

УДК 621.3.049.744.3

МИКРОСХЕМА К1305ЕУ1Р ДЛЯ ЭЛЕКТРОННЫХ ПУСКО-РЕГУЛИРУЮЩИХ АППАРАТОВ

Сурайкин А. И., Прокофьев С. М.

ГОУВПО «Мордовский государственный университет им. Н. П. Огарева», г. Саранск

E-mail: suraykin@mail.ru

Аннотация. Управляющая ИМС К1305ЕУ1Р для ЭПРА представляет собой специализированный контроллер для компактных газоразрядных люминесцентных ламп низкого давления с питанием от автомобильной бортовой сети напряжением 14 В

Ключевые слова: микросхема, ИМС, К1305ЕУ1Р, электронный пускорегулирующий аппарат, люминесцентная лампа.

В настоящее время имеет место тенденция расширения сферы применения компактных малогабаритных осветительных приборов. Эта сфера распространяется как на бытовые осветительные приборы, так и на промышленные. В качестве источников света широко применяются люминесцентные лампы с напряжением питания от 3 до 24 В. Эти источники освещения широко применяются, в частности, в транспортных средствах (как в автомобильных, так и в железнодорожных).

Для обеспечения их надежной и безопасной работы необходимы специальные устройства, получившие название – электронные пускорегулирующие аппараты (ЭПРА). Эти ЭПРА могут быть выполнены как на дискретных элементах, так и на специализированных ИМС, ориентированных на применение в управлении низковольтными компактными люминесцентными лампами.

В этой связи задача разработка отечественной управляющей ИМС для ЭПРА становится весьма актуальной [1].

Управляющая ИМС К1305ЕУ1Р для ЭПРА представляет собой специализированный контроллер для компактных газоразрядных люминесцентных ламп низкого давления с питанием от автомобильной бортовой сети напряжением 14 В.

Основные характеристики:

- Двухтактный выход с паузой между импульсами;
- Вход переключения частоты;
- Минимальное количество навесных элементов;
- Небольшая потребляемая мощность;
- Возможность применения во внешних навесных каскадах мощных биполярных транзисторов;

Области применения:

- Контроллеры ЭПРА для компактных люминесцентных ламп с питанием от бортовой сети напряжением 14 В;
- Генераторы импульсных сигналов;
- Импульсные источники питания;

Структурная схема ИМС К1305ЕУ1Р приведена на рисунке 1.

Микросхема состоит из тактового генератора, делителя частоты, формирователя импульсов и выходных усилителей [2].

Управление микросхемой производится через выводы IN, FC, FV. С выводами управления микросхемой связаны встроенные пороговые устройства. Вывод IN переключает делитель частоты и сбрасывает RS-триггер блокировки формирователя импульсов и выходных усилителей. При подаче на вывод IN напряжения низкого уровня выбирается коэффициент

деления $K_1 = 13$ и сбрасывается RS-триггер, при подаче высокого уровня – выбирается коэффициент деления $K_2 = 18$. Выводы FC и FV служат для построения схем защиты. Подача на вывод FV напряжения высокого уровня вызывает выключение выходных усилителей (на выводах OUT1 и OUT2 устанавливается напряжение равное нулю) на время, пока напряжение высокого уровня удерживается на этом выводе. Подача на вывод FC напряжения высокого уровня вызывает установку RS-триггера и выключение выходных усилителей (на выводах OUT1 и OUT2 устанавливается напряжение равное нулю) до тех пор, пока по входу IN не будет сброшен RS-триггер.

