

ОСВЕЩЕНИЕ ПУНКТОВ ДИСПЕТЧЕРСКОГО УПРАВЛЕНИЯ В ЭНЕРГЕТИКЕ

А.В. Кудряшов, А.С. Калинина, Ю.И. Аверьянов, И.М. Кирпичникова
Южно-Уральский государственный университет, г. Челябинск

Использование современных автоматизированных систем технологического управления на основе дисплейных терминалов заставляет уделять особое внимание созданию оптимальных условий для зрительной работы персонала. При проектировании освещения таких рабочих мест обязательно должны учитываться специфические требования (недопустимость избыточного освещения и ограничение пульсации). Системы управления световым потоком светодиодных источников света используют ШИМ-регулирование, при этом изменяется скважность сигнала в широком диапазоне. Создана математическая модель, учитывающая особенности восприятия непостоянного освещения органами зрения. Аналитические исследования показали, что при значениях коэффициента заполнения, равных 0,5, значительно возрастает вероятность зрительного утомления, а увеличение частоты ШИМ-регулирования оправдано с точки зрения гигиенического воздействия освещения на органы зрения.

Ключевые слова: системы управления освещением, светодиоды, моделирование, диммирование, ШИМ-регулирование.

В последние десятилетия объекты отечественной электроэнергетики переживают значительную реконструкцию производственных мощностей, одним из важнейших элементов которой является модернизация и усовершенствование автоматизированных систем управления технологическими процессами (АСУ ТП). На данный момент АСУ ТП можно рассматривать как основное оборудование большинства энергетических объектов, а термин «Цифровая подстанция» становится все более привычным.

Элементы телемеханического контроля оборудования начинают использоваться на диспетчерских пунктах 30-х годов прошлого века [1, 2], в 50-е годы широко внедряется звукозапись телефонных разговоров на диспетчерских пунктах, поскольку взаимодействие диспетчерского персонала на различных уровнях становится очень важным. Так же в это время наряду с центральными диспетчерскими пунктами были созданы объединенные диспетчерские управления, а позднее и центральное диспетчерское управление [3]. Качественные изменения в структуре диспетчерского управления повлекли за собой внедрение новых технических средств в процесс диспетчерского управления, а именно вычислительной и телевизионной техники [4, 5]. В конце 1970-х годов имели место первые попытки создания автоматизированных диспетчерских систем, базой которых являлись семантические сети, а реализация предполагала использование мини-ЭВМ [6]. Бурное внедрение АСУ ТП на объектах электроэнергетики России состоялось в середине 90-х годов [7] и сделало элементы автоматизации основным системообразующим компонентом [8].

Современная АСУ ТП предназначена не только для контроля, но и для управления процессом производства и распределения электрической и тепловой энергии, а также для регистрации и предотвращения аварийных ситуаций, для сбора данных о технологическом процессе. К функциям, реализованным в АСУ ТП энергетического комплекса, помимо измерения технологических параметров, преобразования их к цифровому виду, удаленного диспетчерского управления и контроля состояния оборудования следует отнести обеспечение человеко-машинного интерфейса с такими возможностями, как визуализация объекта автоматизации и технологического процесса, формирование трендов и осциллограмм происходящих процессов [9]. Полный набор требований к функциям АСУ ТП перечислен в [10–12].

Рабочие места операторов таких систем обычно представляют собой персональный компьютер в промышленном исполнении (или панель управления) с установленным на нем специализированным программным обеспечением. Визуальное отображение информации осуществляется посредством дисплеев, число которых для каждого рабочего места может достигать четырех и более [13]. Главный щит управления (ГЩУ) отличается увеличенным размером дисплейных элементов, которые позволяют демонстрировать наиболее важные анимированные мнемосхемы с основным оборудованием. В помещении ГЩУ для персонала, ведущего эксплуатацию станции, создаются все условия для контроля над работой объекта, возможно вмешательство во все основные процессы управления оборудованием, изменение режимов, регулирование параметров.

