

Схема для мягкого включения ламп накаливания

Лампа накаливания считается многими самой обычной резистивной нагрузкой, однако это совсем не так. Производители выключателей, реле, электромагнитных пускателей и полупроводниковых реле указывают в каталогах, что при включении ламп накаливания из-за возникающих перегрузок необходимо правильно выбирать коммутационный элемент.

В самом деле, согласно законам физики проводники при нагреве увеличивают свое удельное сопротивление. Холодная нить лампочки накаливания имеет в 8–10 раз меньшее сопротивление, чем та же нить, разогретая до желтого (а в галогенных лампах до белого) цвета свечения. При включении лампочки в начальный момент, пока нить холодная, бросок тока через лампу будет на порядок больше рабочего тока, а это приводит к таким последствиям:

- на протяжении 0,2–0,4 с на нити лампы выделяется мощность, превышающая рабочую мощность лампы в 10 раз, что вызывает кратковременный, но сильный перегрев нити лампы;
- бросок тока приводит к динамичес-

ким нагрузкам в нити накаливания: нить подвергается ударной деформации и скачкообразному удлинению. Вольфрам, из которого сделаны нити накаливания – металл хотя и тугоплавкий, но хрупкий. При работе лампочки он постепенно испаряется, спираль становится тоньше и очередной динамический удар при включении может ее просто оборвать.

Все это отрицательно сказывается на сроке службы ламп, ведь известно, что лампочки чаще всего перегорают в момент включения, когда испытывают очередную перегрузку. При работе лампочек на постоянном токе (например, в электрических фонарях и в автотранспорте) проблема и последствия остаются теми же. Кстати,

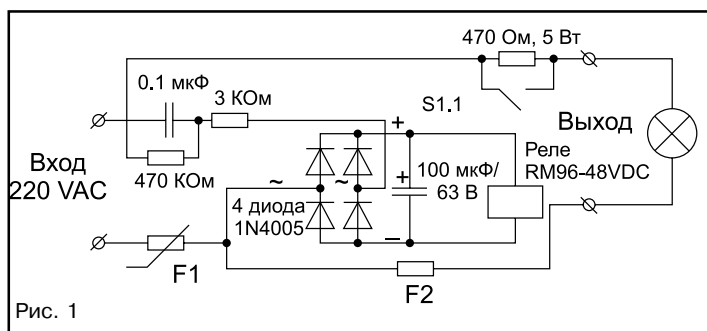
весьма дорогие автомобильные галогенные лампы иногда включают через специальные пусковые устройства, предназначенные для плавного включения.

Сменить сгоревшую лампочку – не проблема, если речь идет о дешевой лампочке, освещающей обычное помещение с низким потолком. Но если до светильника сложно дотянуться (как, например, в театральной люстре) или лампочка дорого стоит, то частая замена сгоревших лампочек оказывается очень нежелательна. Есть и особо ответственные лампочки, установленные в бакенах, фарватерных маяках, световой индикации на высоковольтных линиях и высотных сооружениях – там для смены ламп приходится нанимать верхолазов и другой специальный персонал.

Между тем, есть способ существенно продлить жизнь лампочек при помощи исключительно простой схемы, приведенной на рис. 1. Схема представляет собой включенный последовательно с лампой накаливания балластный резистор (в частности, на схеме показан резистор 470 Ом, 5 Вт) и реле времени в его наиболее простом варианте.