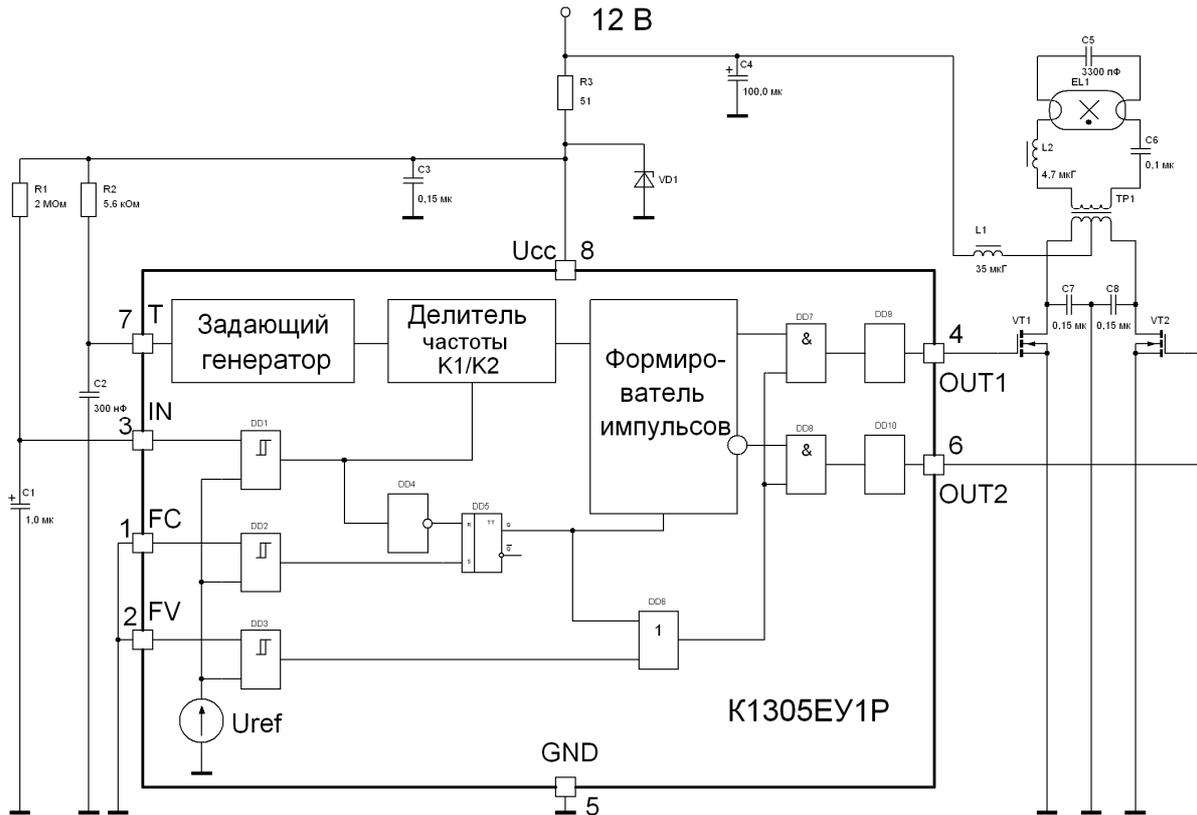


Рисунок 1 – Структурная схема ИМС К1305ЕУ1Р с навесными компонентами

Функциональное назначение выводов ИМС К1305ЕУ1Р (рисунок 1)

Номер вывода	Назначение
1	Вывод управления токовой защитой
2	Вывод управления защитой от превышения напряжения питания
3	Вывод управления переключением коэффициента деления
4	Выход 1
5	Общий
6	Выход 2
7	Вывод подключения RC цепи задающего генератора
8	Вывод питания

Частота повторения импульсов f_T , вырабатываемых задающим генератором, задается RC-цепочкой R_2C_1 , подключаемой к выводу T.

Выход генератора подключен к управляемому делителю частоты, с выхода которого симметричные противофазные импульсы поступают на вход формирователя; формирователь

обеспечивает паузу между ними длительностью в один период тактовой частоты, как показано на рисунке 2.

Типовая схема применения ИМС К1305ЕУ1Р в контроллере люминесцентной лампы приведена на рисунке 1. Схема состоит из микросхемы с времязадающими цепями и двухтактного трансформаторного каскада, нагрузкой которого является колебательный контур L2C8 с люминесцентной лампой. После включения схема производит разогрев катодов лампы напряжением с частотой на 30% выше резонансной, а затем подает на нее высокое напряжение с частотой, равной резонансной, под действием которого лампа начинает светиться [3].

Электрические характеристики ИМС представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Электрические характеристики ИМС К1305ЕУ1Р

Параметр	Значение параметра
Напряжение питания V_{cc} , В	6 - 12
Входное напряжение высокого уровня $V_{IN(H)}$ по входам IN, FV, FC, В	не менее 3
Входное напряжение низкого уровня $V_{IN(L)}$ по входам IN, FV, FC, В	не более 1,5
Средний выходной ток для каждого выхода $I_{OUT(av)}$, мА	150
Частота задающего генератора f_T , кГц	не более 500
Входной ток высокого уровня $I_{IN(H)}$ по входам IN, FV, FC, мкА	не более 10
Входной ток низкого уровня $I_{IN(L)}$ по входам IN, FV, FC, мкА	не более 10
Ток потребления при $f_T = 0$, мА	не более 13
Температурный диапазон, °С	-40 ? 85

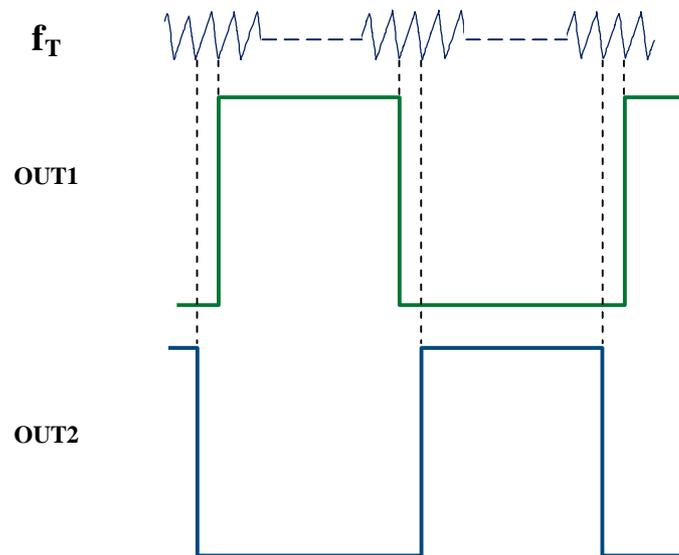


Рисунок 2 – Временные диаграммы работы микросхемы К1305ЕУ1Р

Частота импульсов, вырабатываемых генератором, подбирается такой, чтобы при высоком уровне напряжения на входе IN (при коэффициенте деления $K_2 = 18$) частота повторения импульсов на выходе микросхемы была равна резонансной частоте колебательного контура [3]. При подаче напряжения питания ток, протекающий через резистор R1, начинает заряжать конденсатор C2, подключаемый к выводу IN. Постоянная времени RC-цепочки R1C2 определяет время разогрева катодов лампы. При этом за время до достижения порогового значения напряжения на входе IN производится разогрев катодов лампы частотой выше резонансной (коэффициент деления $K_1 = 13$), а после достижения порогового значения – зажигание и свечение лампы (коэффициент деления $K_2 = 18$).

