

ИНДУКЦИОННЫЕ ЛАМПЫ

Дулевич С. А., Клебов Н. П., Самылин Н. И.
 научный руководитель канд. техн. наук, доцент Кибардин В. В.
Сибирский федеральный университет

Введение.

В последние несколько лет на рынке источников света появился новый продукт — индукционные лампы, позиционирующиеся производителями как энергосберегающие источники качественного света, по техническим характеристиками превосходящие традиционные виды источников освещения. В докладе приводится обзор данного технического устройства на основе информации предоставляемой производителями ламп, отзывов компаний и результатах испытаний.

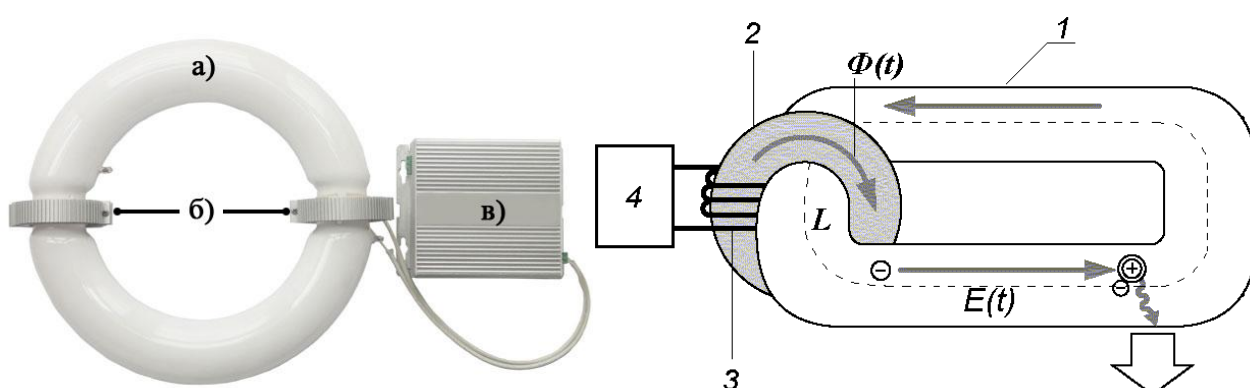
Историческая справка.

Впервые без электродную лампу продемонстрировал Н. Тесла на Всемирной колумбийской выставке в Чикаго в 1893 г. Она была похожа на большой шар и светилась странным зеленоватым светом. Питалась она от электромагнитного поля вблизи катушки Тесла. В 1904 г. П. Хьюитт разработал индукционную лампу, в которой использовались пары ртути. Лампы имели форму сферы и сдвоенной сферы с внешним и внутренним дросселем. В 1967 г. Дж. Андерсон разработал первый надежный прототип индукционной лампы, а в 1994 г. его компактная лампа GENURA (впервые ВЧ-генератор был расположен в цоколе лампы) вышла на рынок.

Первые серийные образцы индукционных люминесцентных ламп (ИЛЛ) были выпущены в 1991-92 гг. Лидерами в производстве ИЛЛ стали иностранные фирмы PHILIPS Lighting, GE Lighting, OSRAM.

Российские ученые также занимались практической разработкой таких ламп [1—4]. Источники света с индуктивным возбуждением в СССР выпускались серийно в 60-х годах прошлого века. Например, выпускалась ультрафиолетовая косметическая лампа «ФОТОН», в которой источником света являлся шарик диаметром 2 см., рядом с которым располагалась катушка ВЧ-генератора 27, 12 МГц. Сотрудниками института теплофизики СО РАН (г. Новосибирск) в 1997—1999 гг. было получено несколько патентов на создание низкочастотных (10 кГц) индукционных ламп. Были созданы экспериментальные образцы ИЛЛ мощностью от 100 Вт до 100 кВт. Однако ввиду отсутствия финансирования исследования были прекращены. В настоящее время монополия на производство этих ламп принадлежит Китаю.

