

IRPLLNR1 — высокоэффективный электронный балласт для флуоресцентных ламп на базе драйвера IR2153

Эта статья открывает цикл публикаций по современной элементной базе для высокоэффективных электронных балластов, методам их проектирования и практической реализации, предлагаемых компанией International Rectifier. Следите за нашими публикациями.

Владимир Башкиров

Представительство IR
irmoscow@online.ru

Электронные балласты (электронные пускорегулирующие аппараты) благодаря своим преимуществам по отношению к пассивным электромагнитным балластам являются наиболее перспективным средством управления газонаполненными лампами. Среди этих преимуществ следует в первую очередь отметить более существенное повышение КПД (освещенность увеличивается на 40%), надежности и срока службы лампы; возможность работы в сетях переменного и постоянного тока с широким диапазоном изменения напряжения, отсутствие в световом потоке частот, кратных частоте сети. В силу этих преимуществ электронные балласты успешно применяются в светильниках на метрополитене, железнодорожном транспорте и на производствах, где используется синхронный электропривод, несмотря даже на более высокую в настоящее время цену. Экономически оправдано их применение сейчас и для освещения общественных зданий и производственных площадей (меньшее на 40% число светильников при равной освещенности).

С целью помощи разработчикам в освоении схемотехники современных электронных балластов

Введение

компания International Rectifier разработала высокоэффективный электронный балласт IRPLLNR1 для самых массовых флуоресцентных ламп линейного типа (2 лампы по 40 Вт), отвечающий всем перспективным техническим требованиям. Балласт IRPLLNR1 является законченной разработкой, которая может быть использована как в качестве справочного пособия по проектированию для сокращения времени проектирования и освоения серийного производства, так и просто для воспроизведения. Вся техническая документация на этот балласт предоставляется бесплатно и может быть использована без каких-либо ограничений.

Функциональная схема

IRPLLNR1 (рис. 1) состоит из узла корректора коэффициента мощности, узла управления балласта, выходного каскада и схемы защиты. Корректор коэффициента мощности выполнен по схеме повышающего конвертора, работающего с переменной частотой и в непрерывном режиме.

Блок управления балласта обеспечивает частотно-модулированное управление традиционным последовательно-параллельным резонансным ламповым каскадом RCL и легко адаптируется к различным типам ламп. Схема защиты состоит из детектора тока лампы и логического компаратора для безопасного выключения и «мягкого» автоматического перезапуска.

Корректор коэффициента мощности

Узел корректора коэффициента мощности состоит из м/сх контроллера коэффициента мощности LX1562 производства фирмы Linfinity, мощного полевого транзистора (МОП ПТ) M1, индуктивности L3, диода D5, конденсатора C8 и дополнительных чувствительных, компенсационных и подающих напряжение смещения компонентов (рис. 2). Тип контроллера был выбран по соображениям минимальной стоимости дополнительных компонентов, низкого стартового тока и наличия усилителя ошибки. В узле корректора используется топо-

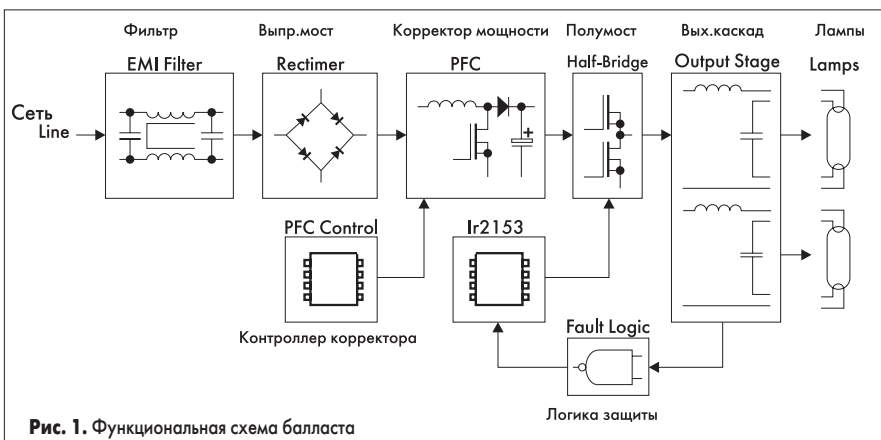


Рис. 1. Функциональная схема балласта

Электрические характеристики

Тип лампы	T12 2×40 Вт
Напряжение питания сети переменного тока, В	90–255
Частота сети, Гц	50–60
Напряжение питания сети постоянного тока, В	100–350
Потребляемая мощность, Вт	80±6
Коэффициент коррекции мощности, %	0,99
Полный коэффициент гармоник, %	< 15
Частота при подогреве катода в рабочем режиме, кГц	5039±1,2
Выходное напряжение при подогреве катода в рабочем режиме, В	350100
Время подогрева, с	2
Напряжение зажигания, В	1200, макс
Температура эксплуатации, °С	0 до +50