Элементы L1, C5, C6 обеспечивают изменение напряжения на стоках транзисторов по синусоидальному закону. Транзисторы переключаются при нулевом напряжении на стоке, вследствие чего разогрев транзисторов уменьшается за счет снижения коммутационных потерь [4].

При повышении напряжения питания увеличивается напряжение, подводимое к лампе и мощность рассеиваемая микросхемой. Чтобы избежать выхода из строя, как лампы, так и силовых транзисторов, в схему ЭПРА вводят блокировки по превышению напряжения питания и потребляемому току. При скачках напряжения питания выходные каскады выключаются с вывода FV. При выходе лампы из строя резко увеличивается ток, потребляемый транзисторами VT1 и VT2. В этом случае выходные каскады отключаются с вывода FC, после чего приостанавливается работа микросхемы [5].

Схема узла блокировки ЭПРА по превышению напряжения питания приведена на рисунке 2.

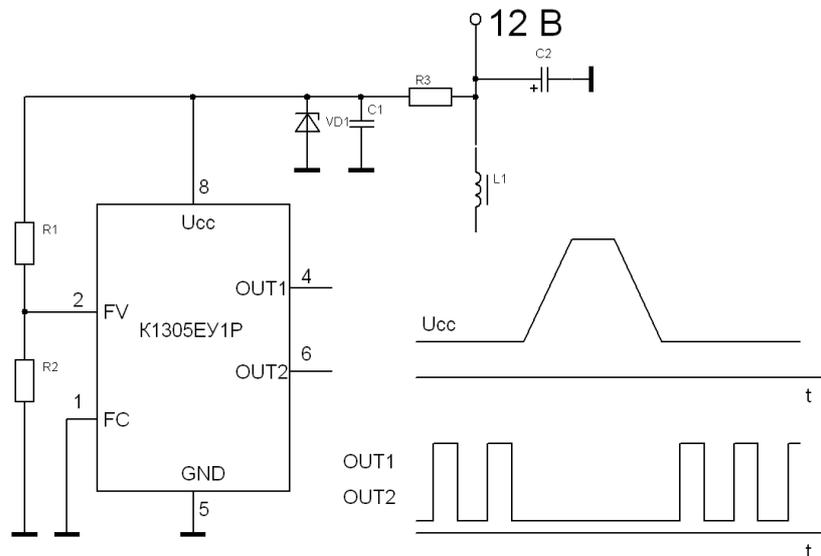


Рисунок 2 – Схема защиты ИМС K1305EU1P от превышения напряжения питания

При скачках напряжения питания увеличивается напряжение на входе FV. При превышении порога срабатывания происходит выключение выходных каскадов микросхемы (на выводах OUT1 и OUT2 устанавливается напряжение, равное нулю) [6].

Схема узла блокировки ЭПРА при превышении тока через лампу приведена на рисунке 3.

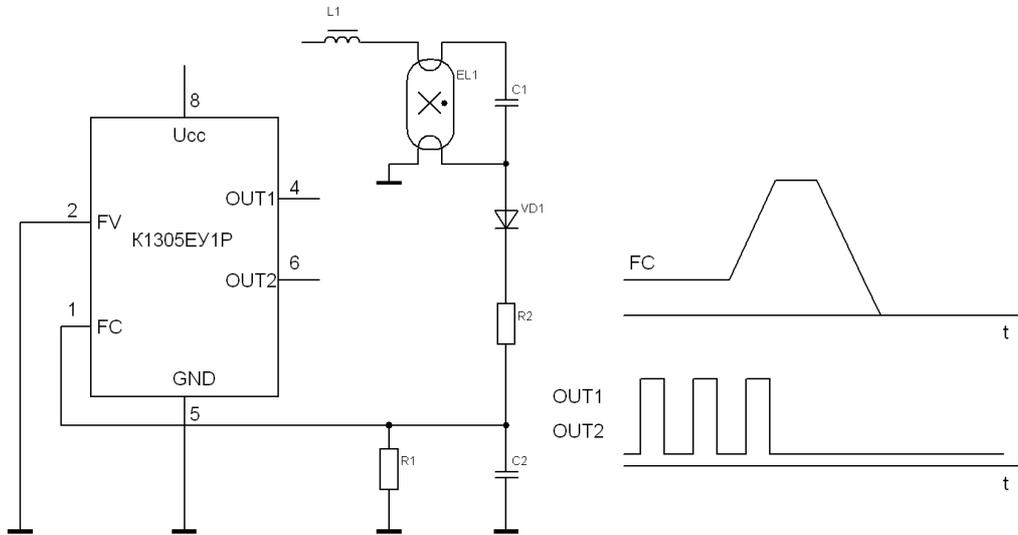


Рисунок 3 – Схема токовой защиты ИМС K1305EY1P

В случае выхода лампы из строя резко увеличивается ток через лампу, что приводит к увеличению падения напряжения на спирали. Это напряжение выпрямляется детектором D1, C1 и через делитель R1, R2 подается на вход FC. Параллельно конденсатору C1 подключен резистор R1 для помехоустойчивости работы цепи защиты [7].

