

ЭЛЕКТРОННЫЕ БАЛЛАСТЫ ЛЮМИНЕСЦЕНТНЫХ ЛАМП. ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ. СХЕМОТЕХНИКА

Тихомиров Ю.П.

ЗАО «Петушинский металлический завод», г.Петушки, Владимирской обл., Россия.
Тел. 921-4060464, E-mail: yuri_tikh@mail.ru

Аннотация. В статье дается обзор существующих технических решений по корректорам коэффициента мощности, показана взаимосвязь примененного типа корректора с включением лампы светильника и его параметрами, в том числе, с энергоэффективностью (ЕЕI).

Ключевые слова: люминесцентная лампа; балласт; коэффициент мощности; синфазная помеха; активный ККМ.

Введение

Светильники на люминесцентных лампах в настоящее время стали основным источником света в среде обитания человека. Они вытеснили лампы накаливания в офисных и складских помещениях, в торговых залах супермаркетов, в школах и больничных палатах, в самолетах и космических кораблях и в тысячах других мест благодаря высокой светоотдаче, составляющей 75-90 лм/вт против 12-17лм/вт для ламп накаливания. Но люминесцентные лампы не работают без балласта, энергетические потери в котором снижают общие характеристики светоотдачи системы лампа-балласт. Эти потери характеризуют балласты по энергетической эффективности (ЕЕI), которая определяется отношением мощности на лампе к мощности, потребляемой от сети, т.е. является сравнительной оценкой КПД балласта [1].

Классификация ЕЕI по уровню энергетической эффективности делит все балласты на 7 классов: регулируемые ВЧ -класс А1, нерегулируемые ВЧ – класс А2 и А3, НЧ – классы В1, В2, С и D (балласты классов С и D, как малоэффективные, запрещены к применению в странах ЕЭС).

Электронные балласты имеют более высокую энергетическую эффективность и обладают целым рядом дополнительных преимуществ перед электромагнитными. Главные из этих преимуществ - минимальное или полностью отсутствующее мерцание на частоте 100Гц и высокий коэффициент мощности. Достигаются они за счет питания ламп током ВЧ и локальных схемотехнических решений.

Обобщенная структурно-функциональная схема электронного балласта

Электронный балласт появился более 30 лет назад. За прошедшее время его схемотехнические решения непрерывно совершенствовались, балласты становились надежнее, удобнее в эксплуатации, дополняясь новыми функциями. Неудачные схемотехнические решения отсеивались. В результате, структурные схемы современных электронных балластов стали практически одинаковыми [2], основные отличительные особенности определяются схемотехническими решениями контроллеров. Интегральные контроллеры балластов выполняются с жестко заданными связями и алгоритмами работы, ограничивающими возможности разработчиков схемотехники.

Обобщенная структурная схема современного балласта приведена на рис. 1.

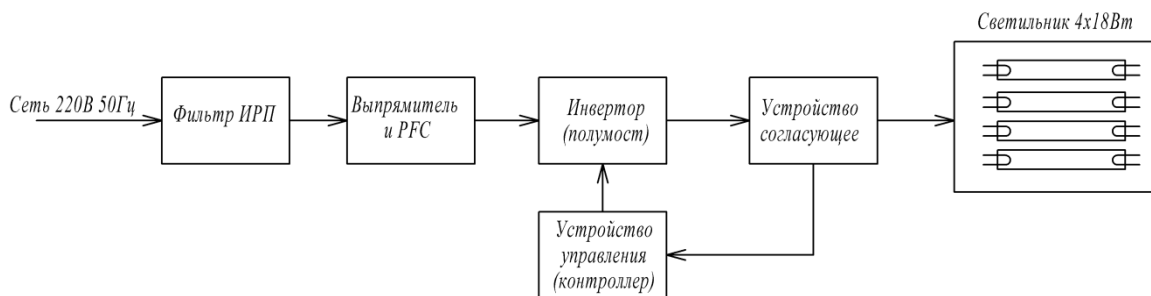


Рис.1 Структурная схема современного балласта

Балласт содержит:

- фильтр промышленной радиопомехи (ИРП), препятствующий прохождению ВЧ помех, создаваемым балластом, в сеть питания;
- выпрямитель (диодный мост), обеспечивающий питание балласта постоянным током, и корректор коэффициента мощности, функцией которого является формирование линейной чисто резистивной характеристики нагрузки для сети питания балласта;
- Инвертор (преобразователь постоянного тока в переменный ток ВЧ – как правило, полумост на МОП или биполярных транзисторах);
- Устройство согласующее (последовательный колебательный контур, выполненный на дросселе и резонансном конденсаторе, включенном параллельно лампе или группе последовательно включенных ламп, входящих в светильник);
- Устройство управления (контроллер), обеспечивающее управление балластом в режимах пуска, зажигания ламп, поддержания рабочего режима и блокировки в аварийных ситуациях.