Примечания:

- для ламп другого типа необходимо изменение схемы балласта и номиналов его компонентов;
- для получения данных величин необходима подстройка схемы.

логия повышающего конвертора для повышения и регулирования постоянного напряжения на шине так, чтобы поддерживать форму входящего из питающей сети переменного тока близкой к синусоидальной (низкий коэффициент гармоник) синфазно с переменным сетевым напряжением (высокий коэффициент коррекции мощности). Информация о зарядном токе индуктивности L3 поступает с резистора R7 в исток транзистора M1 при переходе тока индуктивности через нулевое значение и во время заряда конденсатора C8, соединенного с шиной постоянного тока, снимается со вторичной обмотки L3. В результате обработки этих сигналов корректор обеспечивает непрерывный режим свободных колебаний, а величина индуктивности и тока индуктора может быть определена из выражений (1, 2).

$$L3 = \frac{U_{вх}^2 (U_{вых} - \sqrt{2U_{вых}}) \eta}{2P_{вых} U_{вых} f_s \pi}; \quad (1)$$

$$I_p = \frac{P_{вых} \sqrt{2}}{U_{вх мин} \eta}, \quad (2)$$

Где

h — КПД;

$U_{вх}$ — номинальное входное напряжение переменного тока;

$U_{вых}$ — напряжение на шине постоянного тока;

$P_{вых}$ — мощность ламп;

f_s — частота переключения.

Для рассчитанного по формулам индуктора (L3) должен быть выбран такой сердечник, чтобы его насыщение не происходило даже в случае наибольшего возможного тока индуктивности (I_p) для выбранного диапазона питающих напряжений.

При универсальном питании повышающий индуктор должен быть рассчитан на максимальную величину пикового тока, который протекает при наименьшем допустимом напряжении сети (~90 В). Вследствие широкого диапазона входных напряжений его характеристики могут изменяться. Рекомендуется рассчитывать индуктивность повышающего индуктора для точного значения выбранного напряжения питания плюс допуск ($\pm 15\%$).

Узел управления балластом

Узел управления балластом включает управляемый напряжением генератор (Q1, C20, D9 и C13), подключенный к м/сх контроллера IR 2153 и программируемый на различные рабочие частоты с помощью резистивного делителя (R17, R41, R42, R51, C12). Он управляет ламповым резонансным выходным каскадом (L4, C21, L5, C23) в режимах предварительного подогрева, зажигания и рабочем режиме с помощью изменения напряжения на базе Q1 и, следовательно, частоты переключения полумостовой схемы. Во время режима предварительного подогрева частота переключения полумоста устанавливается значением R42, и она постоянна на время, определяемое временем зарядки конденсатора C28 до порогового напряжения. Таким образом, катоды лампы прогреваются до температуры эмиссии, прежде чем произойдет поджиг лампы. Это увеличивает срок службы лампы и уменьшает значения напряжения и тока, необходимые для зажигания лампы, мягко понижая максимальное напряжение и ток резонансно-

го выходного каскада и полумоста на МОП ПТ (M4, M5). Когда напряжение на конденсаторе C28 превысит пороговое напряжение (напряжение на C10), резистор R51 переключается на «землю» через компаратор IC4 (вывод 2), мгновенно сбрасывая напряжение на базе Q1, снижая таким образом частоту переключения ниже резонансной для поджига лампы. Частота зажигания — это минимальная частота генератора, определяемая как

$$f_{заж} = \frac{1}{1,13(C13)(R20+75)} \quad (3)$$

На протяжении работы балласта в режиме поджига C12 заряжается значительно медленнее, чем C20. Результирующее напряжение на базе Q1 возрастает после зажигания на величину, определяемую параллельно соединенным резистором R51. Он устанавливает окончательную частоту схемы, когда лампа питается на рекомендованном изготовителем уровне мощности. Рабочая частота лампового резонансного выходного каскада определяется как

$$f_{рез} = \frac{1}{2p} \sqrt{\frac{1}{LC} - 2\left(\frac{P_n}{CU_n}\right)^2} + \sqrt{\left[\frac{1}{LC} - 2\left(\frac{P_n}{CU_n}\right)^2\right]^2 - 4\frac{1 - \left(\frac{2U_w}{U_n p}\right)^2}{L^2 C^2}}, \quad (4)$$

