

Кокорин В.В.
Чарыков Н.А.
ИГУПИТ (Москва)
Парфенов Р.Ю.
МЭИ(ТУ) (Москва)

Схемы защиты в электронных пускорегулирующих аппаратах с отечественным КМОП драйвером.

В настоящее время реализация необходимых функций электронных пускорегулирующих аппаратов газоразрядных ламп (ЭПРА) [1, 2, 3] наиболее оптимальным образом осуществляется с помощью специализированных интегральных микросхем – драйверов. Для построения ЭПРА широко применяются микросхемы серии IR21XX фирмы International Rectifier [4, 5, 6]. В этом случае схема электронного балласта газоразрядной лампы строится по традиционной полумостовой схеме, а необходимые режимы работы устройства обеспечиваются интегральным драйвером. Авторами настоящей статьи была разработана специализированная КМОП микросхема драйвера для ЭПРА люминесцентных ламп, функционально аналогичная изделию IR21571 [7].

Наряду с реализацией необходимых режимов работы одной или нескольких газоразрядных ламп, микросхема драйвера должна обеспечивать оптимальное сочетание себестоимости изделия и его надёжности. При этом следует учитывать возможность возникновения неисправностей, ведущих к существенному ужесточению режима работы элементов ЭПРА. К таким неисправностям относятся: повышенное пробивное напряжение разрядного промежутка лампы; отсутствие лампы; обрыв одного из электродов лампы; наличие паразитного резонансного контура, создаваемого конструктивными элементами светильника; пониженное сетевое напряжение. Если в случае возникновения аварийной ситуации микросхема драйвера способна воспринимать сигнал с соответствующего датчика и прерывать работу

преобразователя, то стоимость ЭПРА может быть снижена за счёт применения более дешёвых компонентов без ущерба для надёжности изделия.

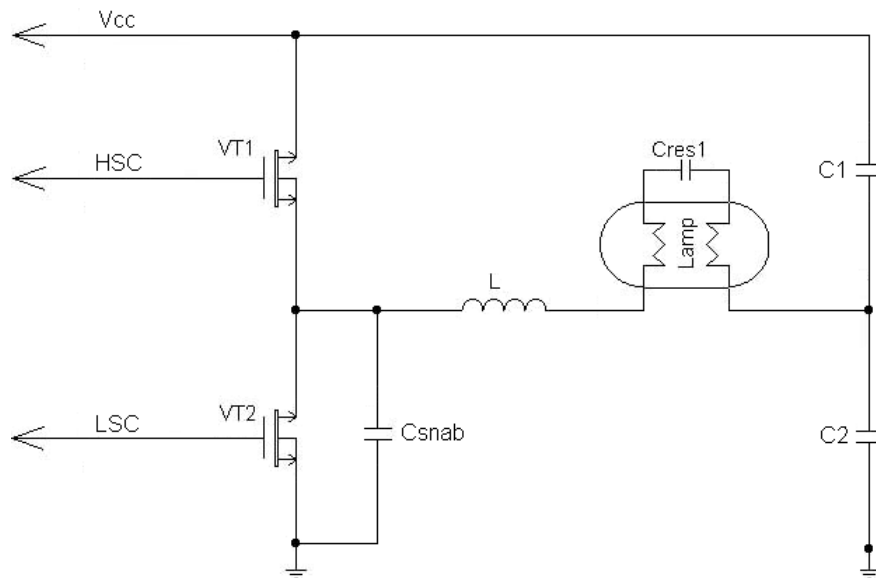


Рис.1. Полумостовая схема преобразователя ЭПРА.

Для рассмотрения последствий возникновения описанных выше неисправностей обратимся к схеме устройства, представленной на рис.1.