Работает схема следующим образом. Устройство установлено в разрыв провода питания лампочки и может включаться обычным выключателем, который на схеме не показан. Цепь из пленочного конден-

сатора 0,1 мкФ (с рабочим напряжением 400 В), резистора 3 кОм (который ограничивает бросок тока через конденсатор) и диодного моста предназначена для питания электромагнитного реле. Резистор, установленный параллельно конденсатору, служит для быстрого разряда пленочного конденсатора между соседними включениями. При указанных на схеме номиналах и реле типа RM96 производства Relpol, с высокой чувствительностью, в установленном режиме на катушке реле будет напряжение около 42 В. Большой электролитический конденсатор, установленный после диодного моста, с момента подачи на вход напряжения начинает медленно заряжаться (научно говоря, с постоянной времени, обусловленной ограничителем тока на входе диодного моста), и реле срабатывает с временной задержкой относительно момента подачи на вход напряжения 220 В. Для конденсатора емкостью 100 мкФ получается задержка включения реле около 0,6 с. Как только реле срабатывает, его контакт S1.1 замыкает балластный резистор и на нагрузку (читай – лампочку) поступает полное сетевое напряжение.



При снятии питания со входа схемы лампа выключается мгновенно, а реле временно – с задержкой.

Итак, при включении лампы накаливания через данное устройство:

- на протяжении 0,6 сек ток через нагрузку (лампу) ограничен сопротивлением балластного резистора, нить накала лампы подогрывается ограниченным током и подготавливается к подаче полного напряжения питания;
- после срабатывания реле балластный резистор замыкается накоротко, и на подогретую лампочку поступает полное напряжение сети 220 В, однако лампочка уже предварительно прогрета и не испытывает динамических и термических перегрузок.

Как выбрать правильное сопротивление и мощность балластного резистора? Проще всего рассчитать суммарную мощность включаемых ламп накаливания и вычислить рабочий и пусковой ток. Балластный резистор должен ограничивать ток в “холодных” лампах на уровне около 100% от номинального рабочего тока. Например, для лампы накаливания мощностью 100 Вт рабочий ток равен 0,46 А, а пусковой ток через холодную лампу равен примерно 5 А. Выбрав балластный резистор с сопротивлением 470 Ом, мы ограничиваем ток через холодную лампу на уровне 0,4 А (с учетом сопротивления холодной лампы около 48 Ом) и обеспечиваем плавное включение лампочки без броска тока.

Мощность балластного резистора должна быть более 2 Вт, потому что на балла-

сте на протяжении времени задержки включения 0,6 с рассеивается значительная мощность: для резистора 470 Ом мгновенная мощность на балласте равна 100 Вт! Однако если лампа включается не чаще одного раза в минуту, то вполне достаточно одного резистора мощностью 2 Вт. Хотя для обеспечения запаса по мощности, лучше всего использовать импортные керамические резисторы мощностью 5 Вт, или набрать блок требуемой мощности из нескольких менее мощных резисторов, например МЛТ-0.5.

Всякая высоковольтная, мощная и греющаяся электротехника потенциально опасна в эксплуатации, поэтому в схему включены два предохранителя: F1 – термомпредохранитель с температурой срабатывания 105°C; F2 – обычный плавкий предохранитель (выбран на ток 10 А). Термомпредохранитель F1 закреплен нейлоновым хомутиком-стяжкой на балластном резисторе, и если балласт по какой-то причине перегреется, то F1 оборвется, отключит всю схему от сети и пожара не случится. Можно порекомендовать использовать немецкие термомпредохранители (имеют надпись на корпусе “SEFUSE” и число, равное температуре срабатывания в градусах). Аналогичные предохранители стоят во всех кофеварках и электрочайниках и гарантируют надежную защиту. При аварии в нагрузке спасает F2, отключая короткозамкнутую нагрузку от схемы.

Всю схему можно собрать на кусочке гетинаксовой макетной платы, обернув ее в пластиковую термоусадочную трубку и прогреть полученную конструкцию до получения надежной изоляции. При помощи “люстровых” клемм я включил схему в настольную лампу и пронаблюдал работу данного устройства на протяжении полугода: все работало и работает безотказно. Габариты схемы вместе с балластным резистором получаются довольно небольшие, что позволяет встроить плату в подставку почти любой настольной лампы или в подвесную светильник. Печатную плату я не делал в связи с недостатком времени и желания ставить схему на поточное производство, хотя среди моих знакомых медленно нашлись желающие собрать и применить такое устройство.

