

ЭКОНОМИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В СИСТЕМАХ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ОСВЕЩЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ И ГОРОДОВ

Московский энергетический институт – ООО Фирма «Энергоконтроль»

Расход электрической энергии на освещение в системах электроснабжения предприятий, городского хозяйства (уличное освещение, освещение административных зданий, торговых центров и т.д.) составляет значительную часть в общем балансе их электропотребления. С учетом постоянно растущих тарифов на электроэнергию это ведет к значительному расходу финансовых средств на эти цели. При общем дефиците электрической энергии, эта проблема усугубляется тем, что период наибольшего потребления электроэнергии на освещение, как правило, совпадает с общесистемным вечерним максимумом нагрузки. Поэтому, задача снижения потребления электроэнергии на освещение актуальна как для отдельных потребителей, так и для энергосистемы в целом.

Многочисленные исследования показателей качества электроэнергии, проведенные за последние несколько лет при проведении сертификации электрической энергии [1] в распределительных электрических сетях 6-10/0,4 кВ в системах электроснабжения городов и промышленных предприятий, показали, что напряжение в сети во многих случаях значительно отличается от требуемого нормативными документами.

Один из типовых примеров графика изменения напряжения во времени в сети 0,4 кВ города приведен на рис 1. Как видно из данного графика, напряжение в сети выше номинального, особенно в ночное время, когда включается вся осветительная нагрузка. В подавляющем большинстве городских электрических сетей, от которых питаются системы уличного и внутреннего освещения как городские, так и промышленные, напряжение в сети, особенно в вечернее и ночное время, выше номинального на 5 – 10 %.

Это приводит к значительному ускорению износа осветительного оборудования, резкому сокращению срока службы электрических ламп.

Как показали натурные испытания, проведенные с современными, наиболее широко распространенными типами светотехнического оборудования (ртутные светильники, натриевые светильники, люминесцентные светильники внутренней установки и др.), их электропотребление значительно зависит от величины питающего напряжения. Полученные характеристики приведены на рис. 2, 3 и 4. Они очень хорошо совпадают с аналогичными характеристиками в [2], рис. 3.71, стр. 91. При увеличении напряжения питания на 10% их электропотребление возрастает на 20 – 30 %.

Из анализа реально существующих уровней напряжения в сети и характеристик зависимостей величины потребляемой мощности осветительного оборудования от напряжения их питания, можно сделать следующий вывод. Если обеспечить в электрической сети осветительного оборудования напряжение не повышенное на 5 – 10 % выше номинального, что реально существует в настоящее время, а немного ниже номинального, но не ниже -5%, тогда потребление мощности и энергии в системе электрического освещения снизится на 20 – 30 %. При этом, так как уровень напряжения при этом останется в пределах требований ГОСТа [1], то и светоотдача осветительного оборудования также не будет уменьшена ниже расчетных нормативов.

Для решения данной задачи был разработан специализированный автоматический регулятор напряжения (АРН-ЭО), позволяющий поддерживать напряжение в сети на заданном уровне с высокой точностью. Его использование позволяет решить две основные задачи:

- автоматически поддерживать напряжение в сети электрического освещения в диапазоне от номинального напряжения 220 В до 210 В (- 4,5 % от номинального);

- автоматическое включение и отключение освещения в соответствии с необходимой длительностью работы освещения для каждого суток в течение года, либо осуществление этих функций из единого диспетчерского центра в составе АСУ.

Вторая функция позволяет исключить дополнительную составляющую перерасхода электроэнергии на освещение вследствие запаздывания отключения освещения по сравнению с наступлением светлого времени утром, а также преждевременное включение освещения вечером, что объясняется несовершенством применяемой сейчас автоматики.

В настоящее время серийно выпускается несколько типоразмеров такого регулятора – от 5 кВт до 250 кВт. Это позволяет покрыть практически весь реальный диапазон существующих систем освещения в жилищно-коммунальном хозяйстве, уличном освещении, объектах муниципальной собственности (школы, больницы, административные учреждения и т.д.). Широкое применение такое устройств также может найти в различных бизнес-единицах (магазины, фабричные цеха и т.д).

Использование настоящего регулятора дает следующие результаты:

- снижение потребления электроэнергии на освещение при сохранении нормативных требований к освещенности объектов (в среднем на 25 %);
- увеличение срока службы электрических ламп и другого осветительного оборудования (в 1,5 – 2 раза).

С целью проверки работоспособности и эффективности применения данного оборудования был проведен ряд экспериментов в системах электрического освещения промышленных предприятий (инструментальное производство, мясокомбинат и т.д.) и в городском хозяйстве – административное помещение (школа), уличное освещение в нескольких городах. Полученные результаты во всех случаях практически совпадают.

Ниже приводится более детальное описание эксперимента в системе городского уличного освещения в одном из городов Московского региона.

1. Методика проведения эксперимента

Для проведения эксперимента было использовано следующее оборудование.

Автоматический однофазный регулятор напряжения (АРН-ЭО), мощностью 15 кВт, на напряжение 220 В. Выполнен на основе стабилизатора напряжения типа «ARCON». Входные цепи подключаются к сетевому напряжению. Поддерживает напряжение на выходе в заданных пределах. В настоящем эксперименте допустимый уровень выходного напряжения, от которого питаются системы освещения, был задан в пределах от -3% до -6% .

Регистратор напряжения и мощности типа «ЭРИС-КЭ.04». Регистрирует показатели качества напряжения, в том числе графики напряжения, а также графики мощности нагрузки. Автоматически вычисляет величины электроэнергии, прошедшей через прибор за заданный интервал времени. В настоящем эксперименте электроэнергия рассчитывалась за каждые сутки с 0 часов до 24 часов.