На рисунке 4 приведена функциональная схема управляющей ИМС K1305EY1P.

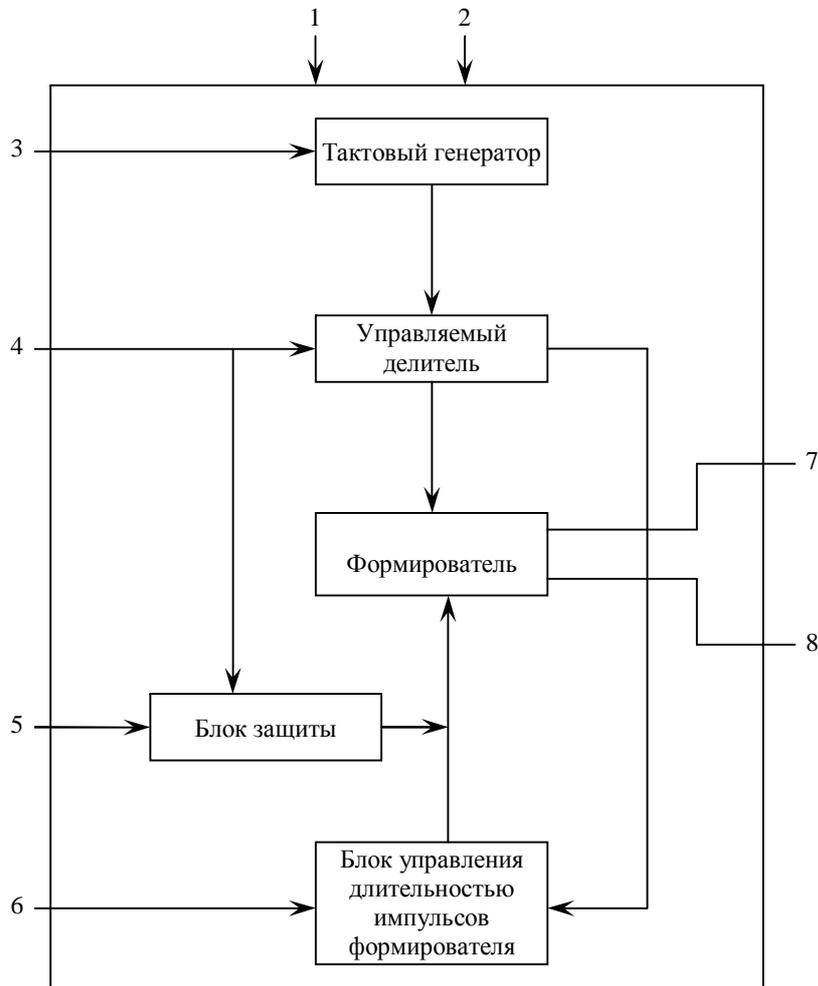


Рисунок 4 – Функциональная схема ИМС K1305EY1P

Задающий генератор состоит из подключаемых к шинам питания внешних контактов 1 и 2, тактового генератора, управляемого делителя частоты, формирователя, блока защиты, блока управления длительностью импульсов формирователя, внешних контактов 3, 4, 5, 6, 7, 8.

Для пояснения функционирования работы на рисунке 5 приведена функциональная схема ПРА люминесцентной лампы, где изображен задающий генератор, в сочетании со вспомогательными цепями образующий устройство управления ПРА люминесцентной лампы. ПРА состоит, кроме перечисленных блоков, из источника питания, силового преобразователя и резонансного контура, включающего в себя дроссель и конденсатор.

