

УДК 621.311

**ВЛИЯНИЕ ОТКЛОНЕНИЯ НАПРЯЖЕНИЯ НА ОСВЕТИТЕЛЬНЫЕ
УСТАНОВКИ**
EFFECT OF VOLTAGE DEVIATION ON LIGHTING INSTALLATIONS

Д. А. Коновалов

Научный руководитель – И. В. Колосова, старший преподаватель
Белорусский национальный технический университет,
г. Минск, Республика Беларусь

D. Konovalov

Supervisor – I. Kolosova, Senior Lecturer
Belarusian national technical university, Minsk, Belarus

Аннотация: структурировано влияние изменений напряжения на осветительные установки.

Abstract: the influence of voltage changes on lighting installations is structured.

Ключевые слова: освещение, изменение напряжения.

Keywords: lighting, voltage change.

Введение

Все электроприёмники зависят от изменения напряжения сети, поэтому необходимо уделять особое внимание поддержанию напряжения на зажимах электропотребителя, которое близко к номинальному. Любой электроприёмник обладает наилучшими технико-экономическими показателями, когда к нему подводится, через зажимы, оптимальное напряжение, светотехнические элементы не являются исключениями. Разница напряжений между номинальным и подводимым приводит к изменению эксплуатационных характеристик светотехнических установок. При отклонении напряжения изменяются и показатели самой сети – причиной таких изменений является потеря мощности и энергии.

Основная часть

Для электрического освещения помещений, зданий и наружных территорий применяются лампы накаливания (ЛН), газоразрядные лампы низкого давления (ГЛНД) и газоразрядные лампы высокого давления (ГЛВД), а также светодиодные и индукционные лампы. При проектировании помещений с осветительным оборудованием опираются на такие показатели ламп, как номинальная мощность $P_{ном}$, световой поток Φ , световая отдача H и срок службы T . Все вышеперечисленные данные можно найти в справочной литературе, они соответствуют работе ламп при номинальном напряжении. В электрических сетях имеет место потеря напряжения, поэтому при условии, что на шинах источника питания напряжение будет неизменным, у осветительных приборов показатель будет уже не номинальным. Из этого следует, что фактические характеристики источников света могут отличаться от указанных в справочной литературе, что сказывается на результатах расчета расхода электроэнергии. В разных источниках технической (справочной) литературе даётся информация о влиянии напряжения на технические характеристики

отдельных типов источников света, которая в них может не совпадать и даже быть противоречивой.

Электроприёмники, а также и светотехнические приборы, обладают возможностью изменять нагрузку, который понимается как изменение потребляемой мощности в процентах при изменении напряжения на 1 %. В соответствии с действующим ГОСТ 32144-2013 [2] установившееся отклонение напряжения (%) определяется по формуле

$$\delta U = \frac{U_y - U_{ном}}{U_{ном}} \cdot 100,$$

U_y – усреднённое значение напряжения в рассматриваемой точке сети;

$U_{ном}$ – номинальное напряжение сети.

Нормально допустимые и предельно допустимые значения δU_y на выводах электроприёмниках равны соответственно ± 5 и ± 10 % [4].

Опираясь на исследования, полученные в [1] изобразим график зависимости $\delta H = f(\delta U_y)$. На графике (рисунок 1) присутствуют ДРЛ, которые чаще использовались для освещения промышленных предприятий (на данный момент они запрещены на территории РБ), ДРИ, ими также подсвечивают автодороги, открытые местности большой площади, ЛЛ, которые освещают большую часть общественных зданий.

