

В прошлом номере нашего журнала («Новости ЭлектроТехники» № 5(59) 2009) была опубликована статья Виктора Петухова «Энергосберегающие лампы как источник гармоник тока», в которой говорилось, что так называемые энергосберегающие лампы являются мощным источником гармоник тока и поэтому «просто механическая замена ламп накаливания на энергосберегающие без дополнительных мероприятий по борьбе с генерацией гармоник с высокой степенью вероятности не даст ожидаемого эффекта».

Владимир Игоревич Гуревич считает, что для обсуждения проблемы необходимо подробно рассмотреть ее техническую суть.

ПРИМЕНЕНИЕ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ ЛАМП

Проблема не техническая, а экономическая



Владимир Гуревич,
к.т.н., начальник сектора
Центральной электрической
лаборатории, Израиль

Существуют два вида энергосберегающих ламп: светодиодные и люминесцентные.

Первые представляют собой твердотельные элементы – полупроводниковые светоизлучающие диоды со специально подобранным спектром излучения, обладающие повышенной мощностью излучения. Последнее достигается как повышенной мощностью единичных элементов, так и объединением отдельных элементов в большие группы, состоящие из нескольких десятков и даже сотен элементов. На этом принципе уже работают не только бытовые лампочки, но и уличные фонари. Многочисленные западные и китайские компании наперебой предлагают такие фонари различной мощности.

Вторые – это газоразрядные люминесцентные лампы, подобные по принципу действия обычным трубчатым люминесцентным лампам, которые хорошо всем известны. Отличие состоит в том, что, во-первых, стеклянная трубка изогнута в виде компактной спирали и заканчивается обычным по форме цоколем, что позволяет вворачивать эту лампу в самый обычный патрон обычной лампочки накаливания. Во-вторых, вместо громоздкого дросселя, имеющегося у обычной трубчатой лампы, работающей на частоте 50 Гц, используется компактный электронный балласт, работающий на высокой частоте, производимой специальным полупроводниковым генератором. Понятно, что надежность осветительного устройства с дросселем и простой трубчатой лампой будет выше, чем сложного электронного устройства.

Однако мы не станем обсуждать сейчас вопросы надежности.

УСТРАНЕНИЕ ГАРМОНИК

Диодный мост

Гораздо интереснее другое. Оказывается, есть нечто, что объединяет не только эти оба вида энергосберегающих ламп, но и компьютерное оборудование, упомянутое в статье В. Петухова. И это самый обыкновенный двухполупериодный выпрямитель (диодный мост) со сглаживающим конденсатором. Такой выпрямитель имеется на входе любого импульсного источника питания и в цепях питания электронных схем любых энергосберегающих ламп.

Чем же плох этот хорошо известный всем элемент? Конденсатор потребляет из сети ток импульсами только в те моменты времени, когда мгновенное значение синусоидально изменяющегося входного напряжения становится больше остаточного напряжения на конденсаторе (из-за его разряда на нагрузку). В остальное время, когда напряжение на конденсаторе больше мгновенного входного, диоды моста оказываются запертыми обратным напряжением конденсатора и потребление тока отсутствует. В результате ток, потребляемый таким выпрямителем, оказывается существенно сдвинутым по фазе относительно напряжения (рис. 1а).

Корректор мощности

При большом количестве таких выпрямителей, подключенных к сети переменного тока, возникает проблема не только загрязнения сети гармониками тока, но и проблема снижения коэффициента мощности ($\cos \phi$). Типичное значение коэффициента мощности источника питания без корректировки 0,65. Для снижения гармоник тока и повышения коэффициента мощности применяется его активная коррекция с помощью так называемого корректора коэффициента мощности (ККМ или PFC – power phase corrector), представляющего собой самостоятельный преобразователь напряжения, так называемый «бустерный конвертер» (boost converter – BC), снабженный специальной схемой управления (рис. 2).

Основными элементами BC являются: дроссель L, диод VD2, конденсатор C2, быстродействующий ключевой элемент VT на базе MOSFET транзистора и специальный драйвер G, предназначенный для управления силовым VT. Работа этого устройства основана на явлении возникновения импульсов повышенного напряжения обратной полярности на индуктивности, при разрыве тока в ее цепи. Транзистор VT с большой частотой (обычно, 200 кГц) включает и выключает ток в цепи индуктивности L, а образующиеся при этом импульсы повышенного напряжения через диод VD2 заряжают конденсатор C2, от которого питается нагрузка (в нашем случае электронный балласт).

