos(\varphi_1) = v \cos(\varphi_1),$$

$v = \frac{I_1^{(1)}}{I_1}$ – коэффициент искажения первичного тока.

Таким образом, очевидно, что коэффициент мощности зависит от угла запаздывания тока относительно напряжения и величины высших гармоник тока.

Методы повышения коэффициента мощности

Существует несколько способов уменьшения негативного влияния преобразователя на питающую сеть. Вот некоторые из них:

- Использование многоступенчатого фазового управления (рисунок 3).

Применение выпрямителя с отводами от трансформатора приводит к увеличению числа пульсаций за период. Чем больше ответвлений от трансформатора, тем больше число пульсаций за

В отличие от аналогов других производителей, **L6561/2/3** снабжены специальными цепями, понижающими проводимость искажений входного тока, возникающих при достижении входным напряжением нулевого значения. Основная причина этих помех – «мертвая зона», возникающая при работе диодного моста, когда все четыре диода оказываются закрытыми. Применение новых контроллеров ККМ позволяет в значительной степени сократить время «мертвой зоны», уменьшая тем самым искажения.

период, тем ближе форма входного тока к синусоидальной. Существенным недостатком этого метода является высокая стоимость и габариты трансформатора с достаточным количеством ответвлений

от напряжения в сети при сохранении синусоидальной формы тока. Для этого необходимо отбирать от сети ток не короткими интервалами, а на всем периоде работы. Мощность, отбираемая

от источника, должна оставаться постоянной даже в случае изменения напряжения сети. Это значит, что при снижении напряжения сети ток нагрузки должен быть увеличен, и наоборот. Для этих целей пригодны преобразователи с индуктивным накопителем и передачей энергии на обратном ходу.

Методы коррекции можно условно разделить на низкочастотные и высокочастотные. Если частота работы корректора намного выше частоты питающей сети — это высокочастотный корректор, в противном случае — низкочастотный.

Рассмотрим принцип работы типового корректора мощности (рисунок 5). На положительной полуволне, в момент перехода сетевого напряжения через ноль, открывается транзистор VT1, ток протекает по цепи L1-VD3-VD8. После запаривания транзистора VT1, дроссель начинает отдавать накопленную в нем энергию, через диоды VD1 и VD6 в фильтрующий конденсатор и нагрузку. При отрицательной полуволне процесс имеет аналогичный характер, только работают другие пары диодов. В результате применения такого корректора ток потребления имеет псевдосинусоидальный характер, а коэффициент мощности достигает значения 0,96...0,98. Недостатком такой схемы являются большие габариты, обусловленные применением низкочастотного дросселя.

Повышение частоты работы ККМ позволяет сократить габариты фильтра (рисунок 6). При открытом силовом ключе VT1 ток в дросселе L1 линейно нарастает — при этом диод VD5 заперт, а конденсатор C1 разряжается на нагрузку. Затем транзистор запирается, напряжение на дросселе L1 опирает диод VD5 и дроссель отдает накопленную энергию конденсатору, одновременно питая нагрузку (рисунок 7). В простейшем случае схема работает с постоянным рабочим циклом. Существуют способы увеличения эффективности коррекции путем динамического изменения рабочего цикла (т.е. путем согласования цикла с огибающей напряжения сетевого выпрямителя).

Микросхемы для построения высокоэффективных корректоров от STMicroelectronics

Учитывая возможности современной электронной индустрии, высокочастотные ККМ являются оптимальным выбором. Интегральное исполнение всего корректора мощности или его управляющей части стало, по сути, стандартом. В настоящее время существует большее многообразие микросхем управления для построения схем ККМ, выпускаемых различными производителями. Среди всего этого многообразия стоит обратить внимание на микросхемы L6561/2/3, выпускаемые компанией STMicroelectronics (www.st.com).