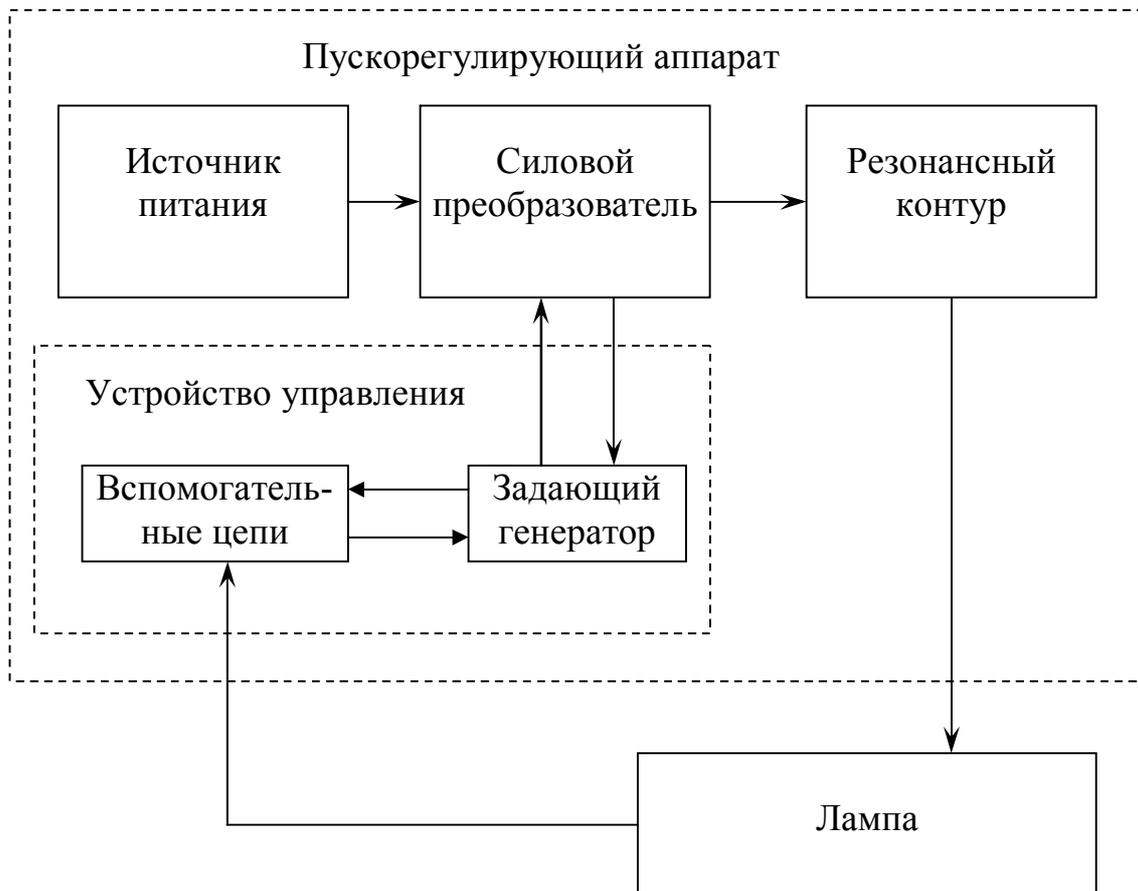


Рисунок 5 – Функциональная схема ПРА

В соответствии со схемой, приведённой на рисунке 5, работа ИМС K1305EU1P может быть представлена следующими режимами:

Режим подогрева спиралей лампы

На этом этапе тактовый генератор, соединенный с вспомогательными цепями через внешний контакт 3, вырабатывает периодический сигнал заданной частоты на его выходе.

Полученный сигнал поступает на 1-й вход управляемого делителя частоты, где далее, на его основе, формируется периодический сигнал в виде импульсов прямоугольной формы с длительностью, кратной одному периоду периодического сигнала тактового генератора. Далее сформированные управляемым делителем частоты импульсы на его 1-м выходе поступают на 1-й вход формирователя, откуда далее поочередно поступают на 1-й и 2-й выходы формирователя. При этом последовательность импульс - пауза на одном выходе и далее импульс - пауза на другом выходе образуют один период частоты, вырабатываемой форми-

рователем задающего генератора для возбуждения резонансного контура ПРА посредством силового преобразователя (см. рисунок 5).

При этом, сигнал от внешних цепей, поступающий через внешний контакт 4 на 2-й вход управляемого делителя частоты, имеет уровень логического «0». Это должно соответствовать частоте на выходах формирователя (определяется вспомогательными цепями, задающими частоту работы тактового генератора), повышенной по сравнению с резонансной частотой резонансного контура ПРА, поступающей через силовой преобразователь для возбуждения резонансного контура. При этом через спирали лампы начнет протекать ток, достаточный для их разогрева, а напряжение, возникшее в лампе, будет недостаточно для ее зажигания.

Время подачи сигнала логический «0» на внешний контакт 4 и соответственно на 2-й вход управляемого делителя частоты определяется вспомогательными цепями и соответствует времени прогрева спиралей лампы (обычно 0,4 - 2,0 с). Кратность отношения длительности формируемых управляемым делителем частоты импульсов к длительности одного периода тактового генератора на этом этапе может составлять от 1 до 9 раз. В это же время тот же сигнал логического «0», поступая на 2-й вход блока защиты, запрещает включение блока защиты и, соответственно, защиты ПРА. Это необходимо для того, чтобы защита не включалась во время прогрева спиралей лампы, так как напряжения и токи на лампе в этот период могут в 1,5-2 раза превышать номинальные.

Режим запуска лампы

На этом этапе, следующем после режима подогрева спиралей, режим работы тактового генератора не меняется, а управляемый делитель частоты изменяет режим своей работы за счет того, что сигнал от вспомогательных цепей, поступающий через внешний контакт 4 на 2-й вход управляемого делителя частоты, изменяет свой уровень с логического «0» на уровень логической «1». Это приводит к переключению длительности формируемых управляемым делителем частоты импульсов на более длительные по сравнению их длительностью на первом этапе, что должно соответствовать переключению частоты на выходах формирователя на частоту, близкую к резонансной частоте, резонансного контура ПРА, подаваемой на указанный резонансный контур через силовой преобразователь. Это приводит к резкому повышению напряжений на элементах резонансного контура, а соответственно и на лампе, что в свою очередь приводит к зажиганию лампы. Кратность отношения длительности формируемых управляемым делителем частоты импульсов к длительности одного периода тактового генератора на этом этапе может составлять от 2 до 10 раз.