Зрительное утомление операторов АСУ ТП

Наличие автоматизированных систем управления технологическими процессами на предприятии позволяет повышать производительность и безопасность производства, а также минимизировать численность обслуживающего и оперативного персонала. Таким образом, внедрение современных технологий в функционирование станций приводит, с одной стороны, к упрощению работы специалистов, с другой стороны, к изменению привычных условий труда.

Длительная работа диспетчерского и оперативного персонала, связанная с постоянным наблюдением текущего состояния энергосистемы на дисплеях требует также повышенной сосредоточенности, что приводит к повышенным нагрузкам на органы зрения человека. Вследствие чего, у персонала развивается зрительное утомление, способствующее возникновению нервного напряжения, стресса, возможным ошибочным действиям. Причинами возникновения зрительного утомления являются, с одной стороны, неудовлетворительные параметры световой среды, а с другой, отсутствие четких требований к параметрам дисплейных терминалов.

Вопросы нормализации световой среды для операторов, проводящих значительную часть рабочего времени за распознаванием на экранах графических схем и числовых значений, на данный момент полностью не изучены и поэтому требуют углубленных исследований. Эти вопросы особенно актуальны, когда речь идет о дежурном персонале электрических подстанций, так как ошибочные действия этих работников могут привести к серьезным последствиям, например, к сбоям в работе энергосистем. Дополнительным неблагоприятным фактором для указанных работников является работа в ночную смену (при 12-часовом графике). Следует помнить, что большое количество электрических подстанций магистральных электрических сетей располагается в северных районах, характеризующихся недостатком естественного освещения в зимний период, соответственно, возрастает роль систем искусственного освещения. Система гигиенической оценки параметров световой среды диспетчерских пунктов энергосистем, сложившаяся с момента внедрения специальной оценки условий труда, не в полной мере обеспечивает контроль за безопасностью осветительных установок, кроме того, представленные на рынке образцы энергоэффективных источников света зачастую не обеспечивают подтверждение заявленных характеристик (в том числе качества освещения).

Требования к параметрам световой среды рабочих мест, оборудованных дисплейными терминалами специфичны [14], их можно назвать более строгими. При нормировании большинства видов зрительных работ ограничивается только мини-

мальное значение освещенности, большие уровни освещенности при этом считаются допустимыми. Но при работе с дисплеями избыток освещенности приводит к снижению контраста экранного изображения, затруднению его распознавания, следовательно, необходимо ограничивать не только минимальное, но и максимальное допустимое значение освещенности. Наиболее строгими следует признать требования, касающиеся качества освещения таких рабочих мест, а именно пульсации светового потока. Если для основных видов зрительных работ допустимым является 20%-ная пульсация освещенности, то при использовании дисплеев только 5%-ная. Эти особые требования (недопустимость избыточного освещения и ограничение пульсации) обязательно должны учитываться при проектировании освещения рабочих мест с дисплейными терминалами.

Особенности построения энергоэффективных осветительных систем диспетчерских пунктов

Построение энергоэффективных осветительных систем на основе светодиодных (СД) светильников становится все более привычным, большинство проектировщиков старается добиться максимального энергосбережения. Кроме фактического энергосбережения, полученного в результате замены традиционных ламп на светодиоды, целесообразно использование систем управления освещением, обеспечивающих дополнительную экономию энергии и повышающих комфорт на рабочих местах [15–19].

Учитывая, что создание избыточных уровней освещенности не выгодно с экономических позиций, но и недопустимо для операторов дисплейных терминалов с точки зрения гигиенического воздействия, необходимо применение светодиодных светильников с регулируемой яркостью, обеспечить которую можно разными способами. Световой поток светодиодных светильников теоретически может регулироваться с помощью диммеров общего назначения (с отсечкой по заднему фронту), однако, такой способ все реже применяется на практике.

Учитывая, что СД – это приборы, функционирующие на постоянном токе, становится возможным применение таких методов управления как широтно-импульсная модуляция (ШИМ), позволяющих эффективно менять ток СД и их световые характеристики в широких пределах. Возможность плавного изменения светового потока СД лампы позволяет управлять освещенностью на рабочем месте, создавая наиболее комфортные условия [20].

