

УДК 621.32

РЕАКТИВНАЯ МОЩНОСТЬ В ОСВЕТИТЕЛЬНЫХ УСТАНОВКАХ
REACTIVE POWER IN LIGHTING INSTALLATIONS

П. А. Крупень

Научный руководитель – В. Б. Козловская, к. т. н., доцент

Белорусский национальный технический университет,

г. Минск, Беларусь

P. Krupen

Supervisor – V. Kozlovskaya, Candidate of Technical Sciences, Docent

Belarusian national technical university, Minsk, Belarus

Аннотация: описывается природа реактивной мощности в осветительных установках и способы борьбы с ней, а также подробно описывает элементы компенсационных установок и их разновидности.

Annotation: describes the nature of reactive power in lighting installations and ways to combat it, and also describes in detail the elements of compensation installations and their varieties.

Ключевые слова: реактивная мощность, осветительные установки, компенсация, лампы ДРЛ, лампы ДРИ, люминесцентные лампы, компенсационный конденсатор, групповая компенсация, индивидуальная компенсация.

Keywords: reactive power, lighting systems, compensation, DRL lamps, DRI lamps, fluorescent lamps, compensation capacitor, group compensation, individual compensation.

Введение

Для освещения различных объектов, как правило, практикуются газоразрядные лампы, обычно запитываемые сетью низковольтного напряжения. Электрический разряд в газовой среднестабилен. Любые изменения напряжения переменного тока могут разорвать разряд. В таком случае люминофор будет приходить в негодность гораздо быстрее, вызывая дополнительные расходы.

Чтобы не допустить этого разрядный ток контролируется подключенным параллельно к газоразрядной трубке лампы лимитирующим балластным сопротивлением. В качестве балласта обычно используется специальная катушка индуктивности – дроссель, имеющая сердечник из стали. Также дроссель используют для образования взрывозажигательного импульса посредством функций электродвижущей силы (ЭДС) самоиндукции. Данная катушка индуктивности сглаживает колебания переменного тока и, как результат, понижает отклонение светового потока, который излучает газоразрядная лампа высокого или низкого давления.

Также при применении дроссель использует реактивную мощность. Коэффициент мощности осветительных устройств типа ДРЛ, ДРИ и ДНаТ, обозначаемый в технической литературе как $\cos \varphi$, обычно находится в диапазоне от 0,52 до 0,61. Обмотка катушки индуктивности в составной части

дресселя вызывает некоторое количество потерь активной мощности и, как правило, это число составляет от 10 % до 20 % от номинальной мощности ОУ. Основная часть газоразрядных ламп являются потребителями реактивной мощности и. Это приводит к огромному влиянию на настройки электрического потребления как осветительной сети, так и всей электрической системы в целом посредством увеличения полной мощности. При завышенных значениях или превышении максимального значения допуска реактивной мощности главными способами контроля являются установка силовых трансформаторов и увеличение допустимого сечения сетевых проводников. При повышении процентного соотношения реактивной нагрузки в сети сказываются следующие последствия:

- падение коэффициента мощности. Коэффициент мощности является отношением активной мощности к полной. Пониженные значения $\cos \varphi$ могут приводить к увеличению сечений питающих линий и повышению стоимости электроэнергии;

- падение напряжения;
- перегрев компонентов лампы. Может приводить к сокращению срока службы;

- уменьшение эффективности. Проявляется в уменьшении светоотдачи и преждевременном перегорании лампы.

Способы компенсации реактивной мощности в освещении.

В осветительных установках возможны два типа компенсации реактивной мощности:

- групповой, посредством установки специальных компенсационных конденсаторов у осветительных щитков. Такие конденсаторы обслуживают сразу n -ое количество осветительных линий (рис. 1);

- индивидуальный, посредством установки компенсационного конденсатора напрямую к каждой осветительной линии (рис. 2).