Схемотехнические решения основных узлов балласта

1. Фильтр ИРП

Плата балласта со всеми ее элементами и проводниками имеет довольно большую собственную емкость относительно корпуса. Эта емкость переключается выпрямительным мостом то на ноль сети, то на фазу. При переключениях, на обеих входных клеммах синфазно, генерируется помеха (помеха общего вида). Подавление этой помехи выполняют LC-фильтры на синфазных дросселях, представляющих собой 2 одинаковых катушки индуктивности, намотанных на общем сердечнике в одну и ту же сторону. Ток питания балласта протекает по одной катушке в прямом направлении, а по второй – в обратном. Низкочастотная составляющая тока катушек не насыщает сердечник, так как магнитные потоки в таком дросселе взаимно вычитаются. Для синфазной помехи катушки включены параллельно, и индуктивность, внесенная в цепь помехи общего вида, равна половине индуктивности каждой катушки. В то же время, для разностной ИРП индуктивность такого дросселя равна нулю, так как магнитные потоки, создаваемые катушками, в сердечнике взаимно вычитаются и не создают магнитного поля. Поэтому, для подавления разностной ИРП, создаваемых балластом, необходимы дополнительные LC фильтры. Фильтр, содержащий все необходимые звенья, приведен на рис. 1.

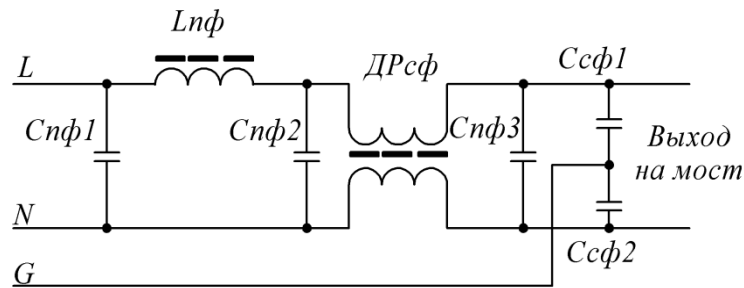


Рис.2. Фильтр индустриальной радиопомехи

Фильтр ИРП включает в себя П-образный LC фильтр и синфазный фильтр. П-образный фильтр состоит из индуктивности $L_{пф}$ и емкостей $C_{пф1}$ со стороны входных клемм и конденсаторов $C_{пф2}$ и $C_{пф3}$, включенных со стороны нагрузки. Синфазный фильтр включает в себя синфазный дроссель $ДРсф$ и конденсаторы $C_{сф1}$ и $C_{сф2}$.

Такие фильтры применяются практически во всех современных балластах, в том числе, в балластах, выпускаемых Петушинским металлическим заводом.

2. Выпрямитель и корректор коэффициента мощности (PFC)

Выпрямитель представляет собой диодный мост на соответствующий рабочий ток.

Если диодный мост непосредственно нагрузить конденсатором фильтра, сглаживающего пульсации сетевого питания, зарядка конденсатора будет происходить только на пиках напряжения сетевого питания, и ток от сети потребляется короткими импульсами. PF таких приборов составляет 0,5 – 0,6 [3]. Для увеличения коэффициента мощности (PF) в современных балластах применяют корректоры, описанные ниже.

Пассивный PFC

Простейшим корректором коэффициента мощности является пассивный корректор, схема которого приведена на рис.3а, улучшенная схема – на рис.3б.