Принцип ШИМ заключается в том, что на светодиод подается не постоянный, а импульсно-модулированный ток. Средняя яркость светодиода становится управляемой, в то же время светодиод не гаснет. ШИМ включает и выключает светодио-

ды с высокой частотой, что уменьшает время нахождения светодиода во включенном состоянии и обеспечивает уменьшение излучаемого им света. Метод регулирования яркости при помощи ШИМ был оправдан и не имел особенных противопоказаний для применения в светильниках с люминесцентными лампами, но для светодиодных источников, обладающих незначительной инерционностью этот метод приводит к колоссальной пульсации светового потока, незаметной для человека, но негативно сказывающейся на здоровье. Пульсация источников света определяется двумя факторами – их инерционностью и схемой управления (форма и частота тока). Инерционность СД определяется временем нарастания его светового потока от 0,1 до 1,0 и спада от 1,0 до 0,1 его номинального значения при подаче и снятии напряжения. У современных СД это время составляет от 5 до 50 нс [21–25], поэтому на частоте до десятков кГц такие источники света можно считать абсолютно безынерционными элементами, пульсация которых полностью определяется пульсацией входного тока устройства управления. Следует заметить, что актуальные нормативные документы [26–30] не содержат требований к импульсам выходного напряжения при работе светодиодных модулей.

Учитывая отсутствие инерции СД источников, становится очевидным необходимость рассмотрения инерционных свойств зрения человека.

Моделирование инерционных свойств зрения

Одной из важных характеристик зрения является световая чувствительность, во многом определяемая адаптационными свойствами глаз.

Для того чтобы понять представляет ли метод регулирования яркости посредством ШИМ вред для органов зрения, необходимо применить математическое моделирование особенностей восприятия непостоянного освещения органами зрения.

Инерционные свойства зрения можно рассмотреть, представив блок инерции зрения в виде линейной модели для одиночных вспышек:

$$S(t) = \frac{1}{v} \int_{-\infty}^t L(\tau) \cdot A(t - \tau) d\tau, \quad (1)$$

где $S(t)$ – светлота (ощущение яркости); $L(\tau)$ – яркость; $A(t)$ – функция затухания; v – постоянный коэффициент.

Или

$$S(t) = \frac{k}{v} \int_{-\infty}^t L(\tau) \cdot e^{-\frac{t-\tau}{v}} d\tau. \quad (2)$$

Исследуем эту формулу при прямоугольных периодических мельканиях с произвольным соотношением длительности светлой фазы τ_δ к темной τ_n .

Предположим, что $t = 0$. Тогда для светлой фазы светлота будет

$$S_\delta(t) = \frac{k}{v} \int_0^t L \cdot e^{-\frac{t-\tau}{v}} d\tau = \frac{kL}{v} e^{-\frac{t}{v}} \int_0^t L \cdot e^{\frac{\tau}{v}} d\tau = kLe^{-\frac{t}{v}} \left(1 - e^{-\frac{t}{v}}\right) = kL \left(1 - e^{-\frac{t}{v}}\right).$$

При $t = \tau_\delta$:

$$S(\tau_\delta) = kL \left(1 - e^{-\frac{\tau_\delta}{v}}\right). \quad (3)$$

Для темной фазы:

$$S_n(\tau) = kL \left(1 - e^{-\frac{\tau_\delta}{v}}\right) \cdot e^{-\frac{t-\tau}{v}}. \quad (4)$$

При $\tau_n = T$:

$$S(\tau_n) = kL \left(1 - e^{-\frac{\tau_\delta}{v}}\right) \cdot e^{-\frac{T-\tau}{v}}. \quad (5)$$

Величина изменения светлоты ΔS будет при переходе от светлой фазы к темной

$$\Delta S = S(\tau_\delta) - S(\tau_n) = kL \left(1 - e^{-\frac{\tau_\delta}{v}}\right) - kL \left(1 - e^{-\frac{\tau_\delta}{v}}\right) \cdot e^{-\frac{T-\tau}{v}}.$$

