

Вступление

В современном городе уличная система освещения является обязательной частью городской инфраструктуры. Уличная система освещения растет синхронно с развитием города.

Статистика свидетельствует, что в среднем на освещение улиц в общественном секторе тратится порядка 30% электроэнергии от всей используемой в освещении.

Для многих городов расходы на освещение улиц и обслуживание осветительных сетей составляют львиную долю городского бюджета. В больших городах уличная система освещения может состоять из нескольких сотен тысяч светильников над тысячами дорог и пешеходных аллей. Например, в Лос-Анжелесе насчитывается более 240 тысяч светильников, которые установлены на 8500 километров дорог и жилых улиц. Ежегодно муниципальные власти города платят за освещение около 17-ти миллионов долларов. Из приведенных цифр видно, что сохранение энергии в уличном освещении представляет собой значительный интерес каждого муниципального департамента освещения. Для эффективного использования электроэнергии в секторе уличного освещения город должен иметь хорошо спроектированную осветительную инфраструктуру, энергосберегающие источники света и эффективную систему управления освещением.

Сбережение электроэнергии в секторе уличного освещения перекликается с более глобальной проблемой защиты окружающей среды и так называемого "Зеленого Освещения". Поскольку глобальный энергетический кризис становится все более и более очевидным, а экологическое загрязнение становится все серьезнее, "Зеленое Освещение" становится важной частью усилий человечества в реализации сохранения энергии и защиты экологии. Уменьшение загрязнения при производстве разнообразных источников света и дополнительного оборудования, применение научнообоснованного подхода к требованиям освещения, а также увеличение жизненного ресурса источников света и их пригодности для повторного использования - вот основные важные признаки реализации разнообразных программ "Зеленого Освещения". Многие страны мира создали собственные программы, существуют также глобальные программы такого типа, например "Green Lights - используемая с 1992 года инновационная программа, спонсируемая Агентством по охране окружающей среды США (EPA), которая поощряет американские корпорации применять энергосберегающие технологии в освещении. В Европе действует добровольная программа с похожим названием "GreenLight", согласно которой частные и общественные организации соглашаются с требованиями Европейской Комиссии относительно сокращения использования электроэнергии в освещении, уменьшая тем самым загрязнение среды. "GreenLight" была начата в феврале 2000-го года.

Общие положения

В начале в уличном освещении экономию электроэнергии осуществляли отключением каждого второго светильника с помощью реле времени (**рисунок 1**). Это экономит 50% энергии, но уменьшает эффект светового оформления и может быть опасным. Данное решение больше не является приемлемым и не поддерживается национальными и международными стандартами.

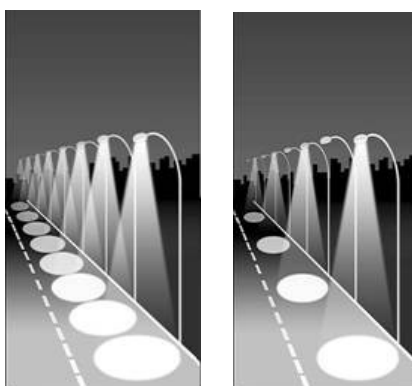


Рисунок 1. Упрощенная схема редукции мощности

Упомянутых недостатков можно избежать, если использовать технологию редукции мощности. Системы редукции мощности постепенно уменьшают электрическую мощность и световую отдачу в заданных пределах. Поскольку системы редукции мощности изменяют уровень освещения постепенно, они однозначно более приемлемы для уличного освещения, однако технические средства для таких систем дороже простых систем коммутации мощности.

На данный момент существует несколько технологий редукации мощности в освещении:

- Редукция мощности с помощью двухуровневого электромагнитного балласта
- Редукция мощности с помощью автотрансформаторов с большим количеством отводов
- Редукция мощности с помощью обрезания электронными средствами определенной части формы напряжения питания
- Редукция мощности с помощью управляемых электронных балластов
- Локальная редукация мощности для каждого светильника с помощью автотрансформатора.
- Редукция мощности с помощью резонансного преобразователя АС-АС.