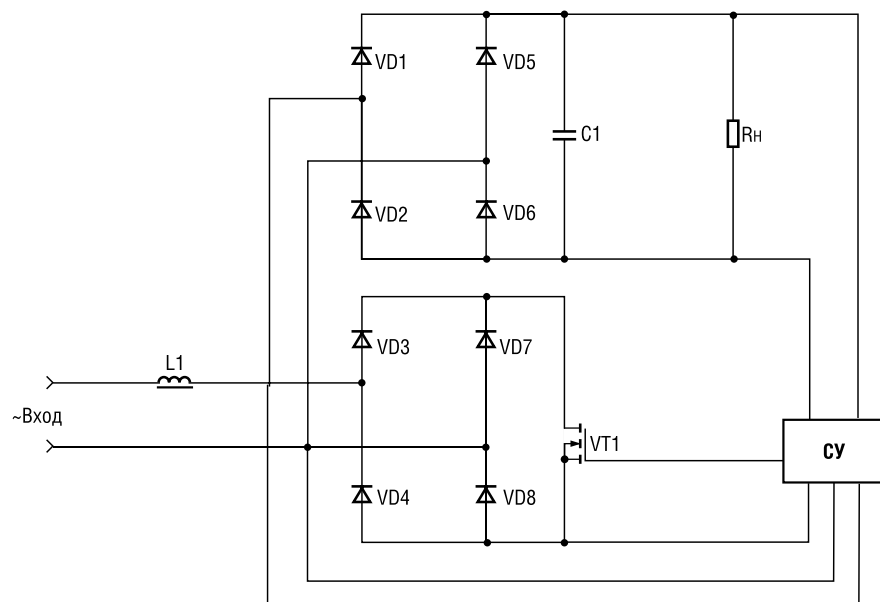


Рис. 5. Типовая схема низкочастотного ККМ

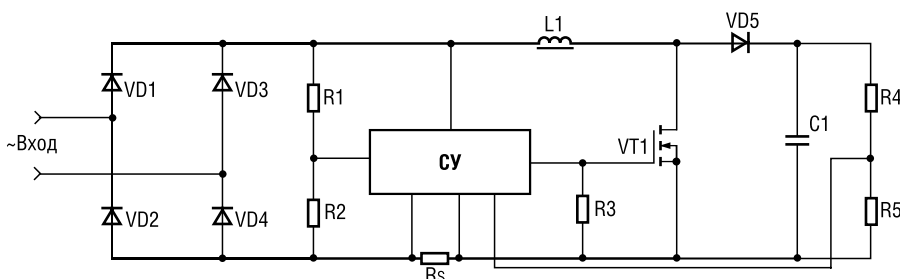


Рис. 6. Схема высокочастотного ККМ

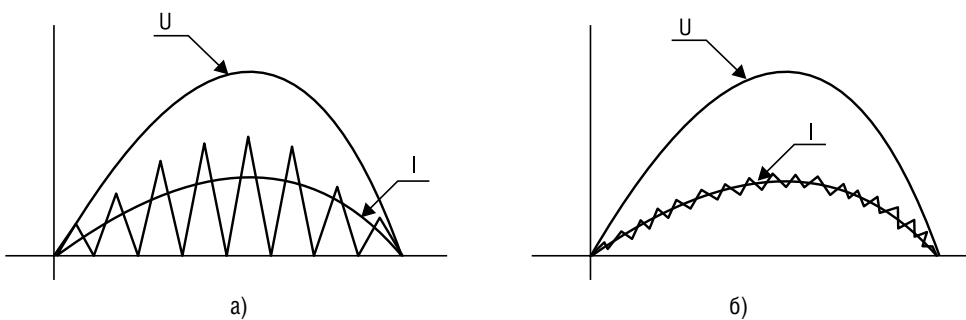


Рис. 7. Формы напряжений и токов высокочастотного ККМ: а) с переменной частотой коммутации, б) с постоянной частотой коммутации

L6561, L6562 и L6563 — серия микросхем, специально спроектированных инженерами компании STMicroelectronics для построения высокоэффективных корректоров коэффициента мощности (табл. 1).

На основе L6561/2/3 можно построить недорогой, но эффективный корректор (рисунок 8). За счет встроенной системы упреждающего управления, разработчикам удалось достигнуть обеспечения высокой точности регулирования выходного напряжения (1,5%), контролируемого встроенным усилителем рассогласования.

Предусмотрена возможность взаимодействия с DC/DC-преобразователем,

подключаемым к корректору. Это взаимодействие состоит в отключении преобразователя микросхемой (если он поддерживает такую возможность) при возникновении неблагоприятных внешних условий (перегрев, перенапряжение). С другой стороны, преобразователь тоже может инициировать включение и выключение микросхемы. Встроенный драйвер позволяет управлять мощными MOSFET- или IGBT-транзисторами. Согласно утверждению производителя, на основе LP6561/2/3 можно реализовать источник питания, мощностью до 300 Вт.

