

2012

УСТРОЙСТВО ПЛАВНОГО ПУСКА ЛАМП НАКАЛИВАНИЯ

С ВОЗМОЖНОСТЯМИ ДИММЕРА

Устройство предназначено для свободного повторения и модификации в НЕКОММЕРЧЕСКИХ целях.

Владислав Лещенко

22.04.2012



Оглавление

Постановка задачи:	2
Обоснование и выбор электрической схемы устройства:	2
Способ регулирования симистором:	2
Способ регулирования транзистором:	2
Описание алгоритма работы устройства.....	4
Наладка и программирование	5
Правила безопасности	6

Постановка задачи:

Разработать устройство плавного пуска ламп накаливания подключаемое в разрыв любого из проводов питания нагрузки. Предусмотреть автоматическое отключение через 12 часов. Разработать альтернативный алгоритм и способ управления мощностью нагрузки без применения дополнительных управляющих элементов. Предусмотреть возможность работать совместно с трансформаторами 220/12В для питания галогенных ламп. Предусмотреть защиту трансформатора при обрыве нагрузки.

Требования:

- Напряжение питания 230В $\pm$ 10%
- Мощность нагрузки 40 ÷ 300 Вт
- Температурный диапазон -10...+35 при отн. влажн. до 95%
- Габаритные размеры $\leq$ 40x40 мм
- Минимальное количество внешних компонентов.

Обоснование и выбор электрической схемы устройства:

Для управления нагрузкой в сетях переменного тока наиболее простым способом является способ фазо-импульсного управления. Существуют два способа управления нагрузкой: с отпиранием управляющего элемента (УЭ) в произвольный момент времени и запирающим в момент нулевого напряжения на нагрузке, и второй способ – с отпиранием УЭ в момент нулевого напряжения на нагрузке и запирающим в произвольный момент времени. В первом случае обычно применяются симисторы, а во втором транзисторы. Оба способа имеют свои преимущества и недостатки. Рассмотрим их.

Способ регулирования симистором:

Достоинства

- Простота управления;
- Дешевизна и доступность элементной базы.

Недостатки

- Помехи в сети при отпирании УЭ;
- Отсутствие возможности аварийного выключения УЭ.

Способ регулирования транзистором:

Достоинства

- Небольшие тепловые потери на УЭ;
- Возможность произвольного выбора момента отпирания и запирающего УЭ.

Недостатки

- Дорогие УЭ;
- Требуется выпрямление напряжения;
- Помехи в сети при переключении УЭ;

- Требуется защита от импульсных помех приводящих к пробое УЭ.

После анализа всех данных мной было принято решение применить в качестве УЭ симистор.

Для реализации всех необходимых функций устройства применение микроконтроллера более чем обоснованно. Проведя некоторый обзор доступных и дешевых микроконтроллеров и оценив на основании своего опыта приблизительный объем бедующего ПО, выбираю PIC10F200(220).

С целью минимизировать тепловые потери схемы в качестве блока питания выбираю конденсаторный параметрический стабилизатор напряжения, который в некоторой степени будет являться снаббером для симистора.

Для обеспечения теплового режима схемы симистор выбирается с большим запасом по току (не менее 4-х раз). Для обеспечения защиты от бросков напряжения симистор должен быть рассчитан на напряжение не менее 600В. Ток управления симистором не должен превышать 50 мА. Для минимизации количества компонентов необходимо применение симисторов нового поколения «snubberless», не требующих применения дросселя и цепи снаббера. Такие симисторы обычно предназначены для работы в 1-2-3 квадрантах, что необходимо учесть при разработке схемы блока питания (БП) и схемы управления УЭ, так же, схема, рассчитанная на 3-х квадрантные симисторы будет работать и с 4- квадрантными без доработки и модификации программного обеспечения (ПО). Учитывая, что нагрузочная способность порта микроконтроллера составляет $\leq 25\text{mA}$ необходимо объединить 2 порта в параллель для обеспечения тока управления до 50мА.