Рассмотрим эти технологии более подробно.

Редукция мощности с помощью двухуровневого электромагнитного балласта

Редукция мощности для натриевых газоразрядных ламп высокого давления и ртутных газоразрядных ламп возможна путем уменьшения тока лампы. Такое уменьшение достигается с помощью индивидуального электромагнитного балласта с отводами. Схема подобного приспособления приведена на **рисунке 2**. Двухуровневые электромагнитные балласты являются самыми простыми устройствами редукации мощности. Они позволяют уменьшать интенсивность освещения в ночной период времени, экономят до 20% электроэнергии и их стоимость меньше других устройств редукации мощности. Двухуровневые электромагнитные балласты могут массово производиться любым производителем электромагнитных балластов. На данный момент подобные балласты предлагаются такими производителями, как Philippe Lighting, Thorn Lighting, Vossloh-Schwabe, ATCO.

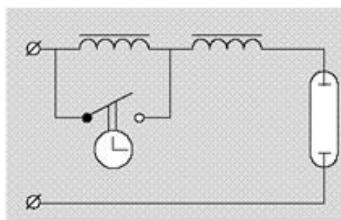


Рисунок 2. Схема двухуровневого электромагнитного балласта

Недостатки:

- увеличивается реактивная составляющая нагрузки ($\cos\phi$);
- применимо для отдельных светильников;
- требует наличия для каждого светильника канала связи с диспетчером (терминалом) или автоматического контролера-таймера;
- риск погасания лампы при провалах питающего напряжения.

Редукция мощности с помощью автотрансформаторов с большим количеством отводов

В данной технологии используются стандартные балласты и внешний автотрансформатор с большим количеством отводов, управляемый с помощью контроллера. Уменьшение мощности достигается уменьшением напряжения питания с сохранением ее формы (**рисунок 3**). Подобный подход пригоден для одновременного управления большой группой светильников. Количественно редукация мощности ограничена величиной порядка 40%. **Реальная редукация на практике составляет не более 30%**. Для построения законченной системы кроме автотрансформатора необходимо задействовать контролирующее устройство, блок коммутации, таймер и другие аксессуары.

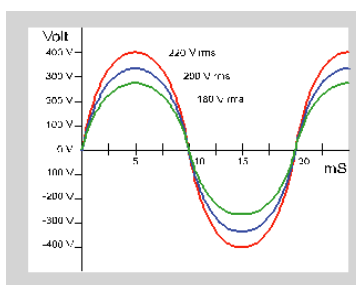


Рисунок 3. Принцип ограничения мощности путем уменьшения напряжения питания

Подобные редукторы мощности предлагаются такими производителями, как ESI Lighting Controls, Meridian Technologies.

Недостатки:

- риск погасания ламп в момент коммутации обмоток автотрансформатора;
- риск погасания ламп в конце осветительной линии, за счёт падения напряжения на самой линии.

ОДИС-W предлагает аналогичный редуктор СПРУТ®-PL, отличающийся возможностью стабилизации напряжения (повышение исходного напряжения при его недостаточности для зажигания ламп), а также совместимостью с базовой системой управления освещением СПРУТ®. Положительным моментом данного редуктора является также перегрузочная способность до 40%.

Редукция мощности с помощью обрезания части формы напряжения питания

Принцип действия данного вида редукторов мощности основывается на обрезании формы волны напряжения питания (так называемом Некритическом Обрезании Формы Волны), которое делает эту технологию особенно пригодной для газоразрядных источников света. Электронные средства используются для обрезания синусоидальной формы напряжения питания не изменяя существенно пиковое значение напряжения и, в то же время, поддерживая небольшой поток электронов в лампе даже при том, что мгновенное значение напряжения уменьшено. Сила света при этом постепенно и непрерывно уменьшается без каких-либо дополнительных циклов коммутации. Потенциал уменьшения мощности составляет около 30%. Данный вид редукторов мощности должен иметь специальный фильтр для ограничения до минимума гармонических составляющих тока и отвечать требованиям и стандартам по электромагнитной совместимости и уровню радиопомех. Пример одного из способов обрезания синусоидальной формы напряжения питания реализован в редукторе фирмы Merloni-Progetti и представлен на **рисунке 4**.