Схема повторена во многих десятках вариантов и исправно защищает домашние лампочки накаливания. При включении схемы на входе трансформатора для “галогенок” полезный эффект плавного включения также проявляется в полной мере. Отмечу: я попробовал эту схему даже на входе электронного блока питания галогенных ламп, электроника отреагировала нормально и низковольтные “галогенки” включались плавно. На высоковольтных (220 В) галогенных прожекторах схему мне испытать не удалось, но думаю, что и здесь никаких сложностей не предвидится. Любопытства ради, я включал через эту схему электромотор, а именно пылесос с паспортной мощностью 1300 Вт, наблюдая за напряжением в питающей сети с помощью

осциллографа: мягкий пуск электромотора предотвратил бросок тока (как это, собственно, и ожидалось), что дает возможность использовать такую схему в качестве дешевого устройства плавного пуска. Я не проверял схему с трехфазными моторами, но там теоретически никаких препятствий не ожидается, необходимо только хорошее силовое реле с тремя контактами на замыкание. Я присмотрел уже такое реле, но схему проверить не успел. Здесь, между прочим, есть простор для эксперимента, потому что готовые промышленные устройства для плавного пуска электромоторов мощностью более 500 Вт стоят, мягко говоря, недешево. Плавный пуск существенно повышает срок службы и надежность электромоторов (например, меньше удар по обмоткам ротора при включении, что благотворно действует на изоляцию проводов обмотки, ведь изоляционный лак со временем становится все более хрупким), поэтому полезно иметь такой “стартер” во всех электродвигателях.

Максимальная нагрузка для данной схемы определяется только реле и косвенно защитным предохранителем. У реле RM96 контакты рассчитаны на ток до 8 А, так что к выходу можно подключить нагрузку мощностью до 1,5 кВт. Контакт реле работает в этой схеме практически без нагрузки (без искрения), так что рабочего ресурса реле в 300 тысяч коммутаций (для RM96) должно хватить на много лет. Термомпредохранители рассчитаны на 10 А, так что с ограничением мощности проблем и здесь не возникнет.

Что делать, если нагрузку необходимо переключать часто? При этом балласт греется, и двухваттный резистор уже не обойдется. Совет такой: выбирайте балласт с запасом по мощности. Средняя мощность, рассеиваемая на балластном резисторе, может быть приблизительно (без учета сопротивления “холодной” нагрузки) рассчитана по такой формуле:

$$P_{\text{балласта}} = (U^2 \cdot t_{\text{задержки}}) / (R_{\text{балласта}} \cdot T_{\text{коммутации}}),$$

где: $P_{\text{балласта}}$ – средняя мощность на балластном резисторе, Вт;

U – напряжение на входе схемы, В;

$t_{\text{задержки}}$ – время задержки включения нагрузки, сек;

$R_{\text{балласта}}$ – сопротивление балластного резистора, Ом;

$T_{\text{коммутации}}$ – период коммутации (время между двумя соседними включениями нагрузки), сек.

Для схемы, показанной на рисунке, при включении 100-ваттной лампочки в сеть 220 В один раз в три секунды, средняя мощность тепловых потерь в балластном резисторе будет на уровне 15 Вт. При включении лампы один раз в минуту тепловые потери в балластном резисторе не превысят 1Вт (двухваттный резистор при этом будет просто теплым). Вторая часть проблемы: реле времени не только включается, но и выключается с задержкой, поэтому при частой коммутации оно не успеет выключиться и защитного эффекта не будет.

Автор будет рад, если читатели, повторившие схему, пришлют свои отзывы. В особенности интересно применение схемы для плавного пуска электродвигателей, здесь есть о чем подумать.

Дмитрий
Малиновский
eltim@mail.wplus.net