В результате мной была синтезирована схема электрическая принципиальная, приведенная на рис.1

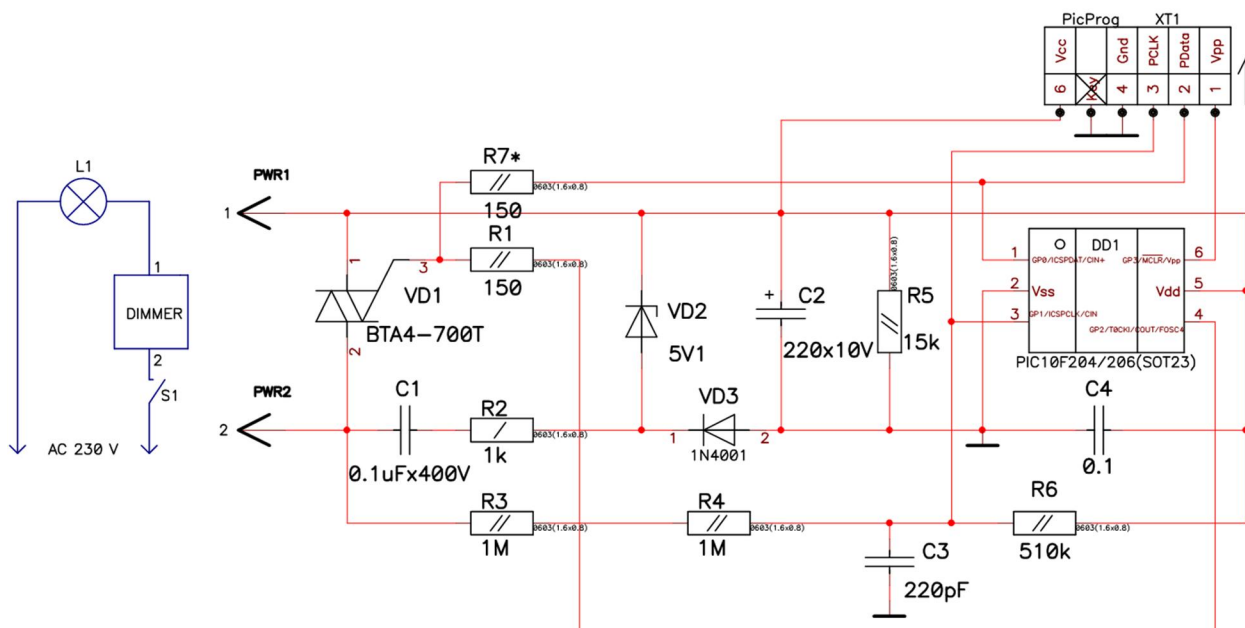


Рисунок 1 – Схема электрическая принципиальная разработанного устройства.

Элементы схемы рассчитаны с условием максимальной нагрузки и минимального напряжения в электросети, то есть для наихудших случаев.

Описание алгоритма работы устройства

При подаче питания программно анализируется и измеряется частота сети. Частота сети не может быть за пределами 50 ± 10 Гц, т.к. это приведет к повреждению или неработоспособности схемы.

Система синхронизации в данном устройстве реализована на принципе обнаружении начала только одного полупериода – отрицательного. После чего происходит выдержка времени до включения симистора, затем таймер отсчитывает время полупериода и снова включается симистор, что обеспечивает работу схемы в положительной полуволне сетевого напряжения. Данный подход прост для реализации и позволяет однозначно и надежно определять изменения в сети, в том числе и обнаружение ненагруженного трансформатора.

После измерения частоты устройство переходит в нормальный режим работы – прогрев спирали 0,5 с и плавное включение до максимальной яркости за 1,5с. При нормальных условиях работы устройство обеспечит автоматическое отключение нагрузки через 12 часов, и будет находиться в выключенном состоянии до полного сброса – отключения питания более чем на 3с.

При кратковременных сбоях в сети: нарушении очередности поступления фаз, сбой частоты, кратковременные перерывы (до 10 длительностей полупериода) устройство произведет пересинхронизацию и возобновит работу на той же яркости. Таймер обратного отсчета времени при этом не сбросится.

При пропадании сигнала синхронизации на период более чем 10 полупериодов сетевой частоты, произойдет переход устройства в режим установки яркости (в данный режим устройство переводиться кратковременным переводом выключателя в положение ВЫКЛ.). В этом режиме будет происходить плавная (в 2 раза медленнее, чем при простом включении) перестройка яркости от минимума к максимуму и обратно с замиранием на 0,5с в крайних положениях. Данная перестройка повториться 3 раза (3 до макс. и 3 до мин.) после чего устройство вернется к работе с прежней настройкой яркости – режим возврата к предыдущим настройкам. Для фиксирования желаемого уровня освещения достаточно еще раз кратковременно перевести выключатель в положение ВЫКЛ. на нужной яркости, после чего, выбранный уровень будет записана в память, устройство перезапуститься, и продолжит работу с выбранным параметром яркости. Для возврата к настройкам по умолчанию, достаточно на 3 секунды перевести выключатель в положение ВЫКЛ.