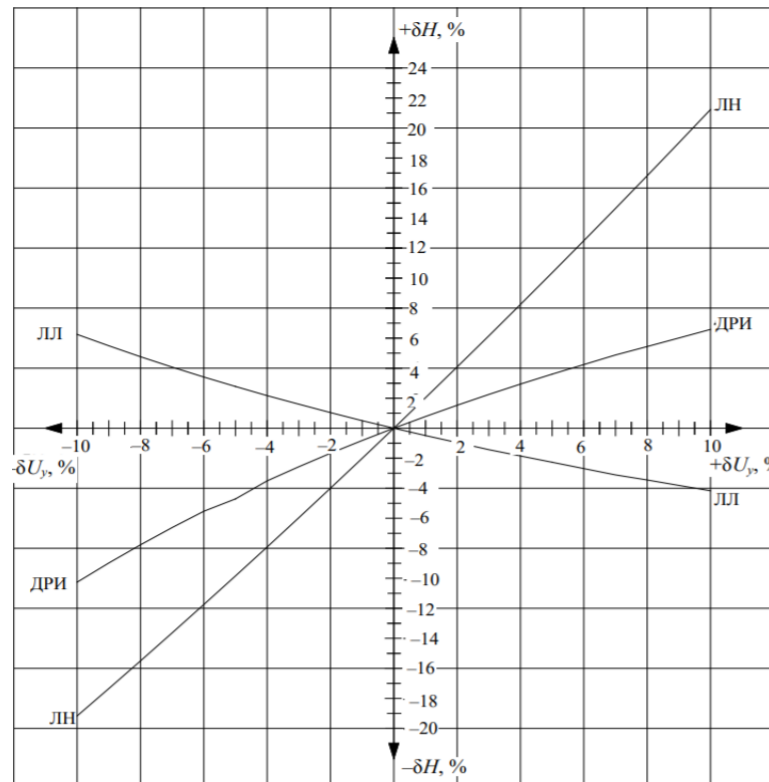


Рисунок 1 – Характеристика светового потока некоторых ламп в зависимости от подводимого напряжения.

По рисунку 1 можно увидеть, как изменяется световой поток при изменении подводимого напряжения на электротехнические установки в промежутке $\pm 10\%$ от указанного в паспортных данных значения. У ламп типа ДРЛ уровень светоотдачи при изменении напряжения на зажимах меняется незначительно. При светотехническом расчёте, увеличивая номинальное значение напряжения на 10% произошло увеличение светового потока лампы на полпроцента, и в тоже время при снижении подводимого напряжения на 10% – поток уменьшился почти на один процент.

При рассмотрении мною различной научно-технической литературы я заметил, что в ней предоставляется довольно неточная техническая информация о газоразрядных лампах. Как замечено в исследованиях, проводимых в [3], эксплуатационные характеристики ГЛНН меняют своё значение до трёх процентов за каждый 1% напряжения, в тоже время для ламп ДРЛ – изменяется на четыре процента. В отличие от ДРЛ, ДРИ слабо изучены, поэтому сложно выявить зависимость их срока службы от напряжения.

В независимости от изменения напряжения в сети долговечность газоразрядных ламп уменьшается. В среднем при $\delta U = \pm 10\%$ долговечность ЛЛ уменьшается на $21\text{--}26\%$ [3]. При частом использовании ламп типа ДРЛ время горения уменьшается с каждым новым разом включения (отключения). В связи с вышесказанным сложно выявить достоверную зависимость срока службы от колебания в сети напряжения с учётом постоянного пользования газоразрядных ламп.

В газоразрядных лампах используют пускорегулирующий аппарат (ПРА), который при регулировании напряжения на зажимах, потребляет основную долю дополнительной мощности, т.к. при комплекте лампа-ПРА в режиме превышения напряжения над номинальным, приходится на балластное сопротивление. Благодаря дросселю, который является балластом в большинстве случаев, служит для создания зажигающего импульса, тем самым уменьшая паузы переменного тока, а как следствие уменьшает пульсацию светового потока лампы. Использование групповой, либо индивидуальной компенсации, позволяет увеличить коэффициент мощности с газоразрядными источниками света до $0,9\text{--}0,95$ [4].

В следствии использования ПРА возникла необходимость компенсации реактивной мощности, а из исследования, проведённого в [5], можно увидеть, что потребление реактивной мощности изменяется сильнее, чем активной, что может привести к недостаточной или переизбыточной реактивной мощности.

