

Исследование безопасности и светотехнических параметров светодиодной лампы прямой замены^{1*}

Ц.-Т. КИМ¹ Ч.-Х. КИМ²

¹Корейский испытательный и научно-исследовательский институт

²Университет Квангвун

Email: bighhs@naver.com

Аннотация

По мере возникновения проблем энергоэффективности и энергосбережения появилась потребность в высокоэффективных осветительных приборах, которые смогут заменить светильники с традиционными источниками света. Так светодиодное освещение стало освещением нового поколения. Поскольку светодиод обладает низкой мощностью, высокой эффективностью, длительным сроком службы и быстрой скоростью отклика, он подходит для замены традиционных источников света, таких как лампы накаливания, люминесцентные лампы и галогенные лампы. Настоящее исследование посвящено вопросам безопасной замены КЛЛ в бытовых ОП с точки зрения ограничения возможного возникновения дискомфорта от светодиодной лампы, предоставления эталонных значений для светодиодной лампы для предотвращения увеличения инвестиционных затрат производителей, выявления проблем безопасности при прямой замене и стандартизации оптимального метода питания, который может быть исправлен с помощью светодиодной лампы, конструкция которой включает в себя внешний преобразователь тока.

Ключевые слова: светильник со светодиодами, светодиодное освещение, стандарты безопасности для электроприборов, стандарты безопасности электроприборов в Корее, управление электробезопасностью, сертификация безопасности, балласт, прямая замена, источник питания, способ подключения.

¹ Прямая замена – это технология, которая управляет светодиодами на переменном токе без использования преобразователей переменного тока в постоянный.

* Перевод с англ. – Т.В. Мешковой

1. Введение

1.1. Основание для настоящего исследования

Рынок светодиодного освещения возник благодаря быстрому росту бизнеса зелёной энергии (*Green energy business*) с 2009 года. Кроме того, светильники со светодиодами заменяют светильники с традиционными источниками света с низкой эффективностью для удовлетворения потребительского спроса на повышение уровня энергосбережения. Эволюция источников света к настоящему моменту колоссальная – от освещения свечами в прошлом, к лампам накаливания, люминесцентным лампам и, наконец, СД ИС.

Благодаря спросу на замену люминесцентных ламп светодиодными источниками света на рынке стали появляться соответствующие осветительные приборы. В частности, активно стали разрабатываться светодиодные лампы для прямой замены люминесцентных в существующих светильниках для повышения энергоэффективности и сокращения использования ртути в экологических целях. До недавнего времени в домах, офисах и промышленных объектах активно применялись люминесцентные лампы, но в последнее время стали использоваться линейные светодиодные лампы с цоколем G13.

Кроме того, недавно были приняты стандарты безопасности, на основании которых была проведена сертификация ламп U-образного и линейного типа на основе СД, которые предназначены для замены компактных люминесцентных U-образных ламп в бытовых приборах домашнего использования в Корее (14.4.30).

Существуют достаточно большое количество различных типов светодиодных ламп. Первый тип из них показан в рис. 1 и представляет собой светодиодную лампу с встроенным преобразователем тока, ко-

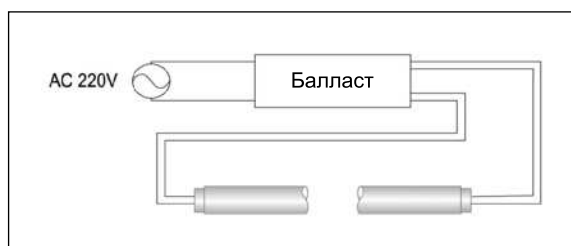


Рис. 1. Схема подключения к сети 220 В светодиодной лампы со встроенным преобразователем тока для замены линейной люминесцентной (сертифицированные лампы согласно дополнению к стандарту безопасности электроприборов: 2013.03.25 могут использоваться без модификаций)

Рис. 2. Схема подключения светодиодной лампы с внешним преобразователем переменного тока в постоянный для питания от напряжения 50 В и ниже (дополнение к стандарту безопасности электроприборов: 2010.12.21)

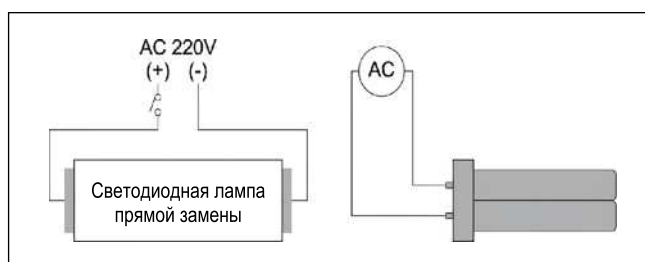


Рис. 3. Схема подключения к сети 220 В для штырьковых типов ламп с цоколями G13 (а) и G11 (б) с встроенными преобразователями тока

