

## **МОДЕРНИЗАЦИЯ ОСВЕТИТЕЛЬНОЙ УСТАНОВКИ ПУТЕМ ЗАМЕНЫ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПУСКОРЕГУЛИРУЮЩИХ АППАРАТОВ НА ЭЛЕКТРОННЫЕ**

**Переломов А.А., студент; Бершадский И.А., доц., к.т.н.**  
(ГВУЗ «Донецкий национальный технический университет», г.Донецк, Украина)

Все газоразрядные лампы имеют падающую вольтамперную характеристику и напряжение зажигания этих ламп, как правило, выше напряжения сети. Поэтому для включения всех газоразрядных ламп (кроме «интегрированных» компактных люминесцентных ламп) требуется специальная аппаратура, обеспечивающая зажигание и стабилизацию тока через лампу. Такая аппаратура получила название пускорегулирующей (далее ПРА).

Сейчас выпускается довольно широкий ассортимент компактных люминесцентных ламп, в которых аппаратура включения объединена с лампой в общую конструкцию, поэтому применение отдельных аппаратов не требуется. Во всех остальных случаях нужны отдельные балластные сопротивления, стабилизирующие ток разряда, и устройства для зажигания разряда.

ПРА в общем случае содержит три компонента: зажигающее устройство, устройство стабилизации тока лампы и устройство, обеспечивающее электромагнитную совместимость источника света и электрической сети.

Стабилизация тока разрядных ламп всех типов обеспечивается за счет включения последовательно с лампой токоограничивающих элементов. В токоограничивающих элементах неизбежно теряется некоторая мощность, не производя полезного действия. Поэтому такие элементы являются пустой, ненужной нагрузкой – балластом.

В принципе, в качестве балласта могут использоваться любые активные, индуктивные или емкостные сопротивления. Но на практике применяются только индуктивные и лишь в специальных ртутно-вольфрамовых лампах – активные в виде нити накала. В качестве индуктивных сопротивлений всегда используются специальные электромагнитные аппараты, называемые дросселями или электромагнитными балластами.

В последние годы получили очень широкое распространение электронные аппараты включения люминесцентных и маломощных металлогалогенных и натриевых ламп. В таких аппаратах совмещены все три функции – зажигания, стабилизации тока и электромагнитной совместимости.

Для обеспечения электромагнитной совместимости ламп с электрической сетью в большинстве случаев используются конденсаторы, включаемые, в основном, прямо на сетевое напряжение параллельно со светильником.

*Электромагнитные пускорегулирующие аппараты.*

Балласт в ПРА для люминесцентных ламп – дроссели или совокупность дросселей и конденсаторов.

В лучших дросселях для ламп мощностью 36 (40) Вт теряется около 6 ватт (примерно 15 % мощности лампы); у маломощных ламп (4-11 Вт) потери мощности в дросселях могут быть равны мощности самих ламп. Поэтому световая отдача ламп в реальных светильниках всегда ниже той, которая указывается в документации. В таблице 1 приведены данные о потерях мощности в дросселях.

Таблица 1 – Потери мощности в дросселях

Класс Дросселя	Потери мощности, Вт		
	С лампой 18 Вт	С лампой 36 Вт	С лампой 58 Вт
D	12	10	14
C	10	9	12
B2	8	7	9
B1	6	6	8

Крупнейшими производителями дросселей в Европе являются фирмы VosslohSchwabe (Германия), Helvar (Финляндия), TridonicAtco (Австрия).

Дроссели создают еще один неприятный момент – сдвиг *φ* между током и напряжением. Напряжение в электросетях имеет синусоидальную форму. Если в лампах накаливания ток всегда совпадает по фазе с напряжением и точно повторяет его форму, то в любом дросселе ток отстает от напряжения на какую-то долю периода, которая измеряется в градусах. Если полный период равен 360°, то «чистый» дроссель вызывает отставание тока от напряжения ровно на четверть периода или на 90°. В совокупности с лампой этот «сдвиг по фазе» всегда меньше 90° и зависит от качества самого дросселя.

На этикетках дросселей во всех странах указывается не угол, на который ток отстает от напряжения при включении дросселя с лампой соответствующей мощности, а косинус этого угла –  $\cos\phi$ , называемый также коэффициентом мощности.

Многие недостатки люминесцентных ламп и дросселей устраняются при использовании *электронных высокочастотных аппаратов включения (ЭПРА)*.

На рисунке 1 показана структурная схема ЭПРА, содержащая все основные узлы: входной фильтр подавления высокочастотных помех 1, выпрямитель 2, корректор формы потребляемого от сети тока 3, управляющий каскад 4, усилитель мощности 5, выходной каскад 6.