Режим включения защиты

В это же время тот же сигнал логической «1», поступая на 2-й вход блока защиты, соединенный с внешним контактом 4 и 2-м входом управляемого делителя частоты, включает блок защиты, выключенный ранее на этапе прогрева спиралей. При этом, если лампа не включается в течение заданного времени (обычно 2-3 мс), повышенные во время запуска по сравнению с номинальным режимом работы лампы токи и напряжения, поступающие через вспомогательные цепи на внешний контакт 5 и далее - на 1-й вход блока защиты, вызовут появление сигнала на выходе блока защиты и соединенном с ним 2-м входе формирователя, что приведет к отключению выходных импульсов формирователя, а соответственно включению защиты ПРА.

Балластный режим (режим ограничения тока)

На этом этапе в случае, если на предыдущих этапах лампа включилась, а включения защиты не произошло, тактовый генератор продолжает работать как на первом и втором этапах, а управляемый делитель частоты и формирователь продолжают работать как при окончании 2-го этапа (режим запуска лампы). При этом сигнал от вспомогательных цепей, поступающий на 2-й вход управляемого делителя частоты, продолжает как и на втором этапе со-

ответствовать уровню логической «1». При этом длительность формируемых управляемым делителем частоты и далее поступающих на выходы формирователя импульсов будет такой же, как на втором этапе, и соответственно будет определять частоту возбуждения резонансного контура ПРА. Но при включившейся лампе конденсатор резонансного контура окажется зашунтированным работающей лампой, в результате чего на этом этапе ток, протекающий через лампу, будет ограничиваться индуктивным сопротивлением дросселя резонансного контура при текущей рабочей частоте (определяемой вспомогательными цепями, задающими частоту работы тактового генератора), что соответствует балластному режиму работы ПРА.

Режим включения кратковременной защиты

В режиме подогрева спиралей, режиме запуска лампы и балластном режиме работы ПРА могут возникать аварийные ситуации, обусловленные резкими перепадами напряжения питающей сети и, как следствие высоковольтными помехами, вследствие чего выходные ключи силового преобразователя ПРА могут выйти из строя.

Для предотвращения подобных ситуаций служит режим кратковременной защиты. В этом режиме при возникновении в питающей сети высоковольтных помех, вспомогательными цепями вырабатывается сигнал, с длительностью, близкой к длительности помехи, поступающий на внешний вход б и соединенный с ним 1-й вход блока управления длительностью импульсов формирователя, в результате чего на его выходе, соединенном с 2-м входом формирователя, появляется сигнал. При этом описываемый сигнал блокирует поступление сигналов, на 1-й и 2-й выходы формирователя, выключая их на время воздействия помехи и запрещает их дальнейшее включение до момента появления сигнала на 2-м выходе управляемого делителя частоты и соединенного с ним 2-го входа блока управления длительностью импульсов формирователя. Указанный сигнал разрешения выключения выходного сигнала блока управления длительностью импульсов формирователя появляется после окончания помехи в момент завершения формирования текущего выходного импульса управляемого делителя частоты. Соответственно на это же время выключаются ключи силового преобразователя, а соответственно включается защита ПРА.

Режим управления яркостью

Этот режим реализуется как один из вариантов балластного режима работы ПРА, описанного ранее. В этом режиме, в зависимости от требуемой яркости лампы, вспомогательными цепями генерируется сигнал управления яркостью, представляющий из себя кратковременный периодический сигнал с частотой, соответствующей частоте на выходе управляемого делителя частоты, поступающий на внешний вход б и соединенный с ним 1-й вход блока управления длительностью импульсов формирователя. Это происходит в промежуток времени от начала до конца формирования текущего импульса управляемого делителя частоты. Причем, момент появления каждого импульса этого сигнала синхронизирован относительно начала формирования текущего импульса управляемого делителя частоты.

Таким образом, в момент появления этого импульса на выходе блока управления длительностью импульсов формирователя, соединенном с 2-м входом формирователя, появляется сигнал. Описываемый сигнал блокирует поступление сигналов на 1-й и 2-й выходы формирователя, выключая их, и запрещает их дальнейшее включение до момента появления сигнала на 2-м выходе управляемого делителя частоты и соединенного с ним 2-го входа блока управления длительностью импульсов формирователя.

Указанный сигнал разрешения выключения выходного сигнала блока управления длительностью импульсов, появляется в момент завершения формирования текущего выходного импульса управляемого делителя частоты. Соответственно длительность каждого импульса формирователя ограничивается интервалом времени от начала этого импульса до момента поступления на внешний контакт б сигнала управления яркостью. При этом соответственно управляемому ограничению длительности импульсов формирователя управляемо из-

меняется длительность импульсов тока, проходящих через лампу и, как следствие этого, величина среднего тока, протекающего через лампу и соответственно ее яркость.