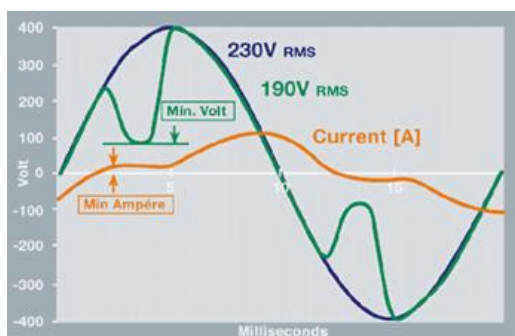


Рисунок 4. Принцип обрезания синусоидальной формы напряжения питания реализован в редукторе фирмы Merloni-Progetti

Подобные редукторы мощности предлагаются такими производителями как Merloni-Progetti, Thorn Lighting.

Недостатки:

- относительная не надёжность полупроводниковых коммутационных элементов, необходимость их обязательного охлаждения;
- высокий уровень коммутационных помех, сложность фильтрации на длинных осветительных линиях;
- негативное влияние на пусковое оборудование ламп;
- низкая перегрузочная способность.

Редукция мощности с помощью управляемых электронных балластов

Редукция мощности для натриевых ламп высокого давления возможна также при использовании управляемого электронного балласта типа ELGADI фирмы Verdeyen N.v. (**рисунке 5**). Этот электронный балласт имеет близкий к единице коэффициент мощности и низкие гармонические искажения, а цифровой интерфейс управления позволяет изменять мощность лампы от 50% до 100%. Для дистанционного управления и контроля возможна коммуникация с высоковольтным модемом. Данная технология позволяет экономить электроэнергию и увеличивать ресурс источников света. Управляемые электронные балласты экономически целесообразно применять в новых уличных системах освещения небольших городов с общим количеством светильников до 2000 штук.



Рисунок 5. Управляемый электронный балласт ELGADI фирмы Verdeyen N.v.

Подобные редукторы мощности предлагаются такими производителями как Verdeyen N.v., Philippe Lighting, Vlux, Edelcom.

Недостатки:

- относительная не надёжность при бросках питающего напряжения;
- высокая стоимость;
- применимо для отдельных светильников;
- требует наличия для каждого светильника канала связи с диспетчером (терминалом).

Локальная редукция мощности для каждого светильника с помощью автотрансформатора.

Редукция мощности для натриевых газоразрядных ламп высокого давления и ртутных газоразрядных ламп возможна путем уменьшения тока лампы. Такое уменьшение достигается с помощью индивидуального автотрансформатора с отводами. Схема подобного балласта приведена на **рисунке 6**. Многоуровневые электромагнитные балласты являются самыми надёжными устройствами редукции мощности. Они позволяют уменьшать интенсивность освещения в дневной и в ночной период времени от 10 до 25%, экономят до 35% электроэнергии. Многоуровневые электромагнитные балласты могут стабилизировать напряжение на лампе при его нестабильности, что предотвращает погасание ламп при провалах питающего напряжения. Данный редуктор разработан ОДИС-В под торговой маркой СПРУТ и был продемонстрирован на одной из конференций по энергосбережению в г. Донецке.