Принцип работы



Индукционная лампа — безэлектродная люминесцентная лампа, в которой газовый разряд инициируется с помощью электромагнитного поля. Основные элементы конструкции (см. рисунок 1):

- а) стеклянная трубка тороидальной формы, заполненная инертным газом: аргоном или криптоном, внутренняя поверхность которой покрыта люминофором, от вида которого зависит цвет свечения (как и в обычных люминесцентных лампах). В специальном отростке колбы содержатся шарики амальгамы;
- б) магнитопровод с системой первичных обмоток;
- в) электронный балласт (генератор высокочастотного тока).

Электронный балласт подключается к сети синусоидального напряжения 127/220/380 В (или к источнику постоянного напряжения 12 или 24 В). Система управления балластом преобразует переменный ток частотой 50 Гц в переменный ток высокой частоты (190-250 кГц или 2,65 МГц) и может изменять частоту и силу тока через катушку индуктора для обеспечения стабильной работы лампы. Электромагнит и индукционная катушка создают высокочастотное электромагнитное поле, атомы ртути возбуждаются (газовый разряд), возникает ультрафиолетовое излучение, которое преобразуется люминофором в видимое свечение (см. рисунок 2).

По способу размещения электронного балласта ИЛЛ бывают со встроенным либо внешним балластом, по типу индукции — с внешней или внутренней.

ИЛЛ с внешним индуктором (низкочастотные — рабочая частота 190—250 кГц) имеют лучшие условия теплообмена с окружающей средой, обладают более высоким к.п.д. преобразования и более длительным сроком службы (90000—120000 ч) по сравнению с лампами с внутренним индуктором (высокочастотные — рабочая частота 2—3 МГц). В последних тепло, выделяемое катушкой, оказывается внутри полости лампы и выводится излучением через стеклянные стенки колбы и теплопередачей через цоколь. Такие лампы внешне похожи на обычные лампы накаливания и имеют срок службы 60000—75000 ч. Внутренний индуктор лампы имеет более низкий к.п.д. преобразования

Технические характеристики. Область применения.

Главной конструктивной особенностью ИЛЛ является отсутствие электродов, что позволяет значительно увеличить срок службы лампы, который ограничивается только старением материала стенок колбы и выходом из строя электронного балласта.

По сравнению с традиционными источниками света ИЛЛ обладают целым рядом достоинств. К основным, помимо длительного срока службы так же относятся: достаточно высокая светоотдача, индекс цветопередачи >80 , потери в светоотдаче за весь срок службы составляют не более 20—25%, отсутствие пусковых токов и мерцания, коэффициент мощности более 0,98, к.п.д. 90%, низкие гармонические искажения ($\text{THD} < 5\%$). Температура нагрева лампы не превышает $+60...+80^\circ\text{C}$.

Электронный балласт имеет управляющий микропроцессор, поэтому к.п.д. балласта составляет более 98%, лампы допускают изменение интенсивности света от 30 до 100% и мгновенную возможность перезапуска, количество циклов включе-

ний/выключений не ограничено, имеется встроенная защита от скачков напряжения и короткого замыкания, а гарантия производителя 5 лет (у светодиодных ламп 2 года).

В таблице 1 приведены данные из каталогов фирм Cree, Philips и Osram, а также по заключениям независимых экспертиз ЗАО «Оптоган» и служб ЦСМ Москвы и Новосибирска (данные на декабрь 2012 г.)