Обзор рекомендуемых характеристики СД ламп для замены люминесцентных ламп согласно стандарту безопасности KC10025





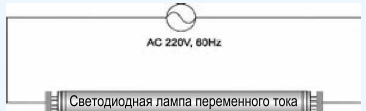
Наименование	Линейного типа с цоколем G13		U-образного типа с цоколем 2G11	
Штырьковый тип цоколя				
Мощность, Вт	20, 32, 40		36, 55	
Регламентируемый световой поток, лм	20	1100 – 858	36	2590 – 2202
	32	2300 (расчётное значение)	55	
Примечание	Расчётный световой поток составляет 85 % от светового потока согласно стандарту KS C7601:2004 (для люминесцентной лампы)			

Таблица 2

Статус сертификации СД ламп линейного типа для замены ЛЛ

Метод подключения	Совместимый с балластом (с встроенным преобразователем тока)	С использованием внешнего преобразователя тока	Прямая замена для сети 220 В
Схема подключения			
Производители	Более 20 компаний	Более 300 компаний	Сертифицированных компаний нет* *Иностранные производственные компании не могут продавать продукцию в Корее
Дата внесения изменений	2/25/2013	12/21/2010	–
Номер стандарта	KC10025 (для цоколя G13)	KC20001 (для цоколей G13 и D12)	–
Международный стандарт	IEC 62776 (для цоколей G13 и G5)	IEC62931 (цоколь GX16t-5)	–

Примечание к табл. 2: 1. сертифицированные светильники и балласты для люминесцентных ламп используются без модернизации; 2. светодиодная лампа и преобразователь тока работают от напряжения питания 50 В и ниже.

торый используется только для светодиодных ламп, для замены, так называемой, штырьковой U-образной люминесцентной лампы с цоколем G13/2G11. Второй тип показан в рис. 2 и представляет собой замену линейной люминесцентной лампы (далее ЛЛ) с цоколем G13 на светодиодную с внешним преобразователем тока. Схема подключения к сети 220 В для штырьковых типов ламп с цоколями G13 и 2G11 представлена на рис. 3. [1]

Критерии светотехнических и электрических параметров линейной светодиодной лампы можно найти в стандартах безопасности в разделе

описания светодиодных ламп с интегрированным или внешнем преобразователем тока для замены ЛЛ. Светотехнические и электрические параметры светодиодных ламп с интегрированным преобразователем тока для замены U-образного типа КЛЛ приведены в стандарте безопасности KC10025. Однако, как показано в табл. 1, рекомендуемые значения должны составлять $\geq 85\%$ от стандартных значений типовой люминесцентной лампы (KS C7601:2004), но не фактическим измеренным данным конкретной заменяемой лампы. Поэтому необходимо провести исследование по определению корректности замены

люминесцентных ламп на светодиодные на основании данных стандартов безопасности [2].

Модернизация существующих осветительных установок с люминесцентными лампами путём установки в светильниках светодиодных ламп может существенно сэкономить время и деньги. Таким образом, по сравнению со случаем, когда необходимо устанавливать новые светильники со светодиодами, общая нагрузка потребления может быть относительно снижена, а существующие люминесцентные лампы могут быть переработаны без их утилизации. Основными преимуществами таких ламп являются

Схема подключения СД ламп прямой замены

Наименование	Метод соединения 1	Метод соединения 2
Светильник с люминесцентной лампой / люминесцентная лампы для замены на светодиодную		
Светодиодная лампа с внешним преобразователем тока		

Таблица 4

Схема подключения СД ламп с внешним преобразователем тока

Наименование	Светодиодные лампы с внешним преобразователем тока	Примечание
Светильник с люминесцентной лампой		-
Светильник со светодиодной лампой прямой замены		Метод подключения 1
		Метод подключения 2

высокая эффективность, длительный срок службы и экологичность.

Светодиодные лампы линейного типа подразделяются на:

1. светодиодные лампы для замены ЛЛ 1200 мм мощностью 32–40 Вт;
2. светодиодные лампы с внешним преобразователем тока;
3. светодиодные лампы сменного типа (совместимые с балластом);
4. светодиодные лампы прямой замены.