Исследуя ΔS на максимум,

$$\Delta S = kL \left(1 - e^{-\frac{\tau_\delta}{v}}\right) - kL \left(1 - e^{-\frac{\tau_\delta}{v}}\right) \cdot e^{-\frac{\tau_\delta + \tau_n - \tau}{v}} = kL \left(1 - e^{-\frac{\tau_\delta}{v}} - e^{-\frac{\tau_n}{v}} + e^{-\frac{\tau}{v}}\right).$$

Так как $T_n = T - T_\delta$, то

$$\Delta S(\tau_\delta) = kL \left(1 - e^{-\frac{\tau_\delta}{v}} - e^{-\frac{T-T_\delta}{v}} + e^{-\frac{T}{v}}\right). \quad (6)$$

Первая производная $\Delta S(\tau_\delta)$:

$$\begin{aligned} \Delta S'(\tau_\delta) &= kL \left(0 - e^{-\frac{\tau_\delta}{v}} \left(-\frac{1}{v}\right) - e^{-\frac{T}{v}} \cdot e^{\frac{\tau_\delta}{v}} \left(\frac{1}{v}\right) + 0\right) = \\ &= \frac{kL}{v} \left(e^{-\frac{\tau_\delta}{v}} + e^{-\frac{T-T_\delta}{v}}\right). \end{aligned} \quad (7)$$

Если у $\Delta S(\tau_\delta)$ имеется максимум, то $\Delta S'(\tau_\delta) = 0$. $\frac{kL}{v}$ не может быть равно нулю, следовательно

$$e^{-\frac{\tau_\delta}{v}} - e^{-\frac{T-T_\delta}{v}} = 0 \Rightarrow e^{-\frac{\tau_\delta}{v}} = e^{-\frac{T-T_\delta}{v}}.$$

Отсюда следует

$$\tau_\delta = T - \tau_\delta, \quad 2\tau_\delta = T,$$

т. е.

$$\tau_\delta = \frac{T}{2},$$

или

$$\tau_\delta = \tau_n.$$

Таким образом, максимум изменения светлоты имеет место при равной продолжительности светлой и темной фаз, то есть некоторые режимы прерывающейся работы ламп (равная продолжительность темной и светлой фаз) неприемлемы относительно восприятия зрением.

Исследуем изменение светлоты при изменении частоты ШИМ-регулирования.

При изменении частоты пульсации с постоянной скважностью ΔS будет равняться

$$\Delta S = kL \left(1 - e^{-\frac{\tau_\delta}{v}} - e^{-\frac{\tau_n}{v}} + e^{-\frac{T}{v}}\right).$$

После подстановки $T = \frac{1}{v}$:

$$\Delta S = kL \left(1 - 2e^{-\frac{1}{2vv}} + e^{-\frac{1}{vv}}\right).$$

Исследуем ΔS на максимум, найдя первую производную

$$\begin{aligned} \Delta S' &= -2kLe^{-\frac{1}{2vv}} \left(-\frac{1}{2v}\right) \left(-\frac{1}{v}\right) + \\ &+ kLe^{-\frac{1}{vv}} \left(\frac{1}{v}\right) \left(-\frac{1}{v^2}\right) = \frac{kL}{vv^2} \left(e^{-\frac{1}{vv}} - e^{-\frac{1}{2vv}}\right). \end{aligned}$$

При наличии максимума $\Delta S' = 0$, но $\frac{kL}{vv^2}$ не может быть равно нулю, следовательно

$$e^{-\frac{1}{vv}} - e^{-\frac{1}{2vv}} = 0 \Rightarrow e^{-\frac{1}{vv}} = e^{-\frac{1}{2vv}},$$
$$\frac{1}{vv} = \frac{1}{2vv},$$

что тоже невозможно.

Это позволяет сделать вывод, что максимума ΔS при изменении частоты пульсации нет.

