

УДК 621.3

## ВЛИЯНИЕ ОТКЛОНЕНИЙ НАПРЯЖЕНИЯ НА ЭЛЕКТРОПОТРЕБЛЕНИЕ ОСВЕТИТЕЛЬНЫХ УСТАНОВОК ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПОМЕЩЕНИЯ

Семенюк К.Ю.

Научный руководитель – старший преподаватель Колосова И.В.

В осветительных установках производственных помещений применяются газоразрядные лампы низкого давления (ГЛНД), газоразрядные лампы высокого давления (ГЛВД) и светодиодные лампы. Основными характеристиками электропотребления являются такие характеристики, как номинальная мощность  $P_{ном}$  и коэффициент мощности ( $\cos\phi$ ). Значение этих показателей приводятся в справочной литературе при номинальном подведенном напряжении. Однако, из-за потери напряжения в электрических сетях, не все световые приборы работают при номинальном напряжении.

Среди ГЛВД широкое применение в осветительных установках производственных помещений получили дуговые ртутные люминесцентные (ДРЛ) лампы и лампы типа ДРИ (дуговые ртутные с излучающими добавками). В настоящее время наблюдается постепенный отказ от ламп типа ДРЛ и ДРИ в пользу светодиодов, так как они не содержат вредные материалы, прежде всего, ртуть, что не требует дополнительных затрат на утилизацию ламп. Использование светодиодных источников света снижает затраты на электроэнергию. Низкое энергопотребление светодиодов обусловлено несколькими факторами. Так, например, угол света светодиодов не превышает 180 градусов, в отличие от ламп типа ДРЛ и ДРИ с углом света 360, что обуславливает высокий КПД (не менее 90%). В большинстве существующих технологий присутствует, разогрев какого-либо тела или области, на что требуется дополнительные затраты энергии. Светодиоды имеют высокий коэффициентом мощности – до 1. Еще одной возможностью экономии электроэнергии при использовании светодиодом является диммирование (регулировка яркости лампы). Для сравнения сведем в таблицу 1 основные характеристики ламп.

Таблица 1

Параметры рассматриваемых типов ламп

	Тип	Номинальная мощность, Вт	Средняя продолжительность горения, часов	Световой поток, Лм
ДРЛ	ДРЛ-125	125	12000	6000
	ДРЛ-250	250	12000	13000
ДРИ	ДРИ-250	250	10000	19000
СД	аналог ДРЛ-125	40	до 100000	2500
	аналог ДРЛ-250	80	до 100000	5000

Зависимость потребляемой мощности электроприемников от напряжения можно проанализировать с помощью статических характеристик. Статистические характеристики по активной мощности ламп типа ДРЛ, ДРИ и

ЛЛНД приводятся в [3]. Отсутствует такая информация для натриевых ламп типа ДНаТ, ксеноновых ламп и светодиодных источников света.

Анализ изменения мощности, потребляемой газоразрядными лампами при регулировании напряжения на их зажимах, следует проводить для комплекта лампа - пускорегулирующий аппарат (ПРА). Объясняется это тем, что основная доля дополнительной мощности, потребляемой комплектом лампа-ПРА в режиме превышения напряжения над номинальным, приходится именно на балластное сопротивление ПРА. Поскольку балластное сопротивление значительно больше активного сопротивления лампы, при повышении напряжения мощность, потребляемая лампой, меняется незначительно. В качестве балласта в световом приборе, как правило, используется дроссель, представляющий собой катушку индуктивности со стальным сердечником. Дроссель служит также для создания зажигающего импульса за счет ЭДС самоиндукции. Он уменьшает паузы переменного тока и, следовательно, пульсацию светового потока, создаваемого лампой. В то же время дроссель потребляет реактивную мощность. Естественный коэффициент мощности световых приборов с газоразрядными источниками света  $\cos\varphi=0,5-0,6$ . Однако, использование групповой или индивидуальной компенсации позволяет увеличить  $\cos\varphi$  до значений 0,9-0,95. Потери активной мощности в стали и обмотке дросселя составляют 10-20% номинальной мощности светового прибора.