При работе с нагрузкой в виде трансформатора (обычный индукционный трансформатор) и включенными за ним галогеновыми лампами существует вероятность того, что нагрузка может быть отключена, например в случае перегорания лампочки. При симисторном управлении в таком случае может произойти так называемый эффект однополупериодного выпрямления, в результате которого трансформатор начнет запитываться постоянным током, что приведет к его разогреву и может стать причиной пожара. Для защиты от подобных ситуаций в устройстве предусмотрен механизм обнаружения пропадания нагрузки за трансформатором. Работа механизма основана на том, что ненагруженный трансформатор по своим параметрам приближается к идеальной индуктивности, в результате чего, напряжение через индуктивность задерживается на время полуволны сетевого напряжения. При обрыве нагрузки как раз и происходит этот сдвиг прихода следующей фазы, который и обнаруживается программно. После обнаружения такого сдвига устройство пытается пересинхронизироваться, как в случае обычной ошибки сети. После синхронизации, при отпирании симистора происходит сдвиг фазы, что приводит к обнаружению ошибки сети, и процедура пересинхронизации повторяется снова. В результате чего схема не

может запускаться и таким образом обеспечивается защита от пуска ненагруженного трансформатора.

Наладка и программирование

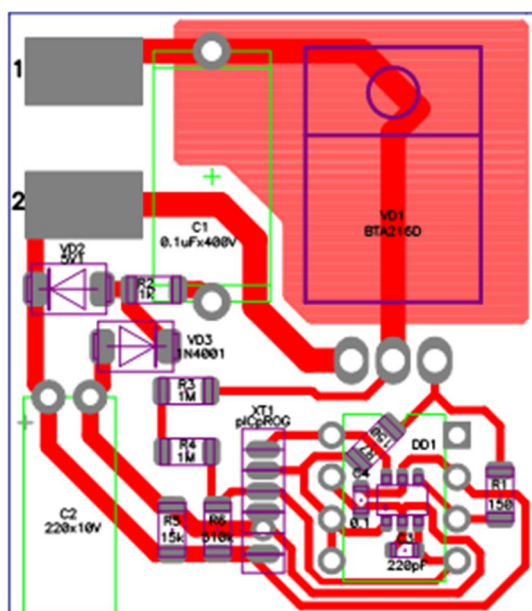
Наладка схемы заключается в проверке правильности монтажа компонентов. Для программирования на плате необходимо применение пружинного игольчатого контактного соединения, например как на рис.2.



Рисунок 2 – Игольчатый контактный соединитель для внутрисхемного программирования.

При монтаже не устанавливаются компоненты C3 и R7 т.к. они могут мешать программированию. После программирования контроллера их необходимо установить.

В случае появления мерцания на полной яркости, необходимо увеличить емкость конденсатора C1. Если планируете применять симисторы с малыми токами отпирания R7 можно не устанавливать. R5 обеспечивает разрядку конденсатора питания и определяет время сброса схемы.



Печатная плата (ПП), рис.3 выполнена из фольгированного стеклотекстолита толщиной 1 мм. Компоненты обведённые зеленым цветом устанавливаются на тыльной стороне платы.

Симистор необходимо припаять к полигону на ПП для лучшего отвода тепла. ПП можно расположить в корпусе подходящего размера или поместить в термоусаживаемую трубку.

В зависимости от типа применяемого симистора необходимо провести расчет тока управления. Для этого необходимо пересчитать сопротивления резисторов R1 и R7. В статье приведен расчет для тока 50 мА.

Рисунок 3 – Печатная плата устройства и расположение компонентов на ней.

Правила безопасности

Внимание, устройство имеет гальваническую связь с сетью электропитания.

Устройство предназначено для работы только с лампами накаливания и обыкновенными трансформаторами. Электронные трансформаторы и энергосберегающие лампы, а так же лампы дневного света любой конструкции подключать запрещено!

С лампочками, мощностью менее 40Вт устройство будет работать не корректно!

Будьте осторожны при монтаже, наладке и программировании. Соблюдайте правила электробезопасности!