

ЭЛЕКТРОТЕХНИКА

УДК 621.31

С. В. Болотов, Н. В. Герасименко, Ф. М. Трухачёв, К. В. Овсянников

СИСТЕМА КОМПЬЮТЕРНОГО УПРАВЛЕНИЯ ОСВЕЩЕНИЕМ ЛЕДОВОЙ АРЕНЫ

UDC 621.31

S. V. Bolotov, N. V. Herasimenko, F. M. Truhachev, K. V. Ovsyannikov

COMPUTER CONTROL SYSTEM FOR THE ICE ARENA LIGHTNING

Аннотация

Разработан программно-аппаратный комплекс, позволяющий в автоматическом режиме управлять с помощью персонального компьютера включением силовых групп освещения ледовой арены по заданному расписанию. Проведена оптимизация режимов освещения, обеспечивающих требуемую освещённость. Обоснована экономическая эффективность внедрения системы компьютерного управления освещением.

Ключевые слова:

ледовая арена, освещение, система компьютерного управления, технология виртуальных приборов, потребление электроэнергии.

Abstract

The hardware-software automatic control system has been developed which automatically controls pre-scheduled switching-on of clusters of ice arena lights by means of PC. The system includes optimized lighting presets, providing the required light intensity. The system has proved its economic effectiveness.

Key words:

ice arena, lightning, computer control system, virtual instrument technology, electric power consumption.

Освещение играет немаловажную роль в работе любого спортивного объекта или учреждения. Используемые системы освещения должны не только соответствовать принятым нормам и правилам, но и быть энергетически эффективными. В настоящее время имеется несколько путей снижения расхода электроэнергии, требуемой на освещение. Одним из таких примеров может служить применение светодиодных прожекторов и светильников, однако стоимость таких элементов высока, что существенно снижает темп внедрения

светодиодного освещения в спортивных учреждениях.

Большое значение в вопросе снижения расхода электроэнергии, требуемой на освещение, имеет способ управления осветительными системами. Спортивными учреждениями и организациями применяются различные способы управления освещением арен, залов и других помещений. Один из самых простых и наиболее часто используемых – ручное управление включением силовых групп освещения. Оператор самостоятельно выбирает, какие группы

освещения должны быть включены в тот или иной момент, а также контролирует состояние и продолжительность работы осветительной системы. К недостаткам такого способа управления можно отнести неконтролируемые режимы освещения, задержки с переключением групп освещения. Это приводит к перерасходу энергии и быстрому износу светильников.

С целью автоматизации включения и отключения групп освещения нередко применяются цифровые таймеры. Суть работы этих устройств заключается в замыкании и размыкании цепи в заданное время. Главным недостатком таких приборов является отсутствие гибкости. Большинство моделей позволяют задать лишь несколько интервалов времени, в течение которых цепь находится в замкнутом состоянии, и при изменении расписания или требований к освещенности оператору необходимо программировать таймеры повторно.

В настоящее время развитие компьютерных технологий и микропроцессорной техники позволило создавать гибкие многофункциональные системы управления производственными процессами, центральной точкой в которых является компьютер со специальным программным обеспечением. Стоит отметить технологию виртуальных приборов, разработанную компанией «Нейшионал Инструменте» (National Instruments). Применение такой технологии позволяет существенно упростить процесс внедрения систем автоматического управления и упростить работу по написанию программного обеспечения благодаря интуитивно понятному интерфейсу. Технологии виртуальных приборов были успешно применены для решения таких задач, как управление процессом контактной сварки [1, 2], управление сварочным током при дуговой сварке [3], лабораторный практикум по электронике [4]. Авторами решена задача по внедрению системы компьютерного управления освещением Ледо-

вого дворца г. Могилёва, основанной на технологии виртуальных измерительных приборов.

Освещение арены осуществляется от 101 прожектора основного освещения и 15 прожекторов вспомогательного освещения PHILIPS MVF024. Напряжение питания прожектора – 230 В, мощность – 1000 Вт, цветовая температура – 5600 К, индекс цветопередачи – 90. Используется пять основных групп освещения и четыре вспомогательных. Включение силовых групп освещения в исходном варианте осуществлялось в ручном режиме с пульта управления через магнитные пускатели ПМЛ-4220.

Для эффективного использования системы автоматического управления важно применить оптимальные схемы освещения, разработанные в соответствии с требованиями нормативных документов. Так, согласно СП 31-112-2007 *Физкультурно-спортивные залы. Ч. 3: Крытые ледовые арены*, средняя освещённость льда тренировочного катка должна быть не менее 500 лк при равномерности не менее 0,5, соревнования без телевизионной съёмки требуют 750 лк с равномерностью не менее 0,7. При проведении телевизионной съёмки вертикальная освещённость (на высоте 1 м в направлении главной телевизионной камеры) должна быть не меньше 1000 лк. Предварительные замеры освещённости показали, что в режиме тренировки средняя освещённость арены составляет 780 лк, что на 280 лк превышает норму, при этом задействовано 63 светильника. При подготовке льда режим освещения не изменялся, хотя для её осуществления достаточно освещённости 50 лк.