Среди них первые три типа могут быть сертифицированы через сертификацию КС10025 Национальным институтом технологий и стандартов (*National Institute of Technology and Standards*), а четвертый тип не был сертифицирован из-за отсутствия раздела стандарта безопасности, согласно которому будет проводиться испытание, такого как стандартизация системы питания, когда светодиодная лампа используется с традиционными лампами и люминесцентными лампами, имеющими ту же форму, что и свето-

диодная лампа. В результате из-за отсутствия стандартов сертификации спрос на сертификацию таких изделий стремительно растёт со стороны корейских компаний.

При продаже светодиодных ламп прямой замены ожидается, что могут возникнуть такие проблемы, как пожар, поражение электрическим током и несчастные случаи, связанные с воспламенением, из-за неправильного использования ламп с различными методами питания. Поэтому в настоящей работе будут изучены и проанализированы проблемы традиционных люминесцентных ламп и ожидаемые проблемы фактического использования тех типов ламп, которые представлены в табл. 2. Кроме того, будут установлены стандарты безопасности для электроприборов, чтобы реализовать безопасную и высококачественную продукцию, а потребители соответственно смогли бы пользоваться проверенными безопасными продуктами.

Таким образом, с помощью этого исследования можно выявить проблемы безопасности, которые могут возникнуть, когда светодиодная лампа с интегрированным преобразователем тока, установлена в сеть с традиционной люминесцентной и светильниками, представленными в табл. 2, и обеспечить безопасность, когда они используются вместе, путём стандартизации оптимального метода питания. Кроме того, обычные люминесцентные лампы типа *FPL* в ходе исследования устанавливаются непосредственно в светильник, и мощность, световой поток и освещённость будут измерены и проанализированы для выявления оптимальных светотехнических параметров, на основе которых будут предложены дополнения в стандарты безопасности бытовых электроприборов для замены традиционных ламп.

Подробная схема подключения светодиодной лампы прямой замены представлена на рис. 4.

Перекрёстное сравнение методов подключения ЛЛ и СД ламп для их замены

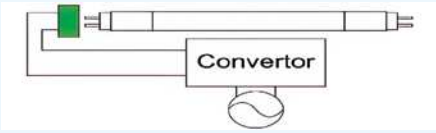
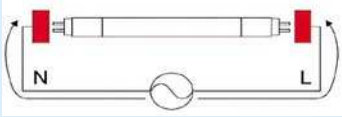
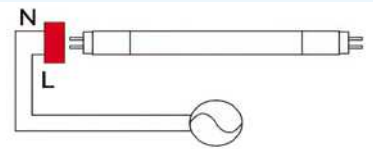
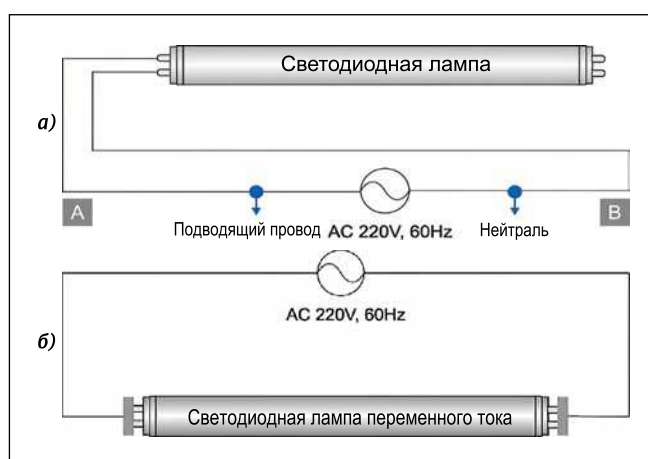
Наименование	Люминесцентная лампа	Светодиодная лампа	Примечания
Светильник со светодиодной лампой с внешним преобразователем тока			–
Светильник со светодиодной лампой прямой замены			Метод подключения 1
			Метод подключения 2

Таблица 6

Результаты измерений ЛЛ и сертифицированных СД ламп с интегрированным преобразователем тока для их замены

Параметры	Ед. изм.	FPL 36 Вт		FPL 55 Вт		
		Люминесцентная лампа		Светодиодная лампа	Люминесцентная лампа	Светодиодная лампа
		А	В			
Световой поток светильника	лм	5410	5733	6558	8295	9948
Мощность светильника	Вт	91	101	54	159	94
Световая отдача светильника	лм/Вт	59,5	57,0	121,4	52,2	105,8
Средняя освещённость на полу	лк	150	161	215	218	319