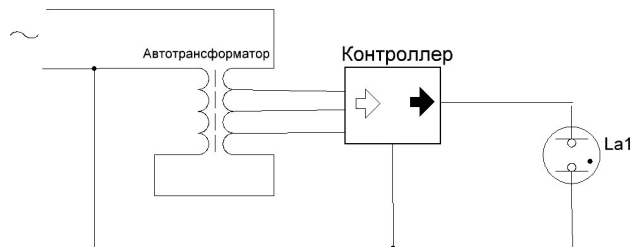


Рисунок 6. Схема многоуровневого электромагнитного балласта

Недостатки:

- применимо для отдельных светильников;
- требует наличия для каждого светильника канала связи с диспетчером (терминалом) или автоматического контролера-таймера;

Редукция мощности с помощью резонансного преобразователя АС-АС

Редукция мощности для натриевых ламп высокого давления возможна также при использовании электронного резонансного преобразователя, выполненного на основе ферромагнитного реактора (**рисунок 7**). Этот преобразователь имеет близкий к единице КПД и низкие гармонические искажения, а дискретное управление позволяет изменять мощность лампы от 30% до 100% при незначительном изменении освещённости. Данная технология позволяет экономить электроэнергию и увеличивать ресурс источников света без ухудшения качества освещения. В настоящий момент данная технология патентуется предприятием ОДИС-В и готовится промышленный образец на выходную мощность 5 кВт.

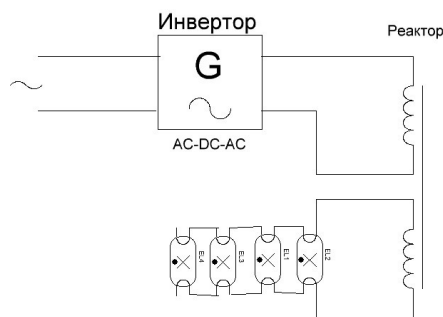


Рис. 7 Схема ферримагнитного резонансного преобразователя

Практические результаты применения редукторов мощности

В данной таблице приведены примеры применения редукторов мощности разных типов в разных проектах систем уличного освещения.

Расположение системы	Общая мощность системы, кВт	Тип редуктора мощности / производитель	Годовое сбережение электроэнергии %	Период возвращения инвестиций, годы
Castello, Italia	650	Обрезание синусоидальной формы напряжения питания с помощью встроенного таймера. / Merloni-progetti	34,9	2,7
Bangkok, Thailand	3320	Двухуровневые электромагнитные балласты / Meridian Technologies Co. Ltd	31	3,24
Zelee, Belgium	1008	Управляемый электронный балласт ELGADI / Verdeyen N.v	30	-

Решение ЧП Электросвит для экономии электроэнергии в освещении с использованием принципа редукии мощности

Решения делятся на 2 группы и отличаются принципом редукии мощности, каждый из которых детально описан выше:

- **Es-BluePower™** - редукии мощности с помощью обрезания электронными средствами определенной части формы напряжения питания, которое приводит к уменьшению освещенности газоразрядных ламп на 7% и уменьшению потребления электроэнергии при этом на 32% благодаря обрезанию ниспадающего фронта переменного напряжения питания, при отсутствии которого газоразрядная лампа светит благодаря инерции газа, который наполняет колбы ламп.

Недостатки:

- высокий уровень помех;
- низкий уровень надёжности из-за использования полупроводников;
- ограниченная перегрузочная способность из-за того, что полупроводниковые коммутирующие элементы включены в цепь нагрузки.

- **ES-RedPower™** - редукии мощности с помощью автотрансформаторов с множеством отводов для пропорционального уменьшения напряжения питания ламп и потребляемой ими электроэнергии.

Недостатки:

- нет возможности повышать исходное напряжение при его недостаточности для розжига ламп;
- ограниченное кол-во ступеней редукии.