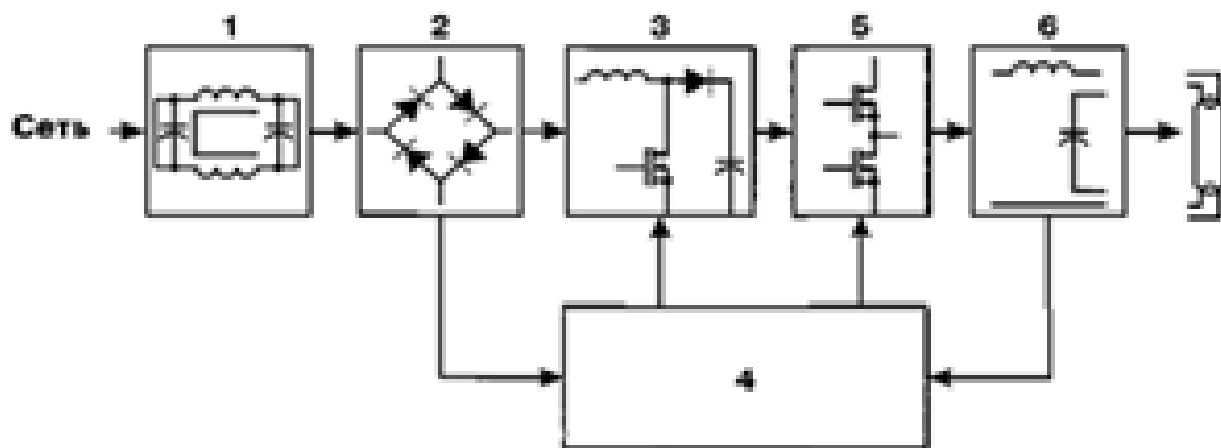


Рисунок 1 – Структурная схема электронного аппарата включения

Для подавления высокочастотных помех, создаваемых ЭПРА в электрической сети, используются П-образные или двойные П-образные фильтры из индуктивностей в несколько мГн и емкостей до 1000 нф. Как правило, дополнительно для этой же цели включается емкость порядка единиц нф между одним из питающих проводников (обычно нейтралью) и заземляющим проводом.

В качестве выпрямителя может быть использован любой стандартный мостик, рассчитанный на соответствующие токи и напряжения.

Коррекция формы потребляемого тока осуществляется с помощью достаточно мощных транзисторов (чаще полевых), управляемых специальными устройствами. Для этого

разработаны и серийно выпускаются интегральные микросхемы, отслеживающие форму тока.

Реально в электронных аппаратах включения частота напряжения на выходе усилителя мощности 5 близка к резонансной частоте цепочки из дросселя и конденсатора (но никогда не равна ей!). Поэтому при включении аппарата через электроды лампы протекает ток, достаточный для их разогрева до необходимой температуры, а на конденсаторе создается напряжение, необходимое для возникновения разряда в лампе с подогретыми электродами. После зажигания лампы напряжение на ней падает до напряжения горения, а частота напряжения преобразователя автоматически изменяется так, чтобы через лампу протекал ток заданной величины.

В большинстве современных аппаратов блок управления 4 выполняет еще две функции: стабилизацию тока лампы при колебаниях сетевого напряжения и коррекцию коэффициента мощности. У лучших современных аппаратов коэффициент мощности близок к 1 (0,95 - 0,99).

Функции исправления формы потребляемого тока («подавление высших гармоник») обычно выполняет входной фильтр 1. Подавление высших гармоник и коррекция формы потребляемого тока обеспечивают электромагнитную совместимость аппарата с питающей сетью.

В некоторых аппаратах блок управления 4 выполняет еще одну функцию – обеспечивает регулирование светового потока ламп, чаще всего за счет изменения частоты напряжения преобразователя.

Принципиальное отличие электронных схем включения люминесцентных ламп от стартерно-дроссельных заключается в том, что лампы в таких схемах питаются током высокой частоты, обычно 20-40 кГц, вместо 50 Гц.

Высокочастотное питание ламп дает следующие положительные результаты:

- 1) Из-за особенностей высокочастотного разряда увеличивается световая отдача ламп. Это увеличение тем больше, чем короче лампа: у ламп мощностью 36 Вт световая отдача возрастает примерно на 10 %, у ламп мощностью 18 Вт – на 15 %.
- 2) Глубина пульсаций светового потока с частотой 100 Гц уменьшается примерно до 5 %.
- 3) Исключаются звуковые помехи, создаваемые дросселями.
- 4) Исключается мигание ламп при включении.
- 5) Исключается необходимость компенсации реактивной мощности (коррекции  $\cos\varphi$ ).
- 6) За счет исключения миганий при включении и точного прогрева электродов повышается срок службы ламп (до полутора раз).
- 7) Появилась возможность регулирования светового потока ламп.
- 8) Электронные аппараты значительно легче, чем дросселии компенсирующие конденсаторы.

Таким образом, ЭПРА устраняют большинство недостатков ЛЛ со стартерно-дроссельными схемами включения. Но эти аппараты имеют и свой недостаток, препятствующий их повсеместному внедрению: цена электронных аппаратов выше, чем дросселей, стартеров и компенсирующих конденсаторов, вместе взятых. Тем не менее, в странах Европейского Союза доля светильников с электронными аппаратами приближается к 50 % всех светильников с ЛЛ.