Рис. 4. Схема подключения светодиодной лампы прямой замены в сеть 220 В с интегрированным преобразователем тока при подаче напряжения с одной стороны (а) и включении в замкнутую цепь (б)



2. Материалы и методы

В данном исследовании анализируются возможные риски при установке светодиодных ламп прямой замены (питания), которые приведены в табл. 3, и светодиодных ламп с внешним преобразователем тока (табл. 4) в традиционные светильники,

предназначенные для люминесцентных ламп и светодиодных ламп с встроенным преобразователем тока, для исследования безопасности. Кроме того, как показано в табл. 5, анализируются риски при замене существующих люминесцентных ламп на светодиодные, представлены схемы подключения при использовании в од-

ной сети различных комбинаций люминесцентных ламп, светодиодных ламп с интегрированным и внешним преобразователем тока и светодиодных ламп прямой замены. На основе проведённого анализа были выявлены такие проблемы, как совместимость, поражение электрическим током и пожароопасность. Были проанализированы сертифицированные продукты по стандарту КС10025 и была подтверждена возможность использования ИС с регламентируемым значением светового потока согласно табл. 1. Для формирования предложения о внесении изменений в действующие стандарты сравнивались светильники, предназначенные для люминесцентных ламп типа *FPL 36 Вт* и *FPL 55 Вт*, в которые поочередно устанавливались люминесцентные и светодиодные лампы.

Кроме того, причина, по которой для испытаний использовался светильник на три лампы типа *FPL*, за-

**Светотехнические и электрические параметры трехцокольного светильника
с люминесцентными FPL 36 Вт и СД лампами**

Параметры	Ед. изм.	Светильник на три лампы FPL 36 Вт	
		Люминесцентная лампа	Светодиодная лампа
Световой поток светильника	лм	5733	4967 (1902)
Мощность светильника	Вт	101	42 (14)
Световая отдача светильника	лм/Вт	57,0	117,9
Средняя освещённость на полу	лк	161	160

Таблица 8

**Светотехнические и электрические параметры трехцокольного светильника
с люминесцентными FPL 55 Вт и СД лампами**

Параметры	Ед. изм.	Светильник на три лампы FPL 55 Вт	
		Люминесцентная лампа	Люминесцентная лампа
Световой поток светильника	лм	8295	6898 (3217)
Мощность светильника	Вт	159	70 (23)
Световая отдача светильника	лм/Вт	52,2	98,8
Средняя освещённость на полу	лк	218	219

ключается в том, что этот тип светильника наиболее распространён в бытовом применении.

Светотехнические и электрические характеристики измерялись согласно приложению В международного стандарта МЭК 60901 «Лампы люминесцентные одноцокольные. Эксплуатационные требования», результаты уровня освещённости анализировались с помощью Гониофотометра (LMT, Германия) в соответствии с приложением А к стандарту KS C 8000 «Общие правила для осветительного оборудования». Метод питания источника света оценивался путём подключения стандартного балласта, указанного в стандарте KS C7601 (люминесцентная лампа), как показано на рис. 5, измерения проводились в тёмной комнате при температуре $(25 \pm 1) ^\circ\text{C}$. [3]

3. Результаты

Для перекрёстного анализа были проведены исследования безопасно-

сти для двух методов подключения (первый метод и второй метод), результаты измерений в соответствии со стандартами МЭК 60901 и KS C8000 представлены ниже в табл. 6.

Анализ продукции показал, что замена люминесцентной лампы FPL 36 Вт на сертифицированную по KS10025 серийно выпускаемую светодиодную лампу со встроенным преобразователем тока позволяет получить значение освещённости выше на 65 лк при снижении энергопотребления на 47 Вт. Кроме того, в случае

замены люминесцентной лампы FPL 55 Вт на светодиодную уровень освещённости вырос на 101 лк, а энергопотребление снизилось на 65 Вт. На основании этого можно сделать вывод, что световой поток светодиодных ламп превышает регламентируемые значения, указанные в стандарте, следовательно необходимо провести их модификацию.[2]

Результат сравнительного анализа люминесцентной лампы EX-D (дневного света) и светодиодной лампы в трехцокольном светильнике, пред-