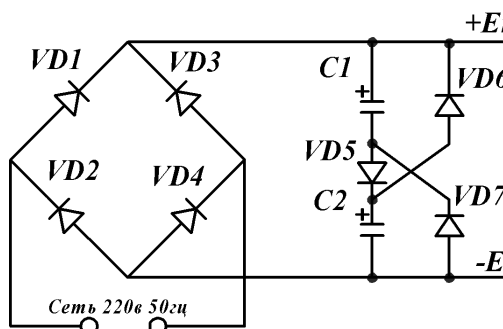


Рис.3а Типовой КKM

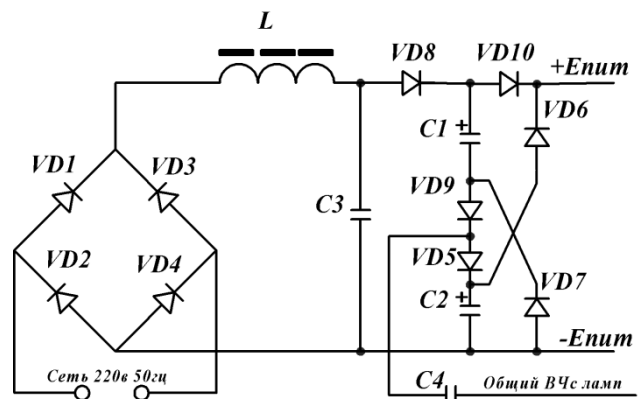


рис.3б КKM с улучшенной ВАХ

Работа корректора поясняется диаграммами рис.4

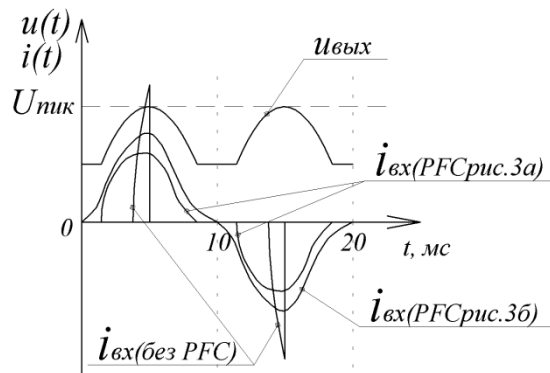


Рис.4. Временные диаграммы работы пассивного корректора

Ток, потребляемый от сети пассивным корректором (рис.3а), состоит из тока нагрузки и тока зарядки конденсаторов С1 и С2. По ходу роста напряжения сети эти конденсаторы заряжаются до пикового значения напряжения сети. Пройдя максимум, напряжение сети снижается. Диод VD5 закрывается, зарядка конденсаторов прекращается, но нагрузка по-прежнему подключена к сети, формируя ток потребления до тех пор, пока напряжение сети не снизится до половины максимума. Диоды VD6 и VD7 открываются, и балласт переходит на питание от включенных параллельно конденсаторов С1 и С2. На интервале питания балласта от С1,С2 ток от сети не потребляется.

С целью улучшения формы кривой тока (рис.3б), особенно при напряжениях менее половины пикового напряжения сети питания, между конденсаторами С1 и С2 ставят 2 диода, и цепь тока ламп замыкают на среднюю точку диодов. Отрицательная полуволна ВЧ тока ламп вызывает появление дополнительного потребления тока от сети, дополнительно заряжающего С1 через VD9 и VD8, а положительная полуволна дополнительно заряжает С2. Фильтр LC3 усредняет ток, потребляемый от сети. Возможны различные варианты исполнения этой схемы.

Для такого корректора коэффициента мощности PF может достигать значения 0,95-0,97, что соответствует требованиям действующих стандартов и существенно выше, чем для простого мостового выпрямителя с конденсатором на выходе. Балласты с такими корректорами обеспечивают класс энергоэффективности А2.

Принципиально неустранимым недостатком пассивного корректора является модуляция выходного напряжения с двойной частотой питания, причем, амплитуда модуляции составляет половину выходного напряжения. В балластах с таким PF-корректором всегда имеет место модуляция светового потока ламп с частотой 100Гц.

Активный PFC повышающего типа

Идеальный PF-корректор должен представлять собой устройство, мгновенное значение входного тока которого пропорционально мгновенному значению входного напряжения в каждый момент времени, а выходное напряжение постоянно [4].

Получить такие характеристики можно с помощью импульсного индуктивного преобразователя повышающего типа. Принцип работы такого преобразователя поясняется принципиальной электрической схемой, которая приведена на рис.5.