Таким образом, напряжение на конденсаторе C2 всегда выше входного напряжения BC. Во многих случаях конденсатор C2 заряжается до напряжения 385–400 В. Благодаря тому, что конденсатор C1 имеет очень небольшую емкость (это, по сути, высокочастотный фильтр), а схема управления с широтно-импульсной модуляцией (ШИМ или PWM) ключевого элемента постоянно отслеживает фазу входного переменного напряжения и обеспечивает соответствующую привязку импульсов управления (то есть импульсов тока) к фазе напряжения, удается практически полностью устранить сдвиг фаз между током и напряжением, потребляемым накопительным конденсатором C2, рис. 1б, то есть устранить гармоники тока и поднять коэффициент мощности до 0,95–0,98.

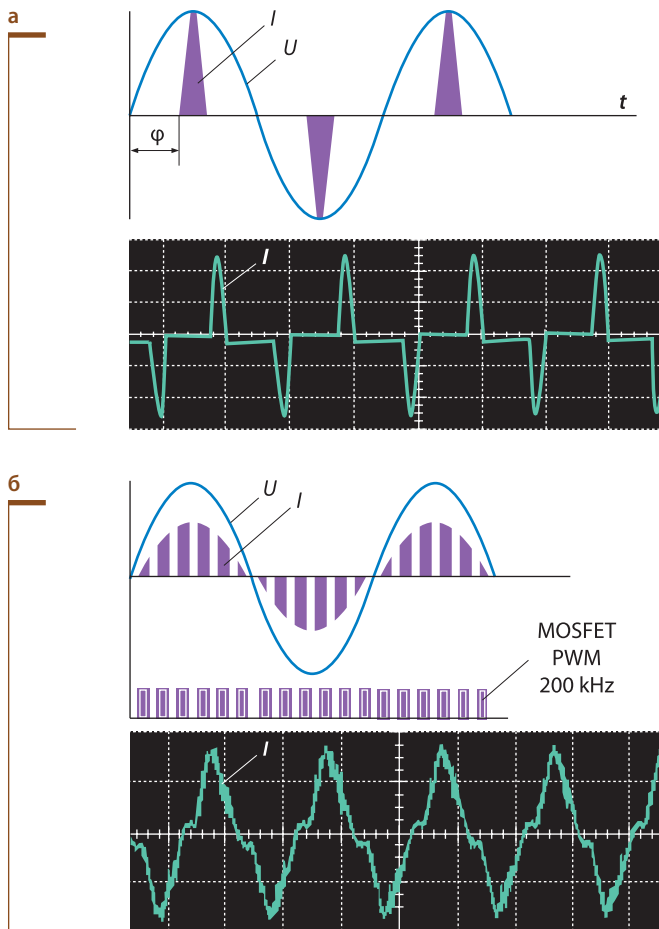
Таким образом, с чисто технической точки зрения, никакой вопросов возникать не должно.

Настоящая проблема совершенно в другом – с целью повышения конкурентоспособности производители стремятся любой ценой снизить стоимость лампы и поэтому часто не используют ККМ. Более того, те же самые мотивы побуждают производителей использовать в электронном балласте самые дешевые компоненты, не имеющие достаточного запаса по напряжению.

В результате при воздействии на электронный балласт первого же импульса перенапряжения, которые всегда имеются в сети, электронные компоненты такого балласта будут повреждены и лампу придется выбросить.

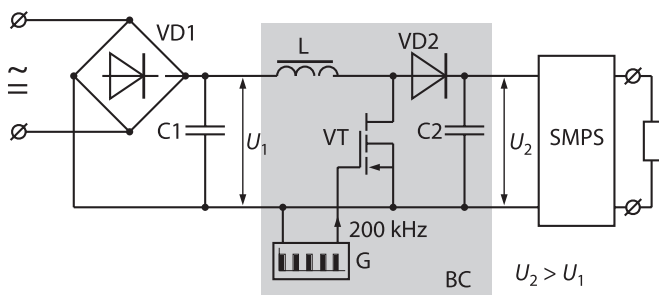
Форма тока и сдвиг фаз между напряжением и током, потребляемым выпрямителем, без ККМ (а) и с ККМ (б)

Рис. 1 •



Бустерный конвертер (BC) и его подключение к импульсному источнику питания (SMPS) или к другой электронной схеме

Рис. 2 •



Выводы

Технической проблемы с гармониками тока при использовании энергосберегающих ламп в действительности не существует. Имеется гораздо более тяжелая и сложная проблема обеспечения и отслеживания надлежащего качества при производстве этих ламп, а также непосредственно связанная с этим проблема экономической целесообразности их использования.

Совершенно очевидно, что лампы, изготовленные с применением ККМ и высококачественных электронных компонентов с необходимыми запасами по напряжению, снабженные защитными элементами, предохраняющими от воздействия перенапряжений, будут намного дороже – качественные ККЛ стоят 12-15 долларов. С другой стороны, менее дорогие, но крайне не надежные лампы способны полностью дискредитировать саму идею энергосбережения.

Как решить эту дилемму? Над этим стоит задуматься специалистам.