При этом именно введение в структуру задающего генератора управляемого делителя частоты позволило организовать скачкообразное изменение частоты задающего генератора, необходимое для запуска лампы. Введение в структуру задающего генератора блока управления длительностью импульсов формирователя позволило реализовать режим защиты ПРА от импульсных помех и режим управления яркостью лампы. Введение в блок цепи защиты входа включения блока защиты позволило отключать защиту ПРА в нестационарных режимах работы.

На рисунке 6 представлен график зависимости периода выходных импульсов от напряжения питания. Напряжение питания изменяется в диапазоне от 6 до 12 В. Величина емкости $C1$ (рисунок 1) составляет 1 нФ.

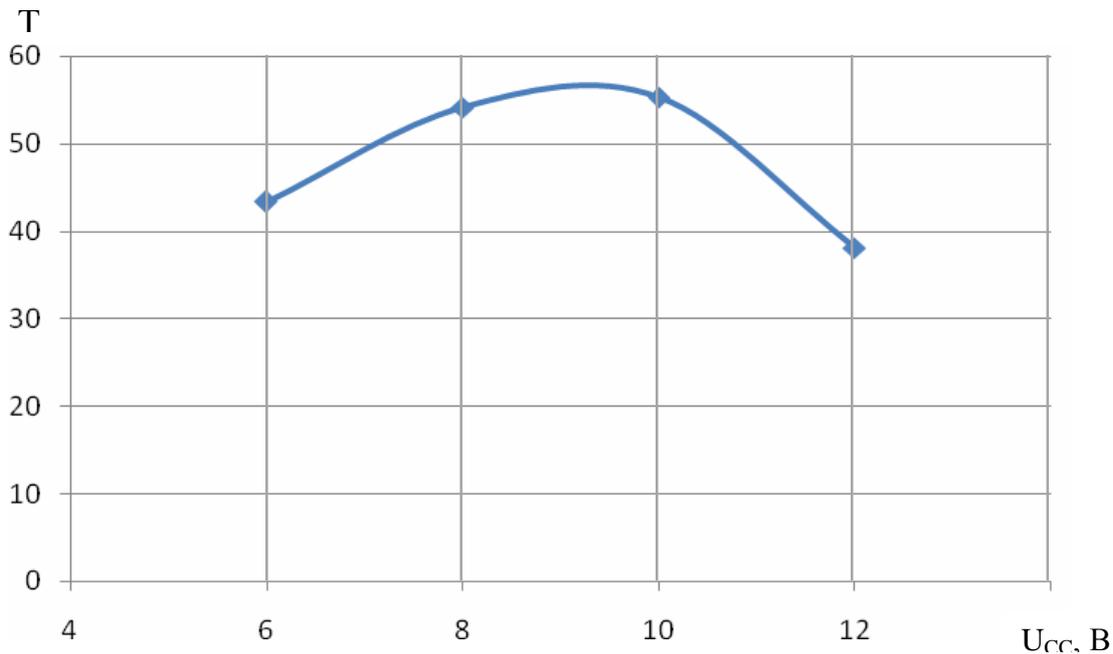


Рисунок 6 – Зависимость периода выходных импульсов ИМС К1305ЕУ1Р от напряжения питания

ИМС К1305ЕУ1Р выполнена по стандартной эпитаксиально-планарной биполярной технологии [8]. Размер кристалла ИМС К1305ЕУ1Р составляет 2,7 x 1,7 мм. Минимальный технологический размер составляет 4 мкм. Первая контактная площадка – подключение внешних элементов для формирования порога срабатывания токовой защиты (FC); вторая контактная площадка – подключение внешних элементов для формирования порога защиты от превышения напряжения питания (FV); третья контактная площадка – подключение внешних элементов для переключения коэффициента деления; четвертая контактная площадка – первый выход ИМС; пятая контактная площадка – общий; шестая контактная площадка – второй выход ИМС; седьмая контактная площадка – подключение времязадающих элементов для генератора; восьмая контактная площадка – питание.

В центральной части кристалла расположены логические элементы (I^2L). В верхней части кристалла расположена аналоговая часть схемы – генератор, источник опорного напряжения. В правой части кристалла расположены выходные каскады и вынесенные на край кристалла мощные выходные транзисторы.

ИМС К1305ЕУ1Р изготавливается в корпусе DIP-8.