Рассмотрим динамику изменения ΔS при изменении частоты пульсации.

При $v = 0$:

$$\Delta S = kL \left(1 - e^{-\frac{1}{2vv}} + e^{-\frac{1}{vv}} \right) =$$
$$= (1 - e^{-\infty} + e^{-\infty}) = kL.$$

При $v \rightarrow \infty$:

$$\lim_{v \rightarrow 0} \Delta S' = \frac{kL}{vv^2} \left(e^{-\frac{1}{vv}} - e^{-\frac{1}{2vv}} \right) =$$
$$= \lim_{v \rightarrow \infty} \frac{kL}{vv^2} \left(e^{-\frac{2}{2vv}} - e^{-\frac{1}{2vv}} \right) =$$
$$= \lim_{v \rightarrow \infty} 6,39 \frac{kL}{vv^2} \cdot e^{-\frac{1}{2vv}} =$$
$$= 6,39 \frac{kL}{v} \lim_{v \rightarrow \infty} \frac{e^{-\frac{1}{2vv}}}{v^2} = 0. \quad (8)$$

Анализ (8) показывает, что при увеличении частоты пульсации светлота монотонно уменьшается от величины kL до нуля, следовательно, увеличение частоты ШИМ-регулирующего оправдано с точки зрения гигиенического воздействия освещения на органы зрения.

Аналитическое изучение инерционных свойств зрения показывает, что значимым фактором в формировании зрительных ощущений при пульсации освещения является не только частота пульсации, но и величина скважности.

Заключение

При использовании регулирования светового потока светодиодных светильников методом ШИМ необходимо учитывать особенности восприятия непостоянного освещения органами зрения. Аналитические исследования показали, что при значениях коэффициента заполнения, равных 0,5, возрастает вероятность зрительного утомления, поэтому при необходимости изменения освещенности в широком диапазоне регулирование за счет ШИМ нецелесообразно.

Осветительные установки, используемые для освещения диспетчерских пунктов объектов энергетики, должны учитывать особенности восприятия мерцающего освещения зрением.

Литература

1. Залесский, В.Н. Рационализация работы диспетчера энергосистемы при помощи телеизмерения / В.Н. Залесский // *Электрические станции*. – 1933. – № 5. – С. 42–45.

2. Вейтков, Ф.Л. Диспетчерское управление энергосистемами / Ф.Л. Вейтков, В.К. Мешков. – М.: Стандартгиз, 1936. – 308 с.

3. Бондаренко, А.Ф. Подготовка оперативно-

диспетчерского персонала в историческом аспекте / А.Ф. Бондаренко, В.П. Будовский // *Электрические станции*. – 2015. – № 1. – С. 38–44.

4. Цукерник, Л.В. Научно-техническое совещание по применению вычислительной техники при проектировании и эксплуатации энергосистем / Л.В. Цукерник // *Электрические станции*. – 1960. – № 9. – С. 90.

5. Куликов, В.В. Внедрение телевизионной техники в энергетику / В.В. Куликов // *Электрические станции*. – 1961. – № 3. – С. 2–5.

6. Должанский, В.М. Тренажер для обучения оперативным переключениям в электрических распределительных устройствах / В.М. Должанский, Б.И. Крючков, С.С. Умецкий // *Электрические станции*. – 1979. – № 3. – С. 63–64.

7. Опыт внедрения единой АСУТП тепломеханического и электротехнического оборудования на юго-западной ТЭЦ Санкт-Петербурга / К.В. Бабкин, М.С. Цветков, Р.И. Костюк и др. // *Электрические станции*. – 2014. – № 7. – С. 16–22.

8. Тверской, Ю.С. Технология АСУТП электростанций (особенности, проблемы и перспективы развития) / Ю.С. Тверской, С.А. Таламанов // *Вестник Ивановского государственного энергетического университета*. – 2010. – Вып. 3. – С. 1–7.