Рис. 5. Схема подключения

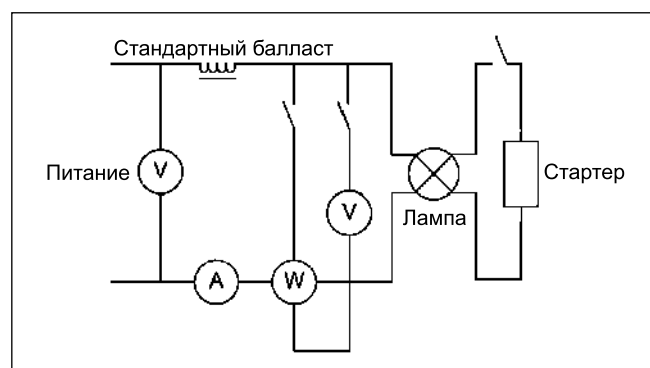


Таблица 9

Схема подключения

Подключение	Схема подключения
Метод подключения 1	<p>Пример Питание (1–3), Диммирование (2–4) или Питание (1–4), Диммирование (2–3)</p> <p>Переменный ток 220 В, 60 Гц</p>
Метод подключения 2	<p>Пример Питание (1–2), Диммирование (3–4)</p> <p>Переменный ток 220 В, 60 Гц</p>

назначенном для ламп *FPL* 36 Вт, выглядел следующим образом: каждый источник света включался на одной и той же площади в определённом пространстве, освещённость от люминесцентной лампы и средняя освещённость от светодиодной лампы оценивались в одних и тех же условиях, а световой поток вычислялся и анализировался, как показано в табл. 7.

В результате анализа световой поток светодиодной лампы составил 1902 лм, а мощность – 14 Вт при той же средней освещённости. По сравнению с текущим стандартом 2202 лм, приведённым в табл. 1, он должен быть уменьшен примерно на 300 лм. [4]

Ниже приведены результаты сравнительного анализа люминесцентных ламп *EX-D* (дневного света) и светодиодных ламп в трехцокольном светильнике, предназначенном для ламп *FPL* 55 Вт.

После того как каждый источник света включался в тех же условиях в том же пространстве, что и при фактическом испытании, оценивалась точка, в которой освещённость люминесцентной и светодиодной лампы являются идентичными, а также вычислялся и анализировался рекомендованный световой поток. Результаты приведены в табл. 8.

В результате анализа было установлено, что световой поток светодиодной лампы составил 3217 лм при той же средней освещённости, а мощность составила 23 Вт. По сравнению с дей-

ствующим стандартом значение светового потока должно быть уменьшено 183 лм. [4]

Подробная схема подключения представлена в табл. 9.

Далее были проведены проверки безопасности комбинации люминесцентный светильник и светодиодная лампа прямой замены. В результате перекрёстного анализа люминесцентной лампы и светодиодной лампы прямого питания метод подключения 1 работал хорошо, и никаких проблем с безопасностью обнаружено не было. Однако в случае способа подключения 2 лампа была повреждена и мерцала, что приводило к риску поражения электрическим током и возникновению возгорания.

Проверка безопасности комбинации светильник для светодиодной лампы прямой замены и люминесцентной лампы/светодиодной лампы со встроенным преобразователем тока показала, что в случае метода подключения 1, где использовался светильник для светодиодной лампы прямой замены и люминесцентная лампа, лампа не включалась и никаких проблем с безопасностью не возникло, а после испытания люминесцентные лампы были в рабочем состоянии. Однако в случае метода подключения 2 все люминесцентные лампы были повреждены, что привело к проблемам безопасности и поражения электрическим током. В результате перекрёстного испытания комбинации светодиодной лампы с встроенным преобразователем

тока и светильника для светодиодной лампы прямой замены при методе подключения 1 свет не включился, но также не возникло никаких проблем безопасности в лампе и светильнике, в то время как в случае метода подключения 2 некоторые светодиодные лампы с встроенным преобразователем тока были повреждены, возникла проблема безопасности, а также были выявлены проблемы поражения электрическим током и пожароопасности.

Проверка безопасности комбинации светильника для светодиодной лампы прямой замены и светодиодной лампы с внешним преобразователем тока показала, что в результате перекрёстного испытания комбинации светодиодной лампы прямой замены и светодиодной лампы с внешним преобразователем тока при первом способе подключения свет не включился, а после испытания лампы были нормально включены и никаких дефектов или проблем безопасности обнаружено не было. Однако при способе подключения 2 светодиодная лампа с внешним преобразователем тока была повреждена, образовался дым и была обнаружена проблема безопасности.