В последние годы широко применяются светодиодные (СД) источники света, влияющие на реактивную мощность, в частности, на её избыток. 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. Из-за ёмкостного характера реактивной мощности

светильника, генерируемая светоотдача является причиной возникновения дополнительной реактивной мощности в сети потребителя [5].

Когда в светильники начали устанавливать драйвера и пускорегулирующую аппаратуру, это привело к возникновению высших гармоник.

Срок службы линии электропередачи, в том числе напряжением до 1кВ, во многом зависит от гармоник высшего порядка. Протекание токов высших нечётных гармоник приводит к искажению синусоидальности напряжения, а также к повышению потерь мощности на участках линии наружного освещения. При этом величина светового потока источника света определяется уровнем напряжения на зажимах светильника. Таким образом, чем дальше от источника питания находится светильник, тем сильнее будет подвержено изменение его светового потока от указанного в паспортных данных номинального значения.

В таблице 1 и 2 [5] представлен спектральный состав токов и напряжений, на основании СД ламп различной мощности, который показывает, что самое большое влияние генерируемых гармониками тока оказывают нечётные, а именно третья и пятая гармоники, а для мощных прожекторов пятнадцатая гармоника стала больше третьей.

По спектральному анализу напряжений видно, что сильного воздействия гармоники не производят и всё остаётся в пределах ГОСТа, равному 8%.

Таблица 1- Спектральный состав токов

Номер гармонической составляющей	Тип осветительных приборов							
	Гармонический состав токов осветительных приборов (в % к фазному току)							
	СД 10 Вт	СД 20 Вт	СД 4 Вт	СД 15 Вт	ДУМА-ДКУ-121-100-220	ДУМА-ДКУ-131-44-220	Diora 90	ВСЕ
3	93	14,2	32	37,1	11,1	11,0	15,0	25,6
5	82	95	13,7	14,2	7,0	7,2	9,0	44,6
7	69,8	92	12,9	10,4	3,2	5,2	6,8	18,6
9	60	9,8	10,1	9,3	1,1	1,0	2,1	20,1
11	55	77	7,7	3,3	3,9	1,6	2,8	13,6
13	53	73	9,2	6,75	2,9	2,5	2,42	17,7
15	50,9	6,8	4,4	5,46	11	14,5	18	12,3
Ток фазы, А	0,01	0,04	0,03	0,13	0,36	0,2	0,32	0,34
Коэф. Мощн.	0,62	0,98	0,65	0,77	0,635	0,9	0,765	0,78

Таблица 2- Спектральный состав напряжений

Номер гармонической составляющей	Тип осветительных приборов							
	Гармонический состав напряжения осветительных приборов (в % к фазному току)							
	СД 10 Вт	СД 20 Вт	Лампа 4 Вт	Лампа 15 Вт	ДУМА-ДКУ-121-100-220	ДУМА-ДКУ-131-44-220	Diora 90	ВСЕ
3	3,2	5,2	5,8	5,24	0,43	0,36	0,4	5,8
5	0,45	2,19	2,7	2,52	1,7	2,13	1,52	1,4
7	0,39	0,73	1,15	0,72	1,2	1,5	0,9	0,97
9	0,18	0,55	0,99	0,7	0,2	0,14	0,15	0,5
11	1,11	0,75	0,73	0,55	0,75	0,32	0,79	0,73
13	0,53	0,48	0,52	0,56	0,3	0,3	0,33	0,45

В работе [5] приведены результаты измерений значений силы тока в нулевом и фазном проводе линий напряжением до 1кВ. Выяснилось, что ток в нулевом проводе равен, либо больше фазного тока, тем самым перегревая проводник, что влечёт за собой угрозу безопасности электрооборудования и уменьшению срока эксплуатации проводника.