1. Повышенное напряжение зажигания. В режиме зажигания лампы ЭПРА должен обеспечивать формирование напряжения определенной величины на разрядном промежутке лампы. В устройствах с применением рассматриваемого КМОП драйвера, равно как и в случае использования микросхемы IR21571, в режиме зажигания происходит плавное изменение частоты выходного напряжения. При этом частота приближается к резонансной частоте колебательного контура, образованного балластным дросселем L и резонансным конденсатором C_{res} . Пробой разрядного промежутка меняет параметры резонансного контура и предотвращает возникновение слишком больших токов и напряжений в схеме. В случае, если лампа не зажигается, повышенные ток или напряжение приводят к выходу из строя элементов ЭПРА.
2. Обрыв электродов лампы или отсутствие лампы. При нормальном состоянии нагрузки преобразователя перезарядка емкости снабберного конденсатора C_{snab} происходит за счет энергии, запасённой в балластном

дросселе, без большой потери мощности. В том случае, если цепь нагрузки разорвана, C_{snab} перезаряжается током через ключевые МОП транзисторы VT1, VT2. При этом на последних выделяется очень большая мощность, равная $P=C_{snab} \cdot V_{cc} \cdot f$. Перегрев ключевых элементов может привести к выходу их из строя.

3. Пониженное сетевое напряжение. Снижение сетевого напряжения ниже предусмотренного уровня может приводить к опасным режимам работы элементов, входящих в активный корректор коэффициента мощности. В этом случае повышающий конвертор продолжает поддерживать выходное напряжение V_{cc} на заданном уровне, но токи через элементы схемы превышают допустимые значения.
4. Паразитные резонансные контуры. Паразитные резонансные контуры возникают в нагрузочной цепи ЭПРА из-за емкостных связей между проводниками, присоединяющими аппарат к лампам. В случае отсутствия лампы или обрыва её электродов паразитные ёмкости определяют резонансную частоту нагрузочной цепи. Если основная частота выходного напряжения преобразователя или её старшая гармоника совпадёт с указанной резонансной частотой, то возникающие высокие напряжения и токи могут привести к отказу ЭПРА.

На рис.2 представлена схема защиты для ЭПРА двухлампового светильника, построенная с использованием трансформаторов тока.

Компараторы, входящие в состав КМОП драйвера [7], прекращают работу преобразователя в том случае, если ток через хотя бы одну из первичных обмоток трансформаторов TV1, TV2 превышает заданную величину. Таким образом, предотвращается разрушение элементов устройства при слишком высоком пробивном напряжении одной из ламп.

Ток, потребляемый микросхемой КМОП драйвера в активном режиме работы последней, формируется за счёт выпрямления напряжения вторичных обмотках трансформаторов. В случае обрыва обеих нагрузочных линий необходимая величина тока потребления драйвера в активном режиме не

обеспечивается. Напряжение питания микросхемы снижается ниже порога выключения. Работа преобразователя прекращается, после чего напряжение питания драйвера снова нарастает до порога включения. Повторное выключение микросхемы ведёт к срабатыванию схемы защиты и переходу устройства в выключенное состояние. Таким образом, исключается выход ЭПРА из строя при отсутствии ламп или при обрыве их электродов.