Система контроля ES-BluePower™ позволяет управлять осветительной сетью и немедленно получать информацию о ее состоянии (в т.ч. аварийном), благодаря использованию связи через сеть GSM. Кроме того, по желанию клиента, возможно использование передачи данных через интерфейсы RS232, RS485. Данная функция не может быть востребована в шкафу типа И-710, где нагрузка распараллелена по 9-ти выходным линиям, имеющим индивидуальные предохранители. В системе реализовано ограничение мощности, которое заключается в обрезании синусоидальной формы напряжения питания ламп освещения в поздние ночные часы, когда движение автотранспорта практически отсутствует. Ограничение мощности, вызывая незначительное уменьшение яркости свечения ламп, дает экономию на уровне 20-30%, что является главным козырем предлагаемой нами системы. Экономический эффект может быть разным, в зависимости от применяемых источников света и качества подсистем целой осветительной инфраструктуры, однако практика показывает, что можно добиться экономии в среднем на уровне 25%. Как исполнительные элементы в устройстве использованы мощные транзисторы IGBT, управляемые микропроцессором, который связан с коммутатором ES-ForthLogic™. Данные транзисторы очень чувствительны к перенапряжению, а встроенные сопрессоры имеют низкое быстродействие и не успевают реагировать на наводки от дуговых разрядов в лампах. Это позволяет плавно подстраиваться под актуальную нагрузку, ликвидировать внезапные скачки амплитуды тока при переключениях, а также обеспечивать непрерывную стабилизацию исходного напряжения. Регулирование мощности заключается в обрезании части синусоиды напряжения питания на ее нисходящей части с одновременным сохранением в неизменном виде первой (0 - 90° и 180° - 270°) фазы нарастания. Сохранение возрастающей части синусоиды является чрезвычайно существенным для правильного розжига ламп в каждом цикле переменного напряжения. Благодаря этому, в большей степени, можно уменьшить потребляемую мощность ламп, не вызывая их угасания. Контуры включаются в работу "мягким" способом, то есть в момент, когда мгновенное значение напряжения равно нулю, что значительно уменьшает нагрузку от ударов тока как на выключатели, так и на лампы.

График, объясняющий сказанное выше (зеленая кривая показывает напряжение на лампе):

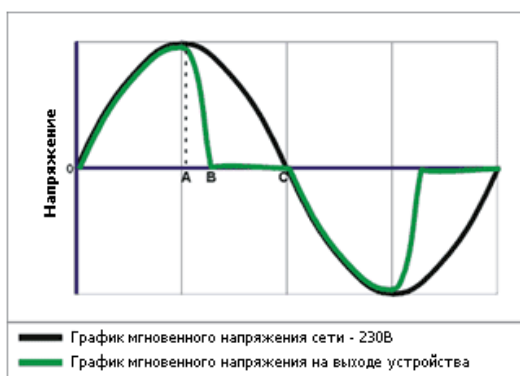
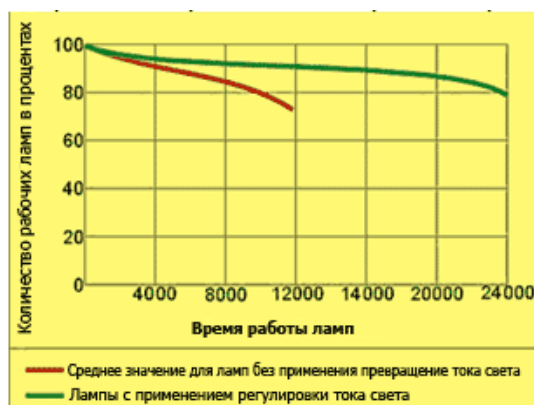


График изображает время безаварийной работы ламп:



По графику видно, что ресурс лампы с применением редуктора увеличивается больше, чем на 100% и составляет в среднем около 24000 часов. Без редукции среднее время составляет около 12000 часов. Ресурс лампы максимален при отсутствии резких изменений тока, так как газонаполненные лампы являются стабилизаторами напряжения. Скачкообразное изменение напряжения также может вызвать перенапряжение и пробой в обмотках дросселей балластов светильников.