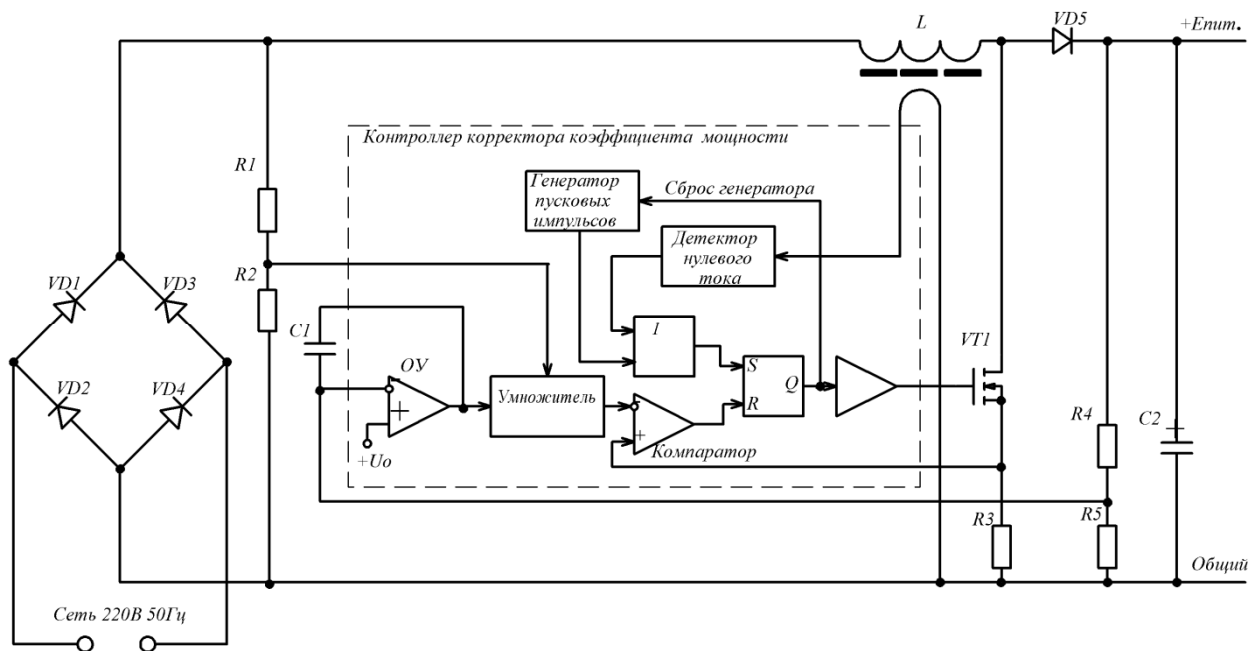


Рис.5 Принципиальная электрическая схема активного ККМ

В этом преобразователе непосредственно к выпрямительному мосту подключен дроссель L , второй вывод которой через диод $VD5$ подключен к конденсатору $C2$ и ключу $VT1$. При включении конденсатор $C2$ зарядится до пикового значения напряжения сети, и меньше напряжение на нем быть не может. Обычно выходное напряжение такого корректора устанавливают 380-400 вольт.

Корректор представляет собой импульсный повышающий стабилизатор постоянного напряжения $+E_{пит.}$, в котором конденсатор выходного фильтра $C2$ заряжается на обратном ходе тока дросселя L , накапливающего энергию при открытом ключе $VT1$ (на прямом ходе) и отдающего ее в $C2$ на обратном ходе, причем, ключ закрывают при достижении током ключа значения, пропорционального мгновенному значению входного напряжения в текущий момент, а вновь открывают в момент прекращения тока дросселя. От сети питания ток потребляется и на прямом, и на обратном ходе.

Такие корректоры коэффициента мощности широко используются, они обеспечивают $PF=0,97...0,99$ при относительных уровнях высших гармоник многократно ниже предельно допустимых уровней для осветительного оборудования. Модуляция светового потока ламп при этом не превышает нескольких процентов.

Включение ламп светильника

Наиболее распространенным светильником для внутреннего освещения сейчас является светильник с 4 лампами по 18 Вт или с 2 лампами по 36 Вт. Балласты строятся так, чтобы их можно было использовать как для светильников 2x36, так и 4x18. Для этого 2 лампы на 18 Вт включают последовательно вместо одной на 36 Вт. В зависимости от напряжения питания балласта, лампы приходится включать или по 2 группы параллельно (рис.6 для напряжения питания 150-200вольт), или все лампы последовательно (рис.7), если напряжение питания 400 вольт и более. Подогрев промежуточных нитей накала ламп в этом случае производится от дополнительных обмоток на дросселе.