Таблица 1. Сравнение ламп разных типов

Принцип работы	Накаливания		Газоразрядные				Твердотельные
	Обычные	Галогенные	Низкого давления	Высокого давления	Натриевые	Индукционные	
Светоотдача, Лм/Вт	10—15	15—30	70—90	90	100—160	80—110	80—110
Индекс цветопередачи	80	95	70—90	40—60	25	75—85	70—90
Срок службы, тыс. час	1	3	6—9	7	15—25	100	100
Цветовая температура, °К	2000-2800	2300-3200	2300-4900	2300-2900	2300-2900	2700-6500	2700-6500
Рабочая температура, °С	-45...+100	-45...+100	-15...+50	-40...+40	-60...+40	-35...+50	-60...+45
Время включения	мгновенно	мгновенно	0—30 секунд	7—10 минут	10 минут	0,1—3 минуты	мгновенно
Сложность схемы питания	нет	нет	средняя	средняя	средняя	сложная	простая
Механическая прочность	низкая	высокая	низкая	средняя	средняя	низкая	очень высокая
Экологический фактор	безопасно	безопасно	ртуть	ртуть	ртуть	амальгама	безопасно
Диммирование	возможно	возможно	возможно	нет	нет	возможно	возможно
Горячий перезапуск	есть	есть	есть	нет	нет	есть	есть
Побочные излучения	есть	есть	есть	есть	есть	есть	нет
Прочие недостатки		чувствительность к перепадам напряжения, загрязнениям, сильный нагрев	утилизация, мерцание при снижении эмиссии, повышенная деградация при высоких температурах	утилизация	утилизация	цена, утилизация, чувствительность к перепадам напряжения, температуры	цена

Главным недостатком ИЛЛ является их стоимость — дороже только светодиоды. Однако в долгосрочной перспективе экономия существенна, а срок окупаемости ламп составляет максимум несколько лет, и тем меньше, чем интенсивнее используется освещение на данном предприятии. Световая отдача ИЛЛ ниже, чем у натриевых газоразрядных ламп, однако индекс цветопередачи последних намного хуже.

Работа ламп на пределе диапазона заслуживает замечаний. Существуют свидетельства того, что светимость ламп существенно меняется при достижении граничных температур из рекомендуемого диапазона, при чем заметнее влияние низких температур, нежели высоких. Например, достаточная светимость развивается светильником тем дольше, чем ниже температура, и при -20°C достигает 20 мин, при условии достижения 70% от номинальной яркости [6]. Некоторые продавцы осторожно указывают диапазон рабочих температур в $-20...+40^{\circ}\text{C}$, и запрещают применение ламп вне указанного диапазона. Поэтому использование таких ламп для уличного освещения встречает трудности в холодное время года.

На основании вышесказанного основной областью применения ИЛЛ являются места, требующие яркого, воспринимаемого глазом освещения, там, где замена ламп сложна и/или дорога, а света требуется много, светильники работают не переставая значительную часть времени. В первую очередь это городское освещение (при соблюдении температурного режима), промышленные, общественные, торговые помещения и т.д.

В настоящий момент ИЛЛ уже достаточно широко используются в освещении промышленных объектов [14, 15].

Литература/источники

- 1) Давиденко Ю. Н. Настольная книга домашнего электрика: люминесцентные лампы
- 2) И. М. Уланов, В. С. Медведко, С. А. Сидоренко. «Разработка экономичных источников света...». «Я электрик», 2007 г., №6
- 3) И.М. Уланов, М.В. Исупов, А.Ю. Литвинцев, С.В. Кротов. Индукционная УФ-лампа. Светотехника. 2007. №5.
- 4) Индукционная лампа. Альтернатива ртутным, натриевым и металлогалогенным лампам. Д. Стахович, С. Швецов
- 5) inductionlighting.ru/page/1352962071221/ /#/Индукционные лампы
- 6) inductionlighting.ru/page/1352962071221/ /#/Работа при низких температурах
- 7) Яков Кузнецов/ Индукционная лампа, как альтернатива светодиодной <http://electrik.info/>
- 9) dialog-led.ru/induktsionnoe-osveshchenie.html
- 10) led-displays.ru/indukcionnye_lampy.html
- 11) SO-induction.ru
- 12) inductos.ru/index.php
- 13) lvd-rus.ru/otzivы.html
- 14) prosvet36.ru/otziv
- 15) electricalschool.info/main/lighting/459-sovremennye-natrievye-lampy-vysokogo.html
- 16) lvd.promdex.com/page/1529.html