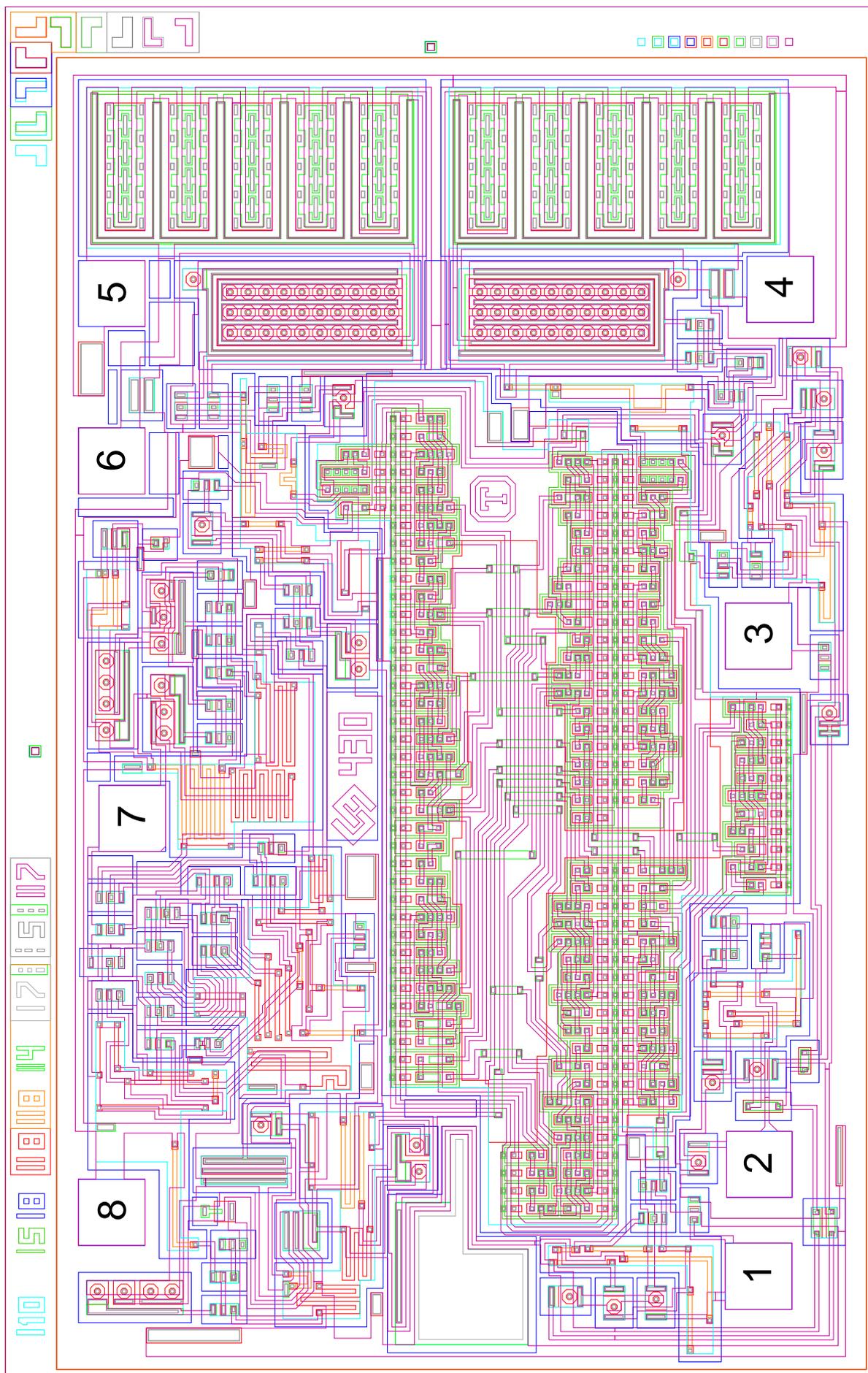


Рисунок 7 – Топология кристалла ИМС К1305ЕУ1Р

Список использованных источников

1. Микросхемы компании «Додэка Электрик» [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.dodeca-electric.ru/chips.html>. – Загл. с экрана.
2. Техническая документация на ИМС К1211ЕУ1 [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://dodeca-electric.ru/pdf/1211_DS_ru.pdf. – Загл. с экрана.
3. Пат. 2206963 Российская Федерация, МПК⁷ Н05В41/24, Н05В37/02. Задающий генератор устройства управления пускорегулирующего аппарата люминесцентной лампы / Гореславец А. А., Скопин В. И.; заявитель и патентообладатель Общество с ограниченной ответственностью «Додека – Электронные компоненты». – № 2001129326/09: заявл. 31.10.01; опубл. 20.06.03.
4. Мурога С. Системное проектирование сверхбольших интегральных схем: в 2 т.; перевод с англ. А.Е. Норке. – М.: Мир, 1985. – 2 т.
5. Сурайкин А.И., Прокофьев С.М. Разработка управляющей ИМС для “интеллектуального” ключа по типу IR3310 // XXXIII Огаревские чтения. Материалы научной конференции. Часть 2: Естественные и технические науки. – Саранск: Изд-во Морд. Ун-та, 2005. С. 240.
6. Сурайкин А.И., Сокольников А.А. Двухканальная микросхема для управления мощными n–МОП транзисторами // Наука и инновации в республике Мордовия. Материалы VI республиканской научно-практической конференции. – Саранск, 8–9 февр. 2007 г. – Саранск: Изд-во Мордов. ун-та, 2007. С. – 476-478.
7. Сурайкин А.И., Сурайкина Н.А. Управляющая ИМС К1055ЕУ9Р для построения «интеллектуальных» ключей, применяемых в устройствах автомобильной электроники // Методы и средства управления технологическими процессами: МСУТП-2007: материалы IV Междунар. конф., Саранск, 24–26 окт. 2007 г. – Саранск: Изд-во Мордов. ун-та, 2007. – С. 107–111.
8. Степаненко И. П. Основы микроэлектроники: учеб. пособие для вузов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Лаборатория Базовых Знаний, 2001. – 488 с.