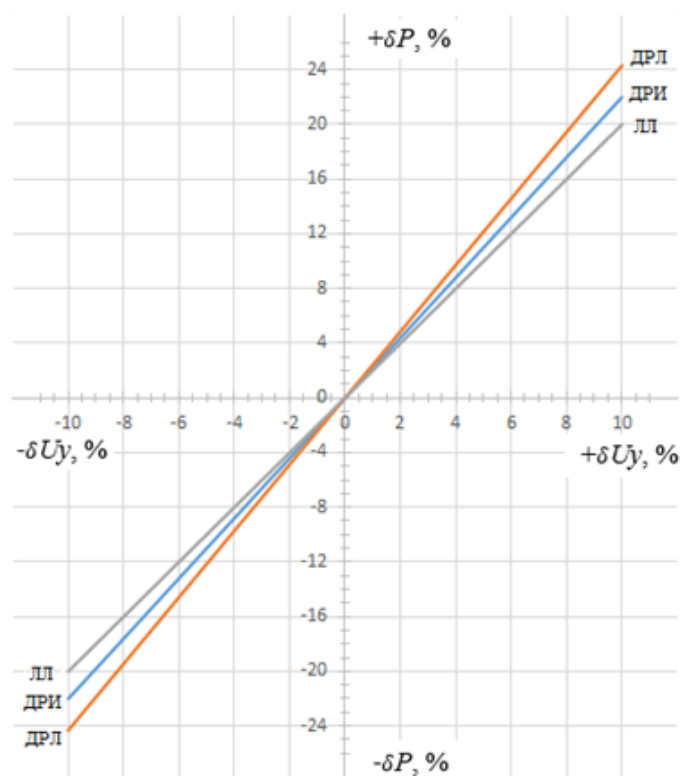


Рисунок 1. Изменение потребления активной мощности источников света при отклонении напряжения от номинального значения: ЛЛ – люминесцентные лампы низкого давления

Потребление реактивной мощности световыми приборами может быть значительным и влиять на параметры электропотребления не только ОУ, но и системы электроснабжения объекта в целом.

На рисунке 1 представлены графические зависимости, отражающие изменения потребления активной мощности, при отклонении подведенного напряжения в диапазоне  $\pm 10\%$  от номинального значения для разных источников света.

Данные исследований, приведенные в таблицах 2 и 3, показывают, что комплекты с лампами типа ДРЛ и ДРИ(с компенсированными ПРА) чувствительны к изменению напряжения.

Таблица 2

Потребляемая активная мощность комплекта «ПРА-лампа»

Тип лампы	$P_{ном}$ , Вт	$U_{ном}$ , В	$P_{пном}$ , Вт	Напряжение, В		Активная мощность, Вт		Активная мощность, %	
				$U_{min}$	$U_{max}$	$P_{min}$	$P_{max}$	$P_{min}$ , %	$P_{max}$ , %
ДРЛ	125	220	139,5	207,0	253,0	119,1	191,0	85,4	136,9
ДРИ (комп. ПРА)	250	230	264,9	207,1	254,0	214,4	323,0	80,9	116,0

Таблица 3

Потребляемая реактивная мощность комплекта «ПРА-лампа»

Тип лампы	$P_{ном}$ , Вт	$U_{ном}$ , В	$Q_{пном}$ , вар	Напряжение, В		Реактивная мощность, вар		Реактивная мощность, %	
				$U_{min}$	$U_{max}$	$Q_{min}$	$Q_{max}$	$Q_{min}$ , %	$Q_{max}$ , %
ДРЛ	125	220	202,5	207,0	253,0	163,5	316,0	80,7	156,0
ДРИ (комп. ПРА)	250	230	72,5	207,1	254,0	42,2	138,6	58,2	191,2

Анализируя таблицы 2 и 3 можно сделать вывод, что при изменении напряжения потребление реактивной мощности изменяется сильнее, чем активной. Что может привести к недокомпенсации или перекомпенсации реактивной мощности.

В тоже время уже созданы светодиодные источники света с эффектом компенсации реактивной мощности. Особенность новых осветительных приборов заложена в драйвере, питающем светодиодную матрицу светильника. Драйвер светодиодного промышленного светильника – компенсатора реактивной мощности содержит конденсаторный делитель напряжения, охваченный высокоомными разрядными резисторами, неуправляемый выпрямитель со стабилизирующим устройством и светодиодную матрицу.

Поэтому вырабатываемая светильником реактивная мощность носит ёмкостной характер, а сам светильник, генерируя световой поток как осветительный прибор, становится ещё и дополнительным источником реактивной мощности в сети потребителя. Так же светодиодные светильники могут потреблять реактивную мощность.

Для светодиодных источников света отсутствуют статистические характеристики по мощности, поэтому для сравнения приведем данные имеющихся исследований светодиодной лампы 6 Вт [2] и светильника L-school 16/1500/Д [4]. Результаты экспериментов сведем в таблицу 3.