Проверка безопасности комбинации светильника для светодиодных ламп с внешним преобразователем тока и светодиодной лампы прямой замены показала, что лампы не включались при обоих способах подключения. Никаких повреждений или проблем с безопасностью обнаружено не было, и лампы включились должным образом после испытания.

4. Заключение

В данном исследовании был проведён сравнительный анализ светодиодных ламп, которые потенциально могут заменить люминесцентные лампы *FPL* 36 Вт и 55 Вт с цоколем *2G11*. Поскольку уровень технологии в то время, когда проводилась существующая сертификация безопасности, сильно отличался от того, что мы имеем в настоящее время, а эффективность светодиодного чипа и драйвера быстро растёт благодаря технологическому развитию компаний смежных отраслей, возникает необходимость пересмотра соответствующих стандартов согласно параметрам современных образцов.

Как представлено в табл. 10, в результате перекрёстного анализа по

Анализ рисков при подключении

	СД лампа прямой замены	Совместимая лампа (с встроенным преобразователем тока)	СД лампа с внешним преобразователем тока	Люминесцентная лампа
Светильник для прямой замены		Риск ↑	Риск ↑	Риск ↑
Светильник для люминесцентной лампы	Риск ↓		Риск ↓	
Светильник для СД лампы с внешним преобразователем тока	Риск ↓	Риск ↓		Риск ↓

Таблица 11

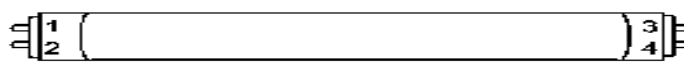
Предложение о внесении изменений в действующие стандарты

Стандарт	Ед. изм.	СД лампа для замены люминесцентной FPL 36 Вт	СД лампа для замены люминесцентной FPL 55 Вт
КС10025	лм	2202 (85 % согласно KS C7601:2004)	3400 (85 % согласно KS C7601:2004)
Предложение о внесении изменений	лм	1900 (74 % согласно KS C7601:2004)	3200 (80 % согласно KS C7601:2004)

Таблица 12 СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

Способ подключения СД лампы прямой замены

Двухштырьковая СД лампа		Цоколь
Питание	Диммирование	
1, 2 или 1, 4	2, 4 или 2, 3	G13, G5
2, 3 или 2, 4	1, 4 или 1, 3	



методу подключения 2 светодиодной лампы прямой замены, светодиодной лампы с встроенным преобразователем тока, светодиодной лампы с внешним преобразователем тока и люминесцентной лампы все лампы были повреждены, и возникли серьезные проблемы безопасности. С другой стороны, светодиодная лампа прямой замены при способе подключения 1 может обеспечить безопасность без каких-либо проблем, таких как пожар, поражение электрическим током, ожоги даже при использовании с различными осветительными приборами и лампами. Кроме того, чтобы предотвратить снижение энергоэффективности из-за чрезмерно светового потока, необходимо пересмотреть соответствующие стандарты в сторону снижения до достаточного и необходимого уровня регламентируемых

параметров. Рекомендуемые значения этих параметров представлены в табл. 11.

Другими словами, необходимо пересмотреть соответствующие стандарты для использования безопасных продуктов, и предлагаемый способ подключения, который представлен в табл. 12.

В будущем потребуются дальнейшие исследования для оценки безопасности и эффективности светодиодной лампы прямой замены.

Это исследование финансировалось и поддерживалось Министерством торговли в рамках проекта повышения потенциала сертификации безопасности промышленности и энергетики (создание фонда технологий безопасности потребительских товаров).

1. IEC60901: Single-capped fluorescent lamps – Performance specifications. 2011.
2. KS10025: LED Lamp for Fluorescent Lamp Retrofit – Internal converter type. 2014.
3. Go JJ, Kim CH. A Study on the Optical Characteristics of LED Lamp as Alternative Type of FPL Lamp. // Journal of the Korean Institute of Illuminating and Electrical Installation Engineers. 2015; V29, #10
4. KS C7601: Fluorescent lamps for general lighting service. 2009.



Цзинь-Тай Ким (Jin-Tai Kim), Ph.D. Получил степень доктора наук в области плазменного биодисплея в Университете Квангвун. Директор Института исследований электротехники и электроники Корейского испытательного и научно-исследовательского института, эксперт в корейской лабораторий по системам аккредитации (KOLAS), технический эксперт IECCE



Чон Хен Ким (Chung-hyeok Kim). Профессор инженерного колледжа университета Квангвун, член совета корейского института инженеров по электротехнике и электронным материалам