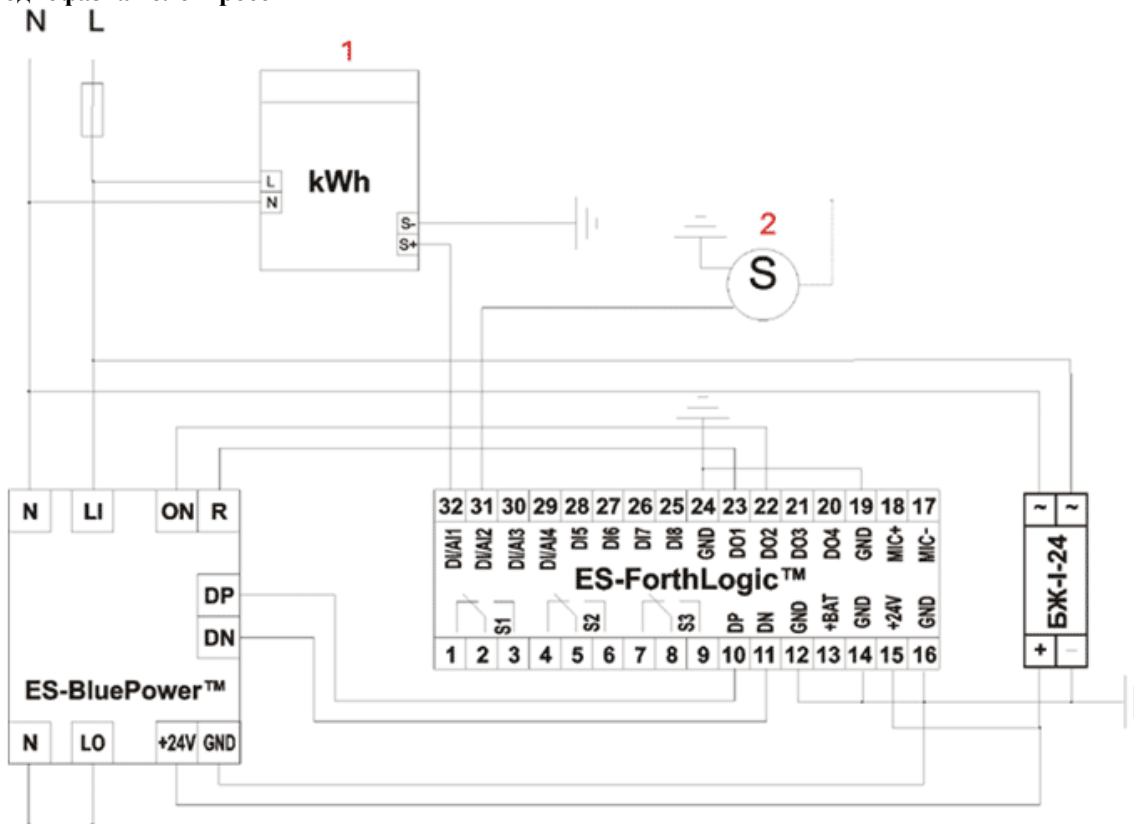
Транзисторная система редукиции мощности на базе электронных однофазных редукторов ES-BluePower™.

Электронные редуторы отличаются меньшими массогабаритными показателями и позволяют уменьшать потребление электроэнергии газовыми лампами на 32% при уменьшении уровня освещенности на 7% - 25% экономии средств. В данной системе коммуникатор прецизионно настраивает параметры работы электронного редутора, осуществляет автономное управление освещением и редукицией по заданной программе, передает через сеть GSM показания счетчика для расчета экономического эффекта от редукиции и оповещает ответственные лица в случае возникновения нештатных ситуаций. Параметрами редукиции можно управлять с помощью SMS или голосового меню коммуникатора, а также через GSM-шлюз и INTERNET.