Таблица 4

Экспериментальные характеристики светодиодных источников света

Физические параметры	Светодиодная лампа 6 Вт					Светодиодный светильник типа L-school 16/1500/Д				
	190	200	210	220	230	200	210	220	230	240
$U, В$	190	200	210	220	230	200	210	220	230	240
$P, Вт$	4,33	4,54	5,00	5,43	5,76	15,5	15,5	15,5	16,0	16,0
$Q, вар$	13,9	14,9	17,0	18,1	20,5	-5,0	-5,5	-5,5	-6,5	-7,5

Исследование светодиодной лампы 6 Вт [2] светодиодных источников света показывает, что отклонения напряжения от номинального значения влияет на коэффициент активной мощности, что приводит к увеличению потребления не только активной мощности, но и реактивной. При понижении напряжения на зажимах светодиодной лампы на 14% (190 В) от номинального значения, реактивная мощность превышает активную мощность в 3,2 раза. А при повышении +5% (230 В) реактивная мощность превышает активную в 3,6 раз.

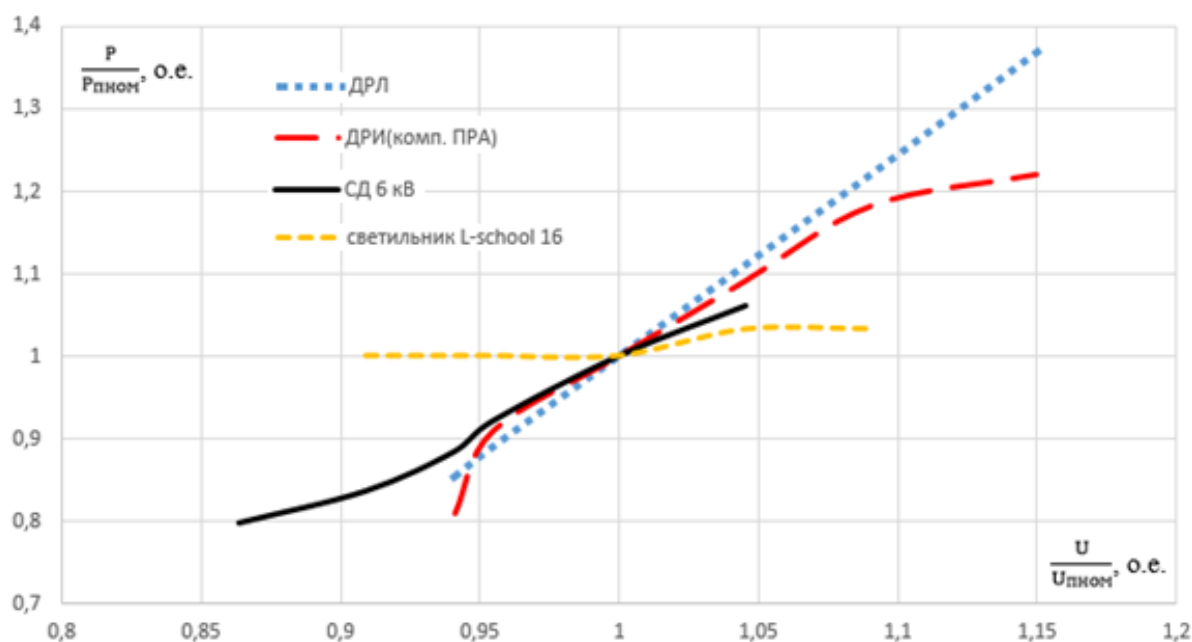


Рисунок 2. Зависимость относительной активной мощности различных источников света от относительного подведенного напряжения

Эксперимент, описанный в [4] показывает, что при использовании комплекта «драйвер – светодиоды», изменение напряжения в допустимых

пределах практически не влияет на величину потребляемой активной мощности. Так же исследуемые приборы освещения не потребляли, а генерировали реактивную мощность, что не было указано в паспорте световых приборов. При этом изменение напряжения от 200 до 240 В генерируемая реактивная мощность увеличилась на 50%.

На рисунках 2 и 3 представлены графические зависимости активной и реактивной мощностей от напряжения, построенные по данным таблиц 2, 3 и 4.