Необходимо отметить, что люминесцентные лампы нового поколения в колбах диаметром 16 мм принципиально могут работать только с электронными аппаратами. Это обстоятельство дает дополнительные преимущества светильникам с такими лампами.

Крупнейшими производителями электронных аппаратов в Европе являются *Philips*, *Osram*, *TridonicAtco*, *VosslohSchwabe*, *Helvar*. Особо следует выделить аппараты Quiktronic-Multiwatt фирмы Osram и PCROT5 LP фирмы TridonicAtco, способные работать с лампами не одного, а нескольких номиналов мощности.

Кроме обеспечения наиболее комфортного освещения, ЭПРА позволяют создавать и системы автоматического управления освещенностью, дающие экономию электроэнергии до 75 %.

Таблица 2 – Изменение световой отдачи комплекта лампы + ПРА с различными типами ПРА

Мощность лампы Рл, Вт	стандартные электромагнитные ПРА				электронные ПРА (ЭПРА)			
	Суммарная мощность комплекта РУ, Вт	Световой поток Ф, лм	световая отдача с комплекта		Суммарная мощность комплекта РУ, Вт	Световой поток Ф, лм	световая отдача с комплекта	
			лм/Вт	%			лм/Вт	%
18	29	1450	50,0	100	19	1350	71,0	142
2x18	23	1450	63,0	100	18	1400	77,7	123
36	46	3450	75,0	100	36	3350	93,0	124
58	71	5400	76,0	100	55	5200	94,5	124

Таблица 3 – Характеристики комплектов ламп Т8+ПРА и Т5+ЭПРА

Характеристики	Т8+ПРА	Т5+ЭПРА
Светотехнические		
Светоотдача, лм/Вт	40-79	96-104
Индекс цветопередачи	55-79	80-90
Средняя продолжительность горения	9000-13000	20000
Энергосберегающие		
Коэффициент мощности, cosφ	> 0,9	> 0,96
Потребляемая мощность при 4 лампах 18 и 14 Вт;	90	66
При этом световой поток ламп, лм	4600	5400
Потери мощности в ПРА	18	10
Стабилизация при изменении напряжения сети	нет, >10% лампа гаснет	есть, улучшается долговечность
Специальные режимы включения и работы лампы	Нет	регулирование светового потока, быстрое включение
Энергосбережение при применении СУО	Нет	до 80%
Комфортность освещения		
Отражатель	Алюминий анодированный	Алюминий MIRO
Увеличение эффективности светильника		15%
ЭПРА	требуется уменьшения пульсаций	уменьшение ослепленности отсутствие пульсаций, стробоскопического эффекта

На основе имеющихся сведений об осветительном оборудовании был произведен расчет стоимости модернизации ОУ путем замены электромагнитных ПРА на электронные в исследуемом учебном корпусе, и была произведена экономическая оценка данного мероприятия (смотри таблицу 4).

Таблица 4 – Экономическая оценка замены электромагнитных ПРА на электронные

	Светильники с ЛЛ	
	1-ламповые	2-ламповые
Количество, шт.	335	164
Мощность, Вт	36	72
Коэффициент потерь в ЭМПРА	1,25	
Расход электроэнергии в светильниках с ЭМПРА, кВт·ч/год	18 844	18 450
Коэффициент потерь в ЭПРА	1,05	
Расход электроэнергии в светильниках с ЭПРА, кВт·ч/год	15 828	15 498
Снижение потребления электроэнергии светильниками с ЛЛ, кВт·ч/год	3 016	2 952
Годовая экономия электроэнергии, кВт·ч	5 968	
Стоимость экономии электроэнергии, грн.	5 968	
Стоимость ЭПРА, грн.	45	80
Затраты на закупку ЭПРА, грн.	28 195	
Стоимость замены ЭПРА, грн.	0	
Срок окупаемости, год	4,7	
Итого затраты на мероприятие в целом, грн.	28 195	

1. Тариф на электроэнергию – 1,00грн./кВт·ч.

2. ЭПРА EBFL 1x36 СОМТЕСН, 45грн.;

ЭПРА EBFL 2x36 СОМТЕСН, 80 грн.;

3. Принимаем что ЛЛ работают 1250 ч./год

Таким образом, годовое снижение потребления электроэнергии в учебном корпусе составит 5968 кВт. Мероприятие окупится через 4,7 года.

#### Перечень ссылок

1. Айзенберг, Ю.Б. Энергосбережение в светотехнических установках / Ю.Б. Айзенберг, Н.В. Рожкова / Под общей ред. Ю.Б. Айзенберга. – М.:Дом света, 1999.–23с.

2. Козловская, В.Б. Электрическое освещение: справочник / В.Б. Козловская, В.Н. Радкевич, В.Н. Сацукевич. - Минск :Техноперспектива, 2007. – 255 с.

3. Справочная книга по светотехнике / Под ред. Ю.Б. Айзенберга. 3-е изд. перераб. и доп. М.: Знак, 2006. – 972 с.: ил.