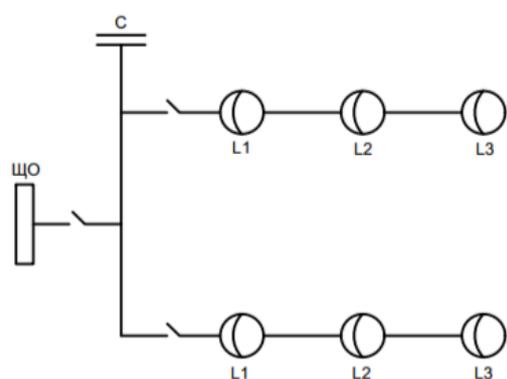


Рисунок 1 – Групповая компенсация

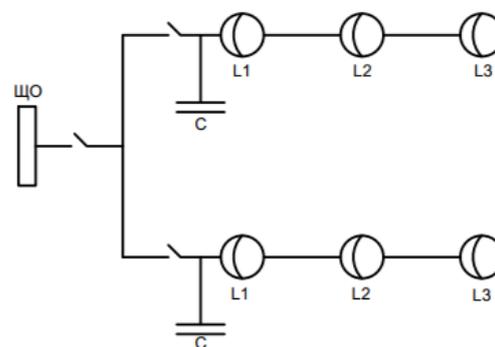


Рисунок 2 – Индивидуальная компенсация

У каждого из этих способов есть свои плюсы и минусы. Групповая компенсация, по сравнению с индивидуальной, позволяет устанавливать более

качественные и подходящие к данным условиям эксплуатации конденсаторы.

В установках с люминесцентными лампами низкого давления специалисты рекомендуют использовать пускорегулирующие устройства по так называемой «двухламповой стартерной схеме». Это объясняется тем, что конденсаторы создают в цепи опережающий ток и, тем самым, повышают $\cos \varphi \approx 0,92$.

Для дуговых ламп высокого давления, типа ДРЛ, ДРИ и ДНаТ, возможно применять как групповую, так и индивидуальную схему компенсации. В табл. 1 приведено соответствие мощностей с компенсационной емкостью.

Таблица 1 – Соответствие мощностей с компенсационной емкостью

Мощность ламп, Вт	300	550	800	1000
Емкость конденсаторов, мкФ	25	45	65	85

В установках с групповой компенсацией необходимая мощность конденсатора Q может быть определена по формуле:

$$Q = P \cdot (\tan \varphi_1 - \tan \varphi_2), \quad (1)$$

где P – мощность световых приборов, кВт;

$\tan \varphi_1$ и $\tan \varphi_2$ – значения исходного и желаемого коэффициента реактивной мощности.

Для компенсации реактивной мощности на промышленных предприятиях устанавливают одни из следующих типов устройств:

– статические конденсаторы: получили наибольшее распространение в связи с относительно небольшой массой и возможностью легкого ремонта, что влияет на простоту обслуживания таких установок. Эти показатели обуславливают их дешевизну и преимущественность закупок на подстанции, питающие предприятия. Так возможно наиболее выгодно компенсировать реактивную мощность;

– синхронные компенсаторы: имеют исполнение в виде синхронных двигателей в ненагруженном состоянии, которые подключаются к линиям электропередач на большие длины и сверхвысокое напряжение. Эти компенсаторы позволяют регулировать ток возбуждения, что приводит к пропорциональным изменениям в реактивной мощности;

– шунтирующие реакторы: необходимы при высоких зарядных мощностях и фиксации напряжения в допустимых диапазонах.

Компенсационные конденсаторы (рис. 3).