В отличие от аналогов других производителей, LP6561/2/3 снабжены специальными цепями, понижающими про-

Таблица 1. Микросхемы корректоров коэффициента мощности

Наименование	Напряжение питания, В	Ток включения, мкА	Ток потребления в активном режиме, мА	Ток потребления в ждущем режиме, мА	Выходной ток смещения, мкА	Время нарастания тока силового ключа, нс	Время спада тока силового ключа, нс
L6561	11...18	50	4	2,6	-1	40	40
L6562	10,3...22	40	3,5	2,5	-1	40	30
L6563	10,3...22	50	3,8	3	-1	40	30

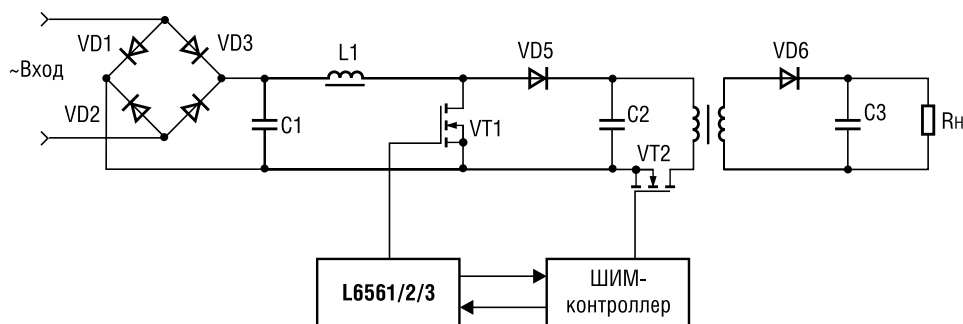


Рис. 8. Типовая схема источника питания на основе LP6561/2/3

водимость искажений входного тока, возникающих при достижении входным напряжением нулевого значения. Основная причина этих помех — «мертвая зона», возникающая при работе диодного моста, когда все четыре диода оказываются закрытыми. Пара диодов, работающих на положительную полуволну, оказываются закрытыми из-за смены полярности питающего напряжения, а другая пара еще не успела открыться из-за собственной барьерной емкости. Этот эф-

фект усиливается при наличии фильтрующего конденсатора, расположенного за диодным мостом, который, при смене полярности питания, сохраняет некоторое остаточное напряжение, не позволяющее диодам вовремя открываться. Таким образом, очевидно, что ток в эти моменты не протекает, его форма искажается. Применение новых контроллеров ККМ позволяет в значительной степени сократить время «мертвой зоны», уменьшая тем самым искажения.


В некоторых случаях было бы очень удобно контролировать выходное напряжение, поступающее на DC/DC-преобразователь при помощи ККМ. L6561/2/3 позволяют осуществлять такой контроль, получивший название «tracking boost control». Для этого достаточно установить резистор между выводом ТВО и GND.

Стоит отметить, что все три микросхемы совместимы друг с другом по выводам. Это может значительно упростить разработку печатной платы устройства.

Итак, можно выделить следующие особенности микросхем L6561/2/3:

- настраиваемая защита от перенапряжения;
- сверхнизкий ток запуска (менее 50 мкА);
- низкий ток покоя (менее 3 мА);
- широкий предел входных напряжений;
- встроенный фильтр, повышающий чувствительность;
- возможность отключения от нагрузки;
- возможность управления выходным напряжением;
- возможность взаимодействия непосредственно с преобразователем.

Заключение

В настоящее время существуют строгие требования к соблюдению мер безопасности и экономичности современных электронных устройств. В частности, при разработке современных импульсных источников питания необходимо учитывать официально принятые стандарты. IEC 1000-3-2 является стандартом для любого мощного импульсного источника питания, поскольку определяет нормы по гармоническим составляющим потребляемого тока и коэффициенту мощности для систем электропитания, мощностью более 50 Вт и всех типов осветительного оборудования. Наличие корректора коэффициента мощности помогает удовлетворению требований этого стандарта, т.е. его наличие в мощном источнике питания является простой необходимостью. L6561/2/3 — оптимальный выбор для построения эффективного и одновременно недорогого корректора коэффициента мощности. 



КОМПОНЕНТЫ ДЛЯ ИНДУСТРИАЛЬНЫХ ПРИМЕНЕНИЙ



- 8- и 32-разрядные МК
- Интерфейсы
- Память EEPROM
- Акселерометры
- Датчики температуры
- MC управления питанием
- Дискретные полупроводники

Москва
Тел.: (495) 995-0901
Факс: (495) 995-0902

Санкт-Петербург
Тел.: (812) 327-9404
Факс: (812) 327-9403

 **Компэл**
www.compel.ru

Получение технической информации,
заказ образцов, поставка —
e-mail: analog.vesti@compel.ru