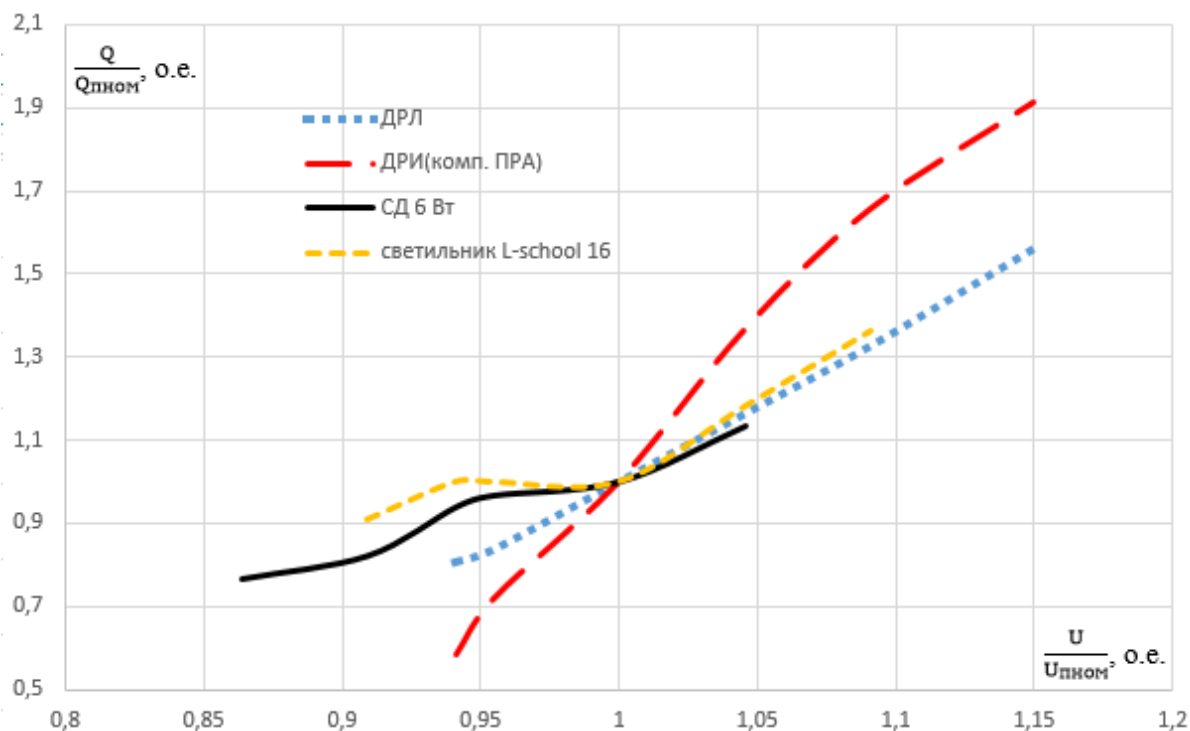


Рисунок 3. Зависимость относительной активной мощности различных источников света от относительного подведенного напряжения

Из графиков видно, что светодиодные источники света обладают большей устойчивостью к изменению напряжения, чем лампы типа ДРЛ и ДРИ активная и реактивная мощность светодиодных источников света обладают наименьшей чувствительностью к изменению напряжения. Согласно исследованиям, представленным в [1], влияние напряжения на потребление активной и реактивной мощностей индивидуально для каждого светодиода. Однако, после нагрева лампы до устойчивой температуры, что занимает около 30 минут, колебания напряжения в диапазоне  $\pm 10\%$  приводят к изменению активной потребляемой мощности всего на 2-4 % независимо от того, какой тип светодиода используется.

#### Вывод

1. Активная и реактивная мощности газоразрядных ламп высокого давления типа ДРЛ и ДРИ зависит от уровня питающего напряжения, что влияет на эффективность работы таких источников света.

2. Колебания напряжения в допустимых пределах практически не влияют потребление активной мощности светодиодных источников света. Но оказывают влияние на коэффициент мощности, что приводит к изменению реактивной мощности. Светодиодные светильники могут, как потреблять, так и

генерировать реактивную мощность, что необходимо учитывать при расчете компенсации реактивной мощности.

Литература

1. Bichik, A. Impact of Voltage Variation on Domestic and Commercial Loads. Master's thesis. Aalto University. 2016.
2. Таваров, С. Ш. Влияние отклонения напряжения на электрические величины осветительных ламп / С. Ш. Таваров, Г. Х. Маджидов // Международный научно-исследовательский журнал. 2016. № 11 (53). С. 117–119
3. Оценка и повышение эффективности работы осветительных установок промышленных предприятий /В. А. Анищенко [и др.]. – Минск: БНТУ, 2014. – 218 с.
4. Радкевич, В. Н. Характеристики электропотребления светодиодных световых приборов и их учет при расчете электрических сетей //В.Н. Радкевич, Я. В. Михайлова. – Энергетика. Изв. ВУЗов и энергетических объединений СНГ. - Том 59, 2016. – 4. С. 289–300.