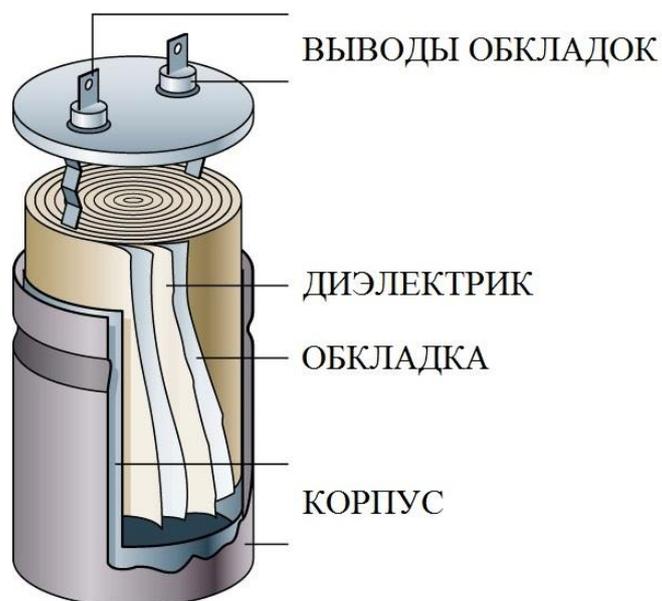


Рисунок 3 – Образец компенсационного конденсатора

Конденсаторы состоят из следующих основных частей:

– корпус: низковольтные конденсаторы имеют герметичный цилиндрический корпус из алюминия с крепежным винтом снизу и клеммным терминалом сверху. Для предотвращения разрыва оболочки из-за избыточного внутреннего давления качественные конденсаторы оснащают предохранительной складкой на корпусе. Вместе с особой «зарубкой» на внутренних соединениях это обеспечивает отключение конденсатора от сети в аварийных ситуациях, что предотвращает повреждение других элементов установки. Конденсаторы среднего напряжения имеют герметичный прямоугольный корпус из нержавеющей стали. Для крепления служат нижние кронштейны и боковые держатели;

– конденсаторные рулоны: изготавливаются в одно- или трех фазном исполнении. Могут соединяться по схемам Y или Δ . Рулон представляет собой своего рода обкладку, состоящую из металлической пленки. Ее параметры зависят от мощности и напряжения конденсатора: чем выше, тем толще и шире применяется пленка. Рулоны соединены с клеммным терминалом медными проводниками;

– импрегнат: наполнение конденсатора зависит от его напряжения и исполнения. Конденсаторы низкого напряжения наполняются инертным газом или нетоксичной массой растительного происхождения, а для среднего напряжения используется пропитка синтетической жидкостью без ПХБ. Это решение позволяет сохранить параметры конденсатора в течение длительного времени и снизить влияние внешних факторов, таких как температура;

– клеммный терминал: для конденсаторов низкого напряжения предлагаются два типа выводов – двойные хомутные выводы и болтовые (по числу фаз), а для конденсаторов среднего напряжения – только болтовые. Поскольку корпус полностью герметичный, степень защиты определяется

типом выводов: IP20 для хомутных и IP00 для болтовых. Для увеличения степени защиты до IP54 можно заказать специальные крышки. Необходимым требованием безопасности является наличие в конструкции разрядных резисторов, которые снижают напряжение конденсаторов до безопасного уровня при их отключении от сети в заряженном состоянии.

Литература

1. Реактивная мощность [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://rep.bntu.by/bitstream/handle/data/37721/Reaktivnaya_moshchnost_v_osvetitelnyh_ustanovkakh.pdf?sequence=1. – Дата доступа: 25.04.24
2. Компенсационные конденсатора [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://lsys.by/katalog/oborudovanie_dlya_kompensatsii_reaktivnoy_moshchnosti/kondensatory/#:~:text=Компенсационные%20конденсаторы%20предназначены%20для%20компенсации,также%20в%20фильтрах%20высших%20гармоник. – Дата доступа: 27.04.24
3. Школа для электрика [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://electricalschool.info/main/osnovy/2130-energiya-zaryazhennogo-kondensatora-primenenie-kondensatorov.html>. – Дата доступа: 27.04.24
4. Компенсационные конденсаторы Epcos [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.promelec.ru/news/2615/#:~:text=Они%20представляют%20собой%20самовосстанавливающиеся%20С%20металлизированные,400%20и%20525%20В>. – Дата доступа: 27.04.24