Все оборудование сертифицировано и поверено в органах Госстандарта.

Эксперимент проводился следующим образом.

В одну из фаз сети электрического освещения, непосредственно в электрощитовой 0,4 кВ на подстанции, на несколько дней (3 суток) подключается АРН-ЭО, который поддерживает на выходе напряжение ниже на $4,5\%$, чем номинальное (допустимые отклонения напряжения в сети составляют от $+5\%$ до -5% , т.е. напряжение находится в пределах ГОСТа). Тем самым, данная фаза электрического освещения питается напряжением ниже, чем остальные фазы. Последовательно с регулятором подключается регистратор, который фиксирует графики изменения напряжения и мощности в сети освещения. Определяется потребленная электроэнергия в течение этих трех суток.

В течение следующих 3-х суток регистрируется потребленная электроэнергия без данного регулятора. После завершения испытательного цикла сравниваются величины потребления электроэнергии с использованием АРН-ЭО и без него в течение каждого периода соответственно.

Так как уличное освещение работает одинаково каждые сутки, различие между рабочими и выходными днями не фиксировалось.

В качестве светильников в данной сети были установлены в основном натриевые светильники.

2. Полученные результаты

Табл. 1

Потребление активной электроэнергии в сетях электрического освещения при изменении напряжения сети

№ п/п	Без АРН-ЭО			С АРН-ЭО			Разница	
	День недели	Дата	Суточное потребление кВт*ч	День недели	Дата	Суточное потребление кВт*ч	кВт*ч	%
1	Чт	29.03.2007	75.7	Пн	2.04.2007	58.5	17.2	22.7
2	Пт	30.03.2007	72.5	Вт	3.04.2007	56.2	16.3	22.5
3	Сб	31.03.2007	71.7	Ср	4.04.2007	55.7	16.0	22.3
Итого:			219.9			170.4	49.5	22.5%

Как видно из приведенных результатов эксперимента, при использовании АРН-ЭО, потребление активной мощности снизилось более, чем на **20 %**.

Следует отметить, что графики изменения напряжения в сети в течение суток типичны для большинства существующих распределительных сетей в Московском регионе, а именно - наблюдается повышение напряжения в ночное время. Этим и обусловлена в первую очередь такая существенная экономия электроэнергии при использовании стабилизатора напряжения.

В данной модификации регулятора отсутствовала функция автоматического включения и отключения освещения по заданному временному графику для годового изменения длительности дня и ночи. Учет данного фактора должен привести к еще большей экономии электроэнергии при использовании таких регуляторов.

Дополнительно необходимо учесть экономию на эксплуатационные расходы за счет увеличения сроков службы ламп и пуско-регулирующей аппаратуры при использовании данных регуляторов.

Кроме того, на основе использования данного оборудования очень просто может быть реализована система автоматизированного диспетчерского управления уличным освещением, с контролем его правильного включения и отключения на объектах.

3. Технико-экономическая оценка эффективности использования АРН-ЭО.

Проведем ориентировочную оценку эффективности применения АРН-ЭО на основе сети уличного освещения одного из городов Московского региона.

По итогам 2006 г. на уличное освещение в данном городе было потреблено 7 253 585 кВт*ч электроэнергии.

При тарифе на электроэнергию на текущий год в 1,587 руб/кВт*ч, в 2007 г. на оплату электроэнергии за уличное освещение будет потрачено не менее

$$7\,253\,585 * 1.587 = 11\,511\,439 \text{ рублей.}$$

При использовании регуляторов АРН-ЭО и снижении потребления активной мощности на 22,5 %, получаем годовую экономию средств в размере

$$11\,511\,439 * 0,225 = 2\,600\,000 \text{ рублей.}$$

Стоимость оснащения сети такими регуляторами можно оценить следующим образом. Среднесуточная величина часов работы уличного освещения составляет

$$(16 + 6) / 2 = 11 \text{ часов,}$$

где: 16 – количество часов работы освещения в декабре месяце;

6 – количество часов работы освещения в июне месяце.

Тогда, общее число часов горения в году можно оценить в размере

$$11 * 365 = 4\,015 \text{ часов,}$$

где: 365 – количество суток в году.

Установленная мощность системы уличного освещения составляет

$$P_{\text{уст}} = 7\,253\,585 \text{ кВт*ч} / 4\,015 \text{ часов} = 1\,800 \text{ кВт.}$$

При стоимости АРН-ЭО 2 500 руб/кВт его общая стоимость составит

$$2\,500 \text{ руб/кВт} * 1\,800 \text{ кВт} = 4\,500\,000 \text{ руб.}$$

Таким образом, капиталовложения, необходимые для реализации проекта по внедрению АРН-ЭО, составляют 4 500 тыс. руб.

Срок окупаемости проекта составит – 2,2 года (см. табл. 2)

Срок окупаемости, с учетом дисконтирования – 2,6 года.

Табл. 2.

Показатели проекта		
Срок проекта	3	лет
Срок окупаемости проекта	2,2	лет
Срок окупаемости проекта с учетом дисконтирования	2,6	лет
Эффективность проекта, чистый дисконтированный доход (ЧДД)	784	тыс. руб.
Внутренняя норма доходности (ВНД)	18,7%	
Индекс рентабельности	1,17	

Заключение.

1. Разработаны и предложены технические средства для сокращения расхода электроэнергии на нужды электрического освещения и продления срока службы осветительной аппаратуры.
2. Проведенный технико-экономический анализ на основе натуральных экспериментов подтвердил высокую эффективность предложенного метода и разработанных технических средств.

Литература.

1. ГОСТ 13109-97. «Показатели качества электрической энергии в электрических сетях общего назначения»
2. Справочная книга по светотехнике. М., Энергоатомиздат, 1995 г. 526 с.