где

L — индуктивность резонансного контура лампы, Гн;

C — емкость резонансного контура лампы, Ф;

P_n — рабочая мощность лампы, Вт;

U_n — амплитуда рабочего напряжения лампы, В;

$U_{ш}$ — напряжение шины постоянного тока, В.

Схема защиты

Схема защиты включает две м/сх счетверенных компараторов (IC2 и IC4), фильтр детектора тока (R21, R22, C16 и D12), схему защиты при замене лампы (R23, R24, R25, R26, D16 и C22) и датчиков перегрузки по току (R47, R48, R49, R43, R44, R46, D10 и D19). Фильтр детектора тока выпрямляет и интегрирует измеряемый резонансный ток лампы в исток МОП ПТ нижнего плеча полумоста и сравнивает его с фиксированным пороговым напряжением. Ток должен превысить порог срабатывания в случае токовой перегрузки, обусловленной незажженным состоянием лампы или при ненулевом напряжении переключения полумоста, обусловленным отсутствием контакта или обрывом одного из катодов лампы. В этом случае напряжение на выводе СТ м/сх IR2153 фиксируется на уровне ниже внутреннего порога срабатывания (1/6 от $U_{сс}$), и балласт выключается.

В случае замены лампы триггер-защелка обнуляется схемой защиты при замене лампы, и напряжение на выводе СТ м/сх IR2153 удерживается ниже напряжения внутреннего порога срабатывания, но не в «зафиксированном» положении. Когда вставлена новая лампа, балласт автоматически начинает работать без перезапуска напряжения входной линии. При удалении лампы частота работы балласта устанавливается на значение частоты режима предварительного подогрева,