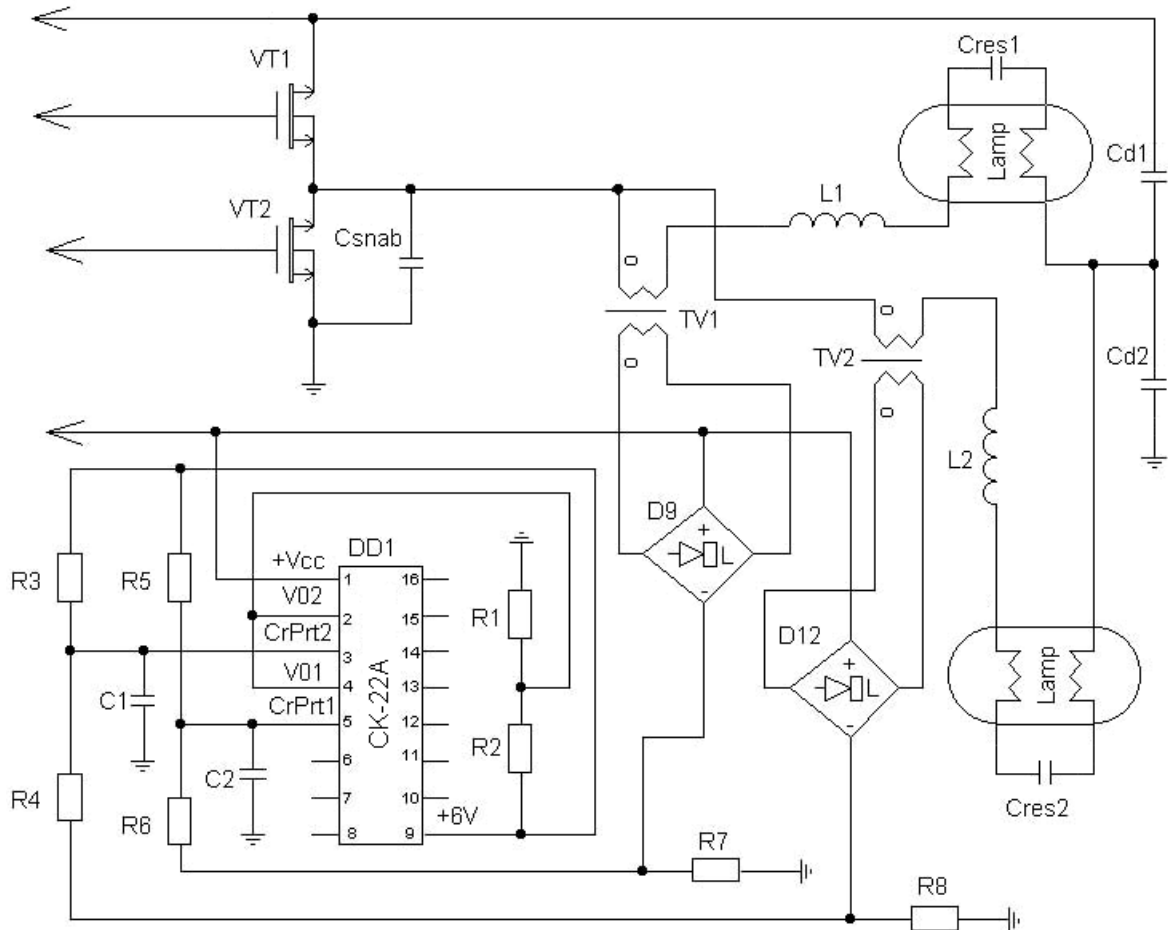


Рис.2. Схема защиты с трансформаторами тока для ЭПРА на основе КМОП драйвера.

Повторное включение преобразователя возможно только после выключения сетевого напряжения. Недостатками описанной выше схемы являются:

1. Наличие двух трансформаторов тока, элементов трудоёмких в изготовлении и имеющих большие габариты.
2. Отсутствие защиты от возникновения паразитного резонанса, так как последний может вызывать большие токи через элементы ЭПРА;

3. Использование обоих компараторов драйвера для защиты от неисправностей нагрузки, и в связи с этим невозможность построить схему защиты от пониженного сетевого напряжения.

Несмотря на указанные недостатки, схема с трансформаторами тока показала свою эффективность в ЭПРА двухламповых светильников с линейными лампами без корректора коэффициента мощности.

Схема защиты ЭПРА, основанная только на контроле тока, оказывается неэффективной в случае возникновения паразитного резонанса. Последний может проявлять себя, усиливая третью гармонику частоты выходного напряжения преобразователя. При этом волновое сопротивление LC – контура может быть высоким. Разрушительные напряжения на элементах ЭПРА могут возникать при токе ниже порога отключения. Поэтому была предложена концепция построения схемы защиты ЭПРА с КМОП драйвером, использующая одновременно и контроль тока, и контроль напряжения на элементах резонансного контура.

На рис.3 приведена схема защиты, в которой реализован одновременный контроль тока и напряжения на составляющих LC – контуров.

Если обе нагрузочных линии оборваны (отсутствуют лампы или перегорели электроды), перезарядка снабберного конденсатора C_{snab} происходит через ключевые транзисторы VT1, VT2. В этом случае через резистор R5 протекает большой импульсный ток. Высокое импульсное напряжение через диод D5 поступает на интегрирующий конденсатор C1 и через резистор R7 - на вход компаратора в составе КМОП драйвера. Компаратор переключает триггер защиты и преобразователь выключается.