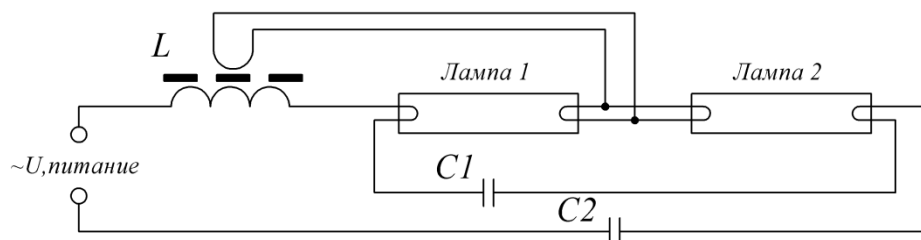


Рис.6 Последовательное включение группы из двух ламп по 18 Вт

Преимущество этой схемы в том, что при перегорании одной лампы выключается только половина светильника. Но тогда при использовании активного корректора коэффициента мощности большая часть выходного напряжения инвертора приложена к дросселям, что сразу же снижает энергоэффективность балласта. Поэтому такие фирмы, как «Филипс», «Осрам» и другие используют последовательное включение всех ламп.

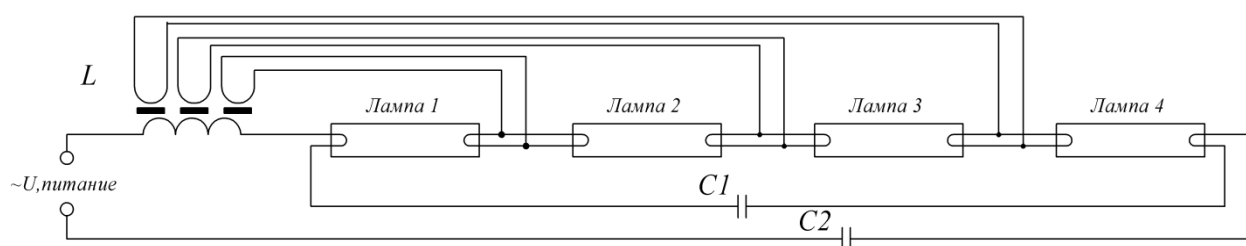


Рис.7 Последовательное включение 4 ламп по 18 Вт

В ходе проработки новых технических решений, наши специалисты разработали обратный корректор коэффициента мощности на базе стандартной микросхемы (L6562), напряжение на выходе которого можно устанавливать в несколько раз ниже пикового значения напряжения питания и управлять его значением. Заявка на выдачу патента подана. Техническое решение может быть использовано для разработки балластов класса энергоэффективности А1, а также для питания светодиодных светильников, в том числе, диммируемым.

Литература

1. Особенности работы газоразрядных источников света в схемах подключения / Сайт компании «Техдизайн». [Мск]. URL: http://www.tehdizain.ru/osobennosti_raboti_gazorazryadnih_istochnikov_sveta_v_shemah_p_odklucheniya-a27.html (дата обращения 02.11.2011)
2. Варфоломеев, Л.П. Электронные пускорегулирующие аппараты и системы управления освещением. Новости светотехники – 2002. – Выпуск 1 (36). – 15 с.
3. Овчинников, Д.А. Пассивные корректоры коэффициента мощности / Д.А. Овчинников, М.Ю. Кастров, А.В. Лукин, Г.М. Малышков, А.А. Герасимов // Практическая силовая электроника. – 2003. – № 9. – С. 17 – 20.
4. Дмитриков, В.Ф. Повышение эффективности преобразовательных и радиотехнических устройств. Учебное пособие. Кафедра теории электрических цепей СПбГУТ им. проф. М.А.Бонч-Бруевича / В.Ф. Дмитриков, В.В. Сергеев, И.Н. Самылин URL: <http://dvo.sut.ru/libr/tec/dmitr/index.htm> (Дата обращения 28.11.2011).

ELECTRONIC BALLASTS FOR FLUORESCENT LAMPS COMPOSITION PRINCIPLE. CIRCUIT DESIGN

Yuri Tikhomirov

Petushinsky metallitshesky zavod, Petushki, Vladimirskaya obl., Russia

Tel. 921 406 04 64, E-mail: yuri_tikh@mail.ru

Abstract. This article gives an overview of existing technical solutions for power factor correction, shows the relationship corrector type applied with lamps connection mode and lights parameters, including Energy Efficiency Index (EEI).

Keywords: fluorescent lamp; ballast; power factor; the common-mode noise; active PFC.