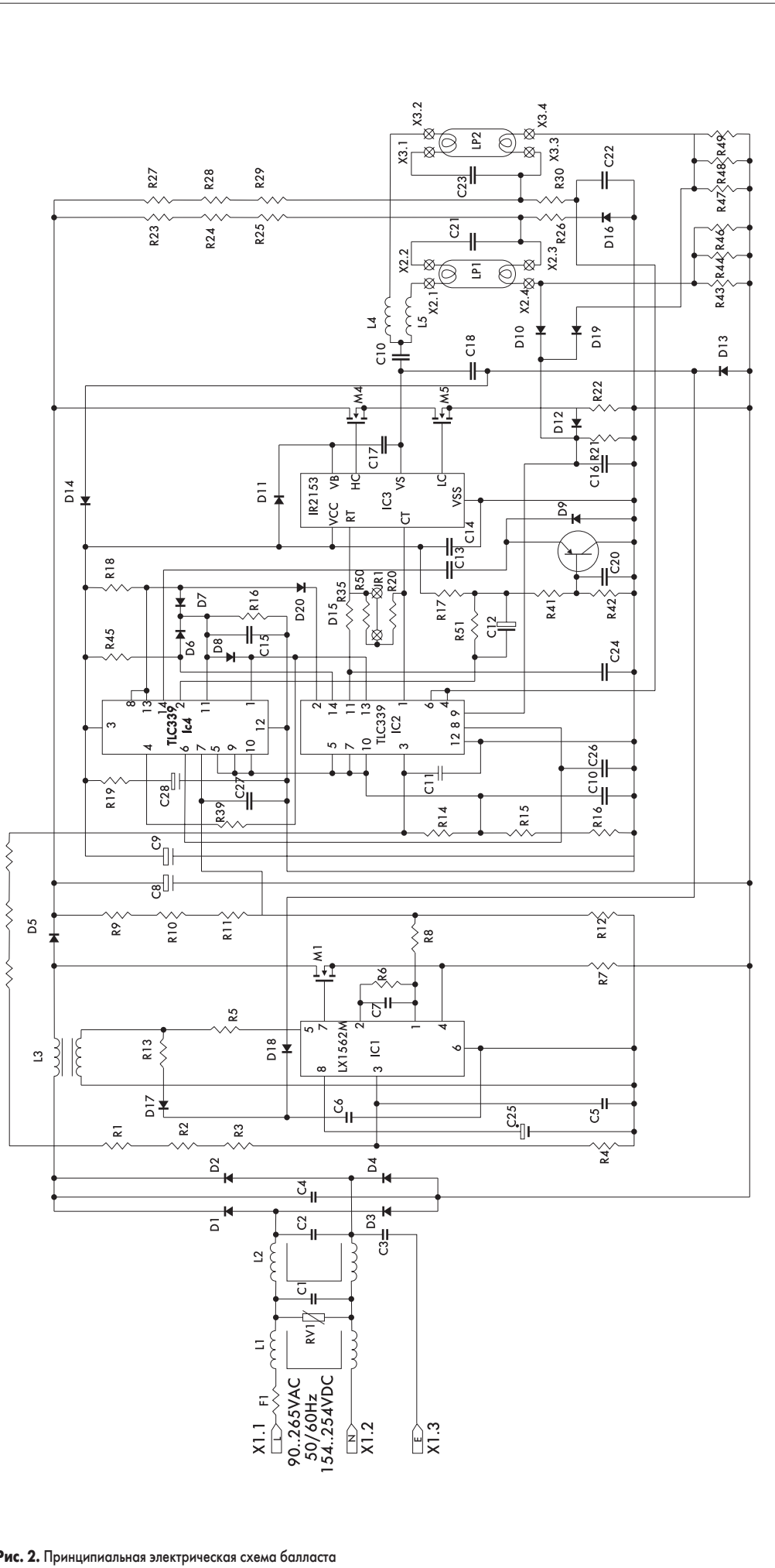


Рис. 2. Принципиальная электрическая схема балласта

чтобы избежать выхода из строя ключей полумоста вследствие работы на частоте ниже резонансной, что может случиться в момент установки новой лампы.

Для двухлампового балласта вторая схема защиты при замене лампы присоединяется ко второй лампе (R27, R28, R29, R30) и ее выходной сигнал логически складывается с сигналом от первой лампы. При удалении любой из ламп во время работы балласта он выключается.

В случае обрыва верхнего катода любой из ламп во время нормальной работы на полумосте возникает ненулевое напряжение, которое фиксируется фильтром детектора тока, расположенным на истоке нижнего МОП ПТ. Оба транзистора полумоста выключаются.

Если постоянное напряжение на шине уменьшается ниже фиксированного порогового напряжения в случае понижения сетевого питающего напряжения, частота работы балласта переходит на значение частоты предварительного подогрева для осуществления переключения полумоста при нулевом напряжении, и защелкивание схемы становится невозможным. Это предотвращает балласт от повреждений при быстрых изменениях питающего напряжения или пониженном напряжении питающей сети.

Настройка балласта

Потребляемая мощность балласта при серийном производстве в значительной степени будет зависеть от точности подбора значений C, L, U_{шт}, f_{раб} и параметров ламп. Поэтому рекомендуется настройка балласта. Для этого предназначена изолированная перемычка (JP1), подключенная параллельно резистору R50. Если финальная рабочая частота превосходит номинальную специфицированную (39 кГц) более чем на 4 %, потребляемая балластом энергия может быть недостаточной, балласт может не зажечь лампу и/или отключиться по признаку «не зажигания». В связи с тем, что вывод ИС IR2153 RT (R20) задает минимальную частоту работы балласта, это соотносится с частотой зажигания. Если же частота слишком высока, то суммарное напряжение на лампе может быть слишком низким, чтобы зажечь ее, а ток — слишком малым, чтобы достичь порога срабатывания системы защиты. При сдвиге рабочей частоты балласта вверх или вниз в ту же сторону сдвигаются и частоты других режимов. В случае необходимости перемычка JP1 может быть перерезана, и, таким образом, резистор R50 будет включен последовательно с резистором R20. Частоты работы в системе при этом несколько снижаются. Потребляемая мощность работающей лампы, напряжение и ток зажигания возрастают. Все эти параметры должны тщательно тестироваться при испытаниях в процессе изготовления.