Если частота выходного напряжения преобразователя слишком приближается к резонансной частоте нагрузочной линии, на дросселе формируется высокое напряжение. При этом на контрольной обмотке дросселя возникает напряжение, прямо пропорциональное данной величине. Напряжение на вторичной обмотке через диод (D3 или D4) попадает на конденсатор C1. Если это напряжение выше заданного уровня, срабатывает схема защиты и

преобразователь выключается. Описанная ситуация может иметь место как при повышенном напряжении зажигания лампы, так и при паразитном резонансе в случае отсутствия лампы.

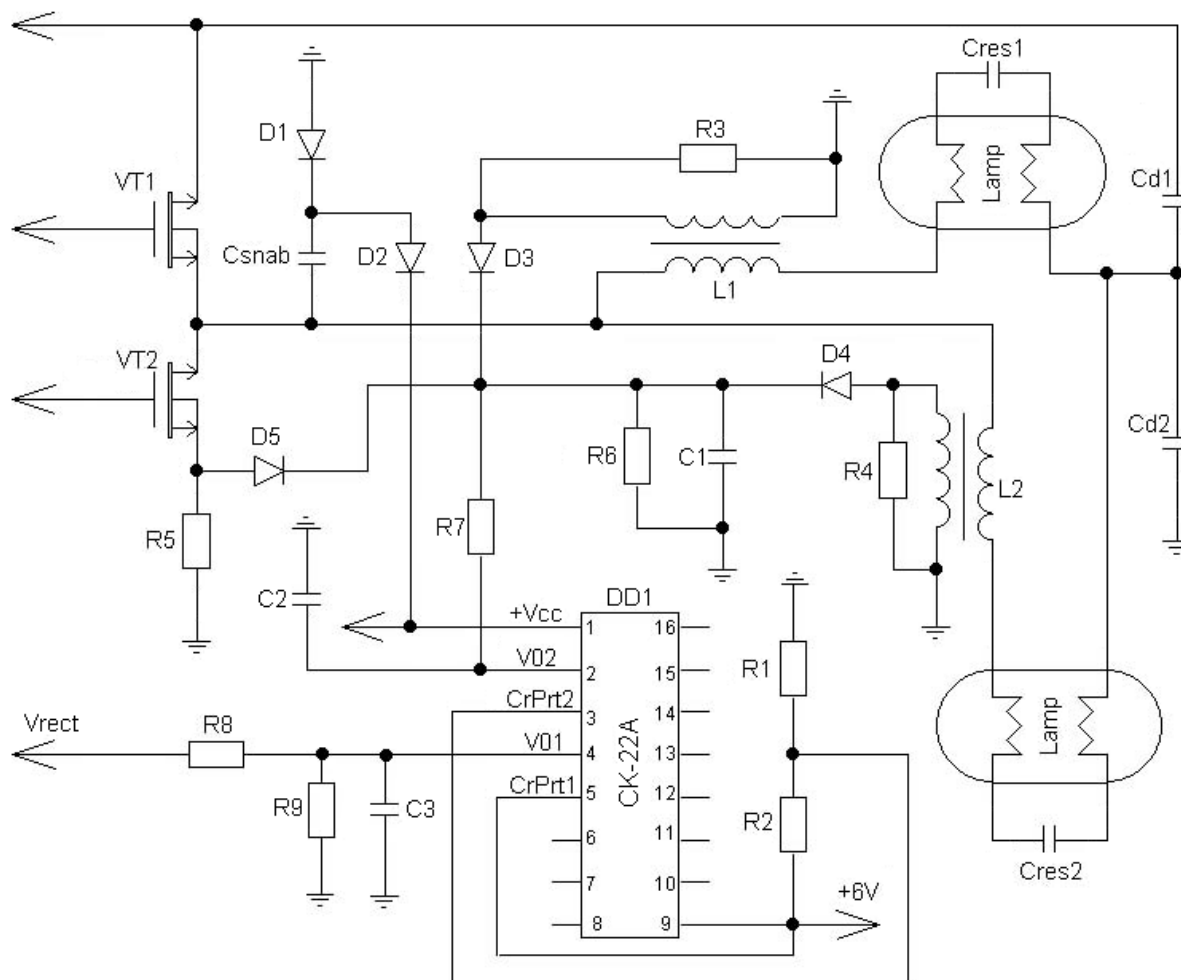


Рис.3. Схема защиты с одновременным контролем тока и напряжения.