9. Матвеев, В.Е. АСУ ТП энергетического комплекса с подстанцией ПС-110/10/6 кВ и ГТ ТЭЦ-009 «Энергомаш» / В.Е. Матвеев, Н.В. Мацавей, Г.Н. Плессер // *Современные технологии автоматизации*. – 2010. – № 3. – С. 34–46.

10. РД 34.35.120–90. Основные положения по созданию автоматизированных систем управления технологическими процессами (АСУ ТП) подстанций напряжением 35–1150 кВ.

11. РД 153–34.1–35.127–2002. Общие технические требования к программно-техническим комплексам для АСУ ТП тепловых электростанций.

12. РД 34.20.501–95. Правила технической эксплуатации электрических станций и сетей в Российской Федерации.

13. Rogov, S.L. Распределенные АСУТП в энергетике – мода или необходимость? / С.Л. Rogov // *Промышленные АСУ и контроллеры*. – 2008. – № 5. – С. 15–21.

14. СанПин 2.2.2/2.4.1340–03. Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы (с изм. от 03.09.10).

15. Хлуденьков, В. Система управления освещением – идеальная и оптимальная / В. Хлуденьков // *Полупроводниковая светотехника*. – 2010. – № 5. – С. 78–80.

16. Калининченко, А.М. Системы управления освещением Philips: от простого к сложному / А.М. Калининченко // *Светотехника*. – 2012. – № 3. – С. 28–30.

17. Гвоздев-Карелин, С.В. Системы и компоненты компании Osram для управления освещением и энергосбережения / С.В. Гвоздев-Карелин, М.С. Свиридов // *Светотехника*. – 2012. – № 3. – С. 30–34.
18. Вебер, А. Системы управления внутренним и наружным освещением компании Vossloch-Schwabe / А. Вебер // *Светотехника*. – 2012. – Вып. 3. – С. 45–46.
19. Тюкин, С.В. Опыт разработки и применения систем управления освещением / С.В. Тюкин // *Светотехника*. – 2012. – № 3. – С. 42–44.
20. Богданов, А.А. Практика применения систем управления освещения светодиодами / А.А. Богданов // *Светотехника*. – 2012. – № 3. – С. 20–28.
21. Георгобиани, С.А. Пульсация светового потока светодиодов и особенности ее измерения и нормирования / С.А. Георгобиани, М.Е. Клыков, М.В. Лобанов // *Светотехника*. – 2015. – № 4. – С. 14–17.
22. Пескин, А. Обзор схем включения и управления современными светодиодами / А. Пескин // *Полупроводниковая светотехника*. – 2010. – № 1. – С. 21–33.
23. Пескин, А. Интеллектуальные световые системы / А. Пескин // *Полупроводниковая светотехника*. – 2011. – № 2. – С. 60–63.
24. Машурян, Э. Эффективное управление мощными светодиодами / Э. Машурян // *Современная светотехника*. – 2010. – № 3. – С. 72–75.
25. Справочная книга по светотехнике / под ред. Ю.Б. Айзенберга. – М.: Знак, 2006. – 972 с.
26. IEC 62384:2006. DC or AC supplied electronic control gear for LED modules – Performance requirements. DOI: 10.3403/30097953
27. IEC/PAS 62612:2009. Self-ballasted LED-lamps for general lighting services – Performance requirements. DOI: 10.3403/30195200
28. СП–52.13330.2011. Естественное и искусственное освещение.
29. EN 15193, Energy performance of buildings-energy requirements for lighting, European Committee on Standardization. Brussels, 2007.
30. EN 12464–1, Light and lighting-lighting of work places – Part 1: Indoor work places. European Committee for Standardization. Brussels, 2004.

Кудряшов Алексей Валерьевич, канд. техн. наук, доцент кафедры «Безопасность жизнедеятельности», Южно-Уральский государственный университет, г. Челябинск; bgd-susu@mail.ru.

Калинина Алиса Сергеевна, канд. техн. наук, доцент кафедры «Безопасность жизнедеятельности», Южно-Уральский государственный университет, г. Челябинск; bgd-susu@mail.ru.