Изучение СД 6 Вт светодиодных источников света выявляет, что изменение напряжения от номинального оказывает влияние на коэффициент активной мощности, что приводит к увеличению потребления не только активной мощности, но и реактивной.

Понижая напряжение на зажимах светильника на пятнадцать процентов, мы увеличиваем реактивную мощность в три раза к отношению активной мощности. А повышая напряжение на пять процентов активная мощность уменьшается почти в 4 раза к реактивной [4].

Анализирую данную работу видно, что использование СД источников показало лучшие результаты по устойчивости в сравнении с ДРЛ и ДРИ, т.к. чувствительность активной и реактивной мощности у СД намного меньше, при отклонении напряжения в сети от номинального.

Стоит отметить, что лампы накаливания практически не используются, а ДРЛ запрещены для установки в Евросоюзе, Беларуси и России. С начала 2021 года на территории Российской Федерации запрещена установка ламп, содержащих ртуть, что фактически оставляет на рынке только светодиодные и неконкурентоспособные лампы накаливания. Проблемой ЛН является низкий КПД и большая потребляемая мощность в сравнении с светодиодными источниками света. У газоразрядных ламп главным недостатком является

высокое содержание ртути, у ДРЛ самое высокое содержание ртути, что усложняет утилизацию ламп. Данный запрет обусловлен экологическими требованиями. При неправильной утилизации ртутьсодержащих светильников, наносится большой урон природе.

Современным светотехническим решением является использование индукционных ламп (модернизированная люминесцентная лампа). К достоинствам индукционных ламп (ИЛ) можно отнести: яркость, высокую светоотдачу, энергосбережение, моментальный розжиг и нечувствительность к частым коммутациям, технически несложное регулирование силы света, долгий срок службы, невысокая потеря яркости во время эксплуатации, небольшой нагрев колбы, широкий спектр температур. Недостатками же являются: небезопасность при нарушении целостности колбы, сложность утилизации, большие габариты (не подходит для домашнего использования), невозможность работать в помещениях, оборудованных чувствительными электронными приборами, из-за излучения ИЛ, ограничение по минимальному расположению вблизи людей из-за электромагнитного и ультрафиолетовых излучений: не менее метра от головы стоящего человека, высокая цена. Исследований изменения напряжения для данных ламп не проводилось.

Заключение

По проведённым выше исследованиям, было выявлено, что потребляемая мощность зависит от того, какая разница между подводимым напряжением и номинальным, для ГЛВД. Сложность оценки светотехнических показателей для газоразрядных ламп приводит к неточной оценке данных и возникновению противоречий между ними и справочной информации. Отсутствие в литературе значений сроков службы для отдельных газоразрядных ламп, ИЛ, СД затрудняет их сравнение, ведь на многие светотехнические показатели не были произведены исследования.

Потребление мощности СД источниками почти не зависит от отклонений напряжений в одну или другую сторону. Но в свою очередь происходит изменение коэффициента мощности, что негативно влияет на стоимость оборудования, ведь нужно компенсировать увеличение реактивной мощности.

Литература

1. Влияние напряжения на основные характеристики ламп электрического освещения [Электронный ресурс] – 2020 – Режим доступа: [<https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-napryazheniya-na-osnovnyie-harakteristiki-lamp-elektricheskogo-osvescheniya>]. – Дата доступа: [25.10.2020];
2. Нормы качества электроэнергии в системах электроснабжения общего назначения: ГОСТ 32144-2013.
3. Козловская, В. Б. Электрическое освещение: справ. / В. Б. Козловская, В. Н. Радкевич, В. Н. Сацкевич. – Минск: Техноперспектива, 2007. – 255 с.
4. Влияние отклонений напряжения на электропотребление осветительных установок производственного помещения Семенюк К.Ю. Научный руководитель – старший преподаватель Колосова И.В

5. Влияние светодиодных источников света на спектры токов и напряжений питающей сети Мацук А. С., Клявдо М. А. Научный руководитель - к.т.н., доцент Козловска В. Б.