Защита от пониженного напряжения сети. Микросхема КМОП драйвера предоставляет возможность построить схему защиты от пониженного сетевого напряжения. Такая защита может быть необходима для ЭПРА с активным корректором коэффициента мощности.

В схеме на рис.3 напряжение с выпрямительного моста V_{rect} подается на интегрирующую цепочку R8, R9, C3. Поделенное и проинтегрированное

напряжение сравнивается с опорным напряжением. Если сетевое напряжение ниже заданного уровня, срабатывает защита и преобразователь выключается.

На рис.4 представлены экспериментальные осциллограммы.

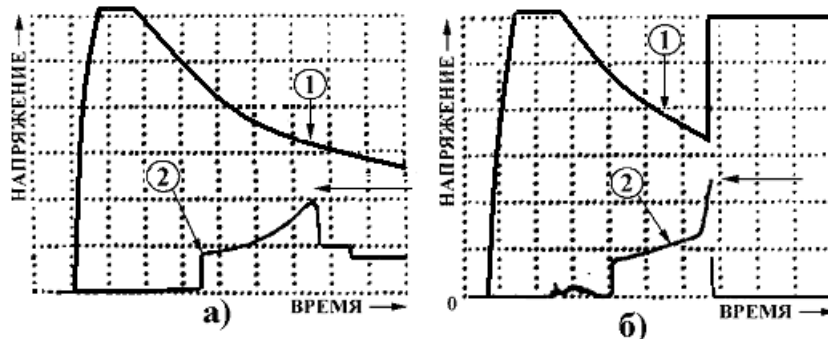


Рис.4. Осциллограммы напряжений на выводах микросхемы драйвера: при нормальном включении двух ламп (а); при срабатывании защиты из-за влияния паразитного резонанса при отсутствии одной из ламп (б).

Измерялись напряжения на выводах микросхемы КМОП драйвера в ЭПРА двухлампового светильника при нормальном включении двух ламп и при срабатывании защиты из-за влияния паразитного резонанса при отсутствии одной из ламп. Цифрами 1 и 2 обозначены напряжения на выводах CntF и V02 интегральной микросхемы КМОП драйвера.

Описанные выше схемотехнические решения были опробованы в макетных образцах ЭПРА. Испытания этих образцов показали, что специализированная микросхема КМОП драйвера позволяет создавать надёжные ЭПРА люминесцентных ламп с эффективной защитой от основных видов неисправностей.

Список литературы:

1. Фугенфиров М.И. Электрические схемы с газоразрядными лампами. – М.: Энергия, 1974.-368 с.
2. IR21571 Demo Board: 36 Watt Linear Fluorescent Ballast. "International Rectifier", 10/21/99.
3. POWIRLIGHT REFERENCE DESIGN: LINEAR BALLAST". "International Rectifier", Reference Design Data Sheet , August, 1997.

4. Башкиров В. IR21571 – контроллер электронных балластов нового поколения, // Компоненты и Технологии. 2000. №7. С.28-30.
5. Electronic Ballasts Using the Cost-Saving IR215X Drivers. "International Rectifier" Application Notes, AN-995A.
6. Bairanzade M. Electronic Lamp Ballast Design. Motorola Semiconductor Application Note, AN1543, 1995.
7. Елисеев Н.П., Кокорин В.В., Чарыков Н.А., Шумков И.Е. КМОП интегральная микросхема драйвера для электронных ПРА разрядных ламп// Материалы докладов международного научно-технического семинара «Применение силовой электроники в электротехнике». - М., 2000. С. 191- 193.