На схеме:

- 1 - Однофазный счетчик электроэнергии с телеметрическим выходом
- 2 - Датчик открывания дверей электрощита

однофазная электросеть



к фонарям уличного освещения

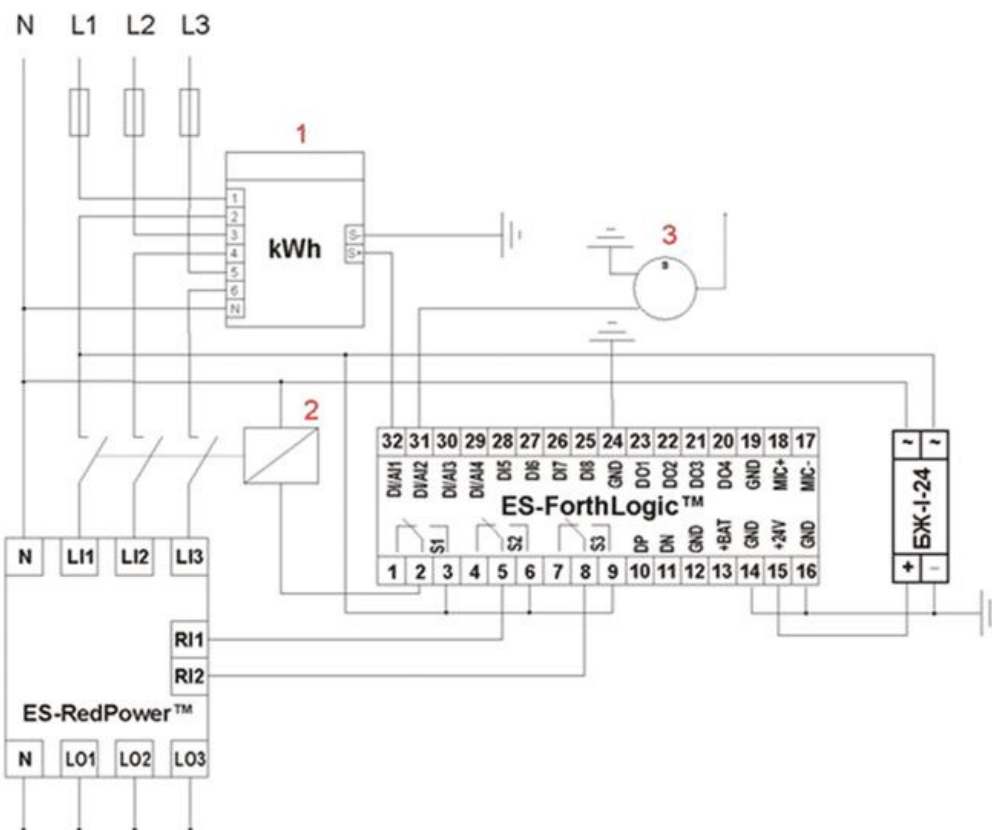
Трансформаторная система редукиции мощности на базе управляемых одно- и трехфазных трансформаторов ES-RedPower™.

Трансформаторы осуществляют пропорциональное к снижению освещенности уменьшение потребления электроэнергии. В данной системе коммуникатор также осуществляет автономное управление освещением и редукицией по заданной программе, передает через сеть GSM данные показаний счетчика для подсчета экономического эффекта от редукиции и оповещает ответственных лиц в случае возникновения нештатных ситуаций. Параметрами редукиции можно управлять с помощью SMS или голосового меню коммуникатора, а также через GSM-шлюз и INTERNET.

На схеме:

- 1 - Трехфазный счетчик электроэнергии с телеметрическим выходом
- 2 - Контакт
- 3 - Датчик открывания дверей электрощита

трехфазная электросеть



к фонарям уличного освещения

В сочетании с анализаторами качества параметров электросети, можно реализовать более сложные алгоритмы управления и мониторинга уличного освещения.

Габариты данного редуктора могут быть чрезмерными для встраивания в типовой шкаф И-710.