Аверьянов Юрий Иванович, д-р техн. наук, профессор, кафедра «Безопасность жизнедеятельности», Южно-Уральский государственный университет, г. Челябинск; bgd-susu@mail.ru.

Кирпичникова Ирина Михайловна, д-р техн. наук, профессор, зав. кафедрой «Электрические станции, сети и системы электроснабжения», Южно-Уральский государственный университет, г. Челябинск; kirpichnikovaim@susu.ru.

Поступила в редакцию 23 мая 2017 г.

DOI: 10.14529/power170205

LIGHTING OF CONTROL ROOMS IN ENERGETICS

A.V. Kudryashov, bgd-susu@mail.ru,

A.S. Kalinina, bgd-susu@mail.ru,

Yu.I. Averyanov, bgd-susu@mail.ru,

I.M. Kirpichnikova, kirpichnikovaim@susu.ru

South Ural State University, Chelyabinsk, Russian Federation

The use of modern automated process control systems based on display terminals makes it necessary to pay special attention to the creation of optimal conditions for the visual work of personnel. When designing the lighting of such workplaces, special requirements (inadmissibility of excessive lighting and restriction of pulsation) must be taken into account. Lighting control systems for LED light sources use PWM control, while the duty cycle of the signal varies over a wide range. A mathematical model that takes into account the peculiarities

of perception of flickering illumination by the organs of vision has been created. Analytical studies have shown that the values of pulse ratio equal to 0.5 increases the probability of visual fatigue, and the increase in the frequency of PWM control is justified from the point of view of the illumination hygienic effect on the organs of vision.

Keywords: lighting control systems, LEDs, modeling, dimming, PWM control.

References

1. Zalesskiy V.N. [Rationalization of Work of Power System Manager Using Telemetry]. *Electric Stations*, 1933, no. 5, pp. 42–45. (in Russ.)
2. Veytkov F.L., Meshkov V.K. *Dispatcherskoe upravlenie energosistemami* [Dispatching Control of Power Systems]. Moscow, Standartgiz Publ., 1936. 308 p.
3. Bondarenko A.F., Budovskiy V.P. [Preparation of Operative-Dispatching Personnel in Historical Aspect]. *Electric Stations*, 2015, no. 1, pp. 38–44. (in Russ.)
4. Tsukernik L.V. [Scientific and Technical Meeting on Use of Computer Technology in Design and Operation of Power Systems]. *Electric Stations*, 1960, no. 9, p. 90. (in Russ.)
5. Kulikov V.V. [Introduction of Television Technology in Energy Sector]. *Electric stations*, 1961, no. 3, pp. 2–5. (in Russ.)
6. Dolzhanskiy V.M., Kryuchkov B.I., Umetskiy S.S. [Simulator for Training of Operational Switching in Electrical Switchgears]. *Electric Stations*, 1979, no. 3, pp. 63–64. (in Russ.)
7. Babkin K.V., Tsvetkov M.S., Kostyuk R.I. [Experience of Single Process Control System Introducing for Thermal and Electrical Equipment at South-western Thermal Power Plant of St. Petersburg]. *Electric Stations*, 2014, no. 7, pp. 16–22. (in Russ.)
8. Tverskoy Yu.S., Talamanov S.A. [Technology of Process Control Systems of Power Plants (Features, Problems and Development Prospects)] *Bulletin of the Ivanovo State Energy University*, 2010, iss. 3, pp. 1–7. (in Russ.)
9. Matveev V.E., Matsavey N.V., Plessner G.N. [Automated Process Control Systems of Energy Complex with Substation PS-110/10/6 kV i GT TETs-009 “Energomash”]. *Sovremennye tekhnologii avtomatizatsii*, 2010, no. 3, pp. 34–46. (in Russ.)
10. RD 34.35.120–90. [Main Provisions for Creation of Automated Process Control Systems (ACS TP) of Substations by the Charge of 35–1150 kV].
11. RD 153–34.1–35.127–2002. [General Technical Requirements for Software and Hardware for Automated Process Control Systems for Thermal Electric Power Stations].
12. RD 34.20.501–95. [Rules of Technical Operation of Electric Walls and Networks in the Russian Federation].
13. Rogov S.L. [Distributed Process Control Systems in Power Engineering -Fashion or Necessity?]. *Industrial Control Systems and Controllers*, 2008, no. 5, pp. 15–21. (in Russ.)
14. SanPin 2.2.2/2.4.1340–03. [Hygienic Requirements for Personal Electronic Computers and Work Organization (as amended on 03.09.10)].
15. Hludnikov V. [Lighting Control System – Ideal and Optimal]. *Solid-State Lighting*, 2010, no. 5, pp. 78–80. (in Russ.)
16. Kalinichenko A.M. [Lighting Control Systems by Philips: from Simple to Complex]. *Light and Engineering*, 2012, no. 3, pp. 28–30. (in Russ.)
17. Gvozdev-Karelin S. V., Sviridov M. S. [Systems and Components of Lighting Control and Energy Saving by Osram Company]. *Light and Engineering*, 2012, no.3, pp. 30–34. (in Russ.)
18. Weber A. [Indoor and Outdoor Lighting Control Systems by Vossloch-Schwabe Company]. *Light and Engineering*, 2012, no. 3, pp. 45–46. (in Russ.)
19. Tykin S. V. [Experience in the Development and Application of Lighting Control Systems]. *Light and Engineering*, 2012, no. 3, pp. 42–44. (in Russ.)
20. Bogdanov A. A. [The Practice of LED Control Systems Using]. *Light and Engineering*, 2012, no. 3, pp. 20–28. (in Russ.)
21. Georgobiani S. A., Klykov M. E., Lobanov M. V. [LEDs Luminous Flux Flicker and the Features of its Measurement and Valuation]. *Light and Engineering*, 2015, no. 4, pp. 14–17. (in Russ.)
22. Peskin A. [LEDs Control and Inclusion Schemes Review]. *Solid-State Lighting*, 2010, no. 1, pp. 21–33. (in Russ.)
23. Peskin A. [Intelligent Lighting Systems]. *Solid-State Lighting*, 2011, no. 2, pp. 60–63. (in Russ.)
24. Mashyrian E. [Effective Management of High-power LEDs]. *Modern Light Engineering*, 2010, no. 3, pp. 72–75. (in Russ.)

25. Aizenberg Yu.B. (Ed.) *Spravochnaya kniga po svetotekhnike* [Light Engineering Reference Book]. Moscow, Znak Publ., 2006. 972 p.
26. IEC 62384:2006. DC or AC Supplied Electronic Control Gear for LED modules – Performance requirements. DOI: 10.3403/30097953
27. IEC/PAS 62612:2009. Self-Ballasted LED-Lamps for General Lighting Services – Performance requirements. DOI: 10.3403/30195200
28. SP–52.13330.2011. [Daylighting and Artificial Lighting].
29. EN 15193. Energy Performance of Buildings-Energy Requirements for Lighting. European Committee on Standardisation. Brussels, 2007.
30. EN 12464–1. Light and Lighting-Lighting of Work Places – Part 1: Indoor Work Places. European Committee for Standardization. Brussels, 2004.

Received 23 May 2017

ОБРАЗЕЦ ЦИТИРОВАНИЯ

Освещение пунктов диспетчерского управления в энергетике / А.В. Кудряшов, А.С. Калинина, Ю.И. Аверьянов, И.М. Кирпичникова // Вестник ЮУрГУ. Серия «Энергетика». – 2017. – Т. 17, № 2. – С. 34–40. DOI: 10.14529/power170205

FOR CITATION

Kudryashov A.V., Kalinina A.S., Averyanov Yu.I., Kirpichnikova I.M. Lighting of Control Rooms in Energetics. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Power Engineering*, 2017, vol. 17, no. 2, pp. 34–40. (in Russ.) DOI: 10.14529/power170205