Проведена оптимизация режимов освещения ледовой арены (табл. 1). Режим освещения «Матч 1» предназначен для осуществления телевизионной съёмки соревнований. При этом включены все группы основного освещения. Режим «Матч 2» обеспечивает проведение соревнований без телевизионной

съёмки. В режимах «Тренировка 1», «Тренировка 2» задействованы разные группы основного освещения. В режи-

мах заливки льда используются только вспомогательные группы освещения.

Табл.1. Оптимальные режимы освещения ледовой арены

Режим освещения	Количество прожекторов, шт.	Группа освещения	Средняя освещённость $E_{ср}$ / норма, лк	Коэффициент неравномерности освещения $K_{нр}$ / норма
Матч 1	101	1...7	1090 / 1000	0,9 / 0,7
Матч 2	74	1...3, 5	740 / 500...750	0,8 / 0,7
Тренировка 1	46	1, 2	605 / 500	0,7 / 0,5
Тренировка 2	37	3, 4	520 / 500	0,6 / 0,5
Заливка льда 1	9	16, 17	80 / 50	—
Заливка льда 2	6	20, 21	60 / 50	—

Замеры освещённости на поверхности льда хоккейной площадки проводили в девяти характерных точках прибором ТКА-ЛЮКС. При этом вычислялись средняя освещённость $E_{ср}$ и коэффициент неравномерности освещения $K_{нр} = E_{min}/E_{ср}$. Все установленные режимы освещения ледовой арены соответствуют нормам. Разработанные схемы позволяют эффективно использовать ресурс осветительной системы и экономить электроэнергию за счет автоматического отключения части прожекторов во время тренировки, заливки льда, перерывов в работе.

Определение предполагаемой экономии электроэнергии Δ , кВт·ч, при внедрении системы компьютерного управления электроосвещением арены осуществляли по формуле

$$\Delta = \sum (n_i \cdot N_{ji} \cdot T_{pi}),$$

где n_i – разница в количестве прожекторов в базовом и проектном вариантах, шт.; N_{ji} – мощность применяемых прожекторов, кВт; T_{pi} – число часов работы за год при данном режиме освещения.

Результаты расчёта сведены в табл. 2.

Разрабатываемая система компьютерного управления освещением ледовой арены должна обеспечить коммутацию силовых цепей освещения, получение и первичную обработку информации о параметрах электросети, программное управление освещением в соответствии с расписанием занятий.

Структура системы управления представлена на рис. 1 [5].

Табл. 2. Расчёт экономии электроэнергии от внедрения мероприятия

Режим освещения	n_i , шт.	N_{ji} , кВт	T_{pi} , ч	Δ , кВт·ч
Тренировка 1	63 – 46 = 17	1	1000	17 000
Тренировка 2	63 – 37 = 26	1	800	20 800
Заливка льда 1	63 – 9 = 54	1	180	9 720
Заливка льда 2	63 – 6 = 57	1	140	7 980
Итого				55 500

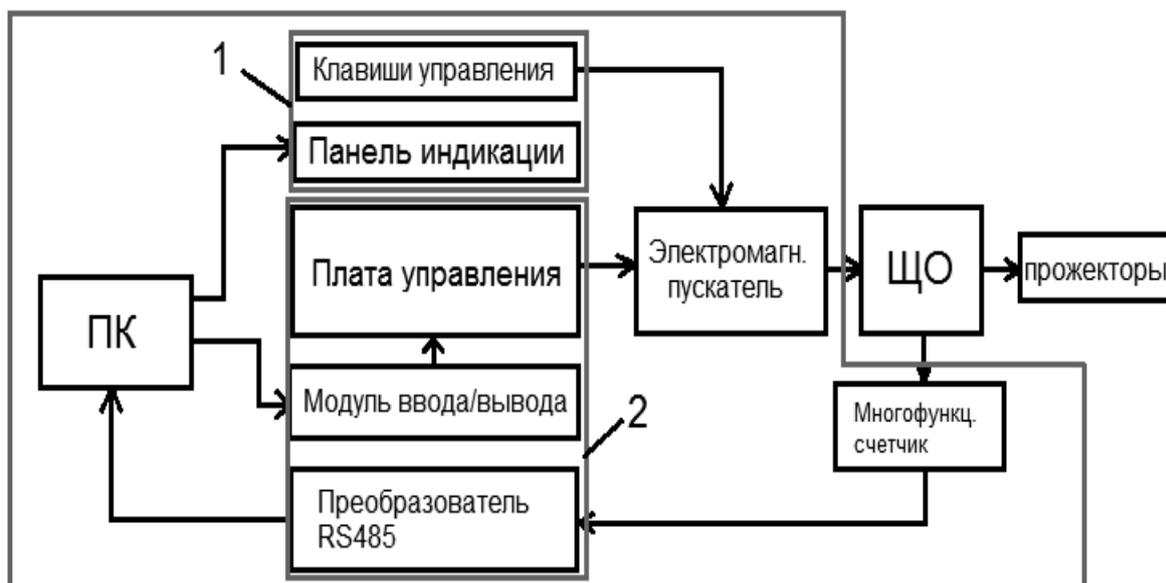


Рис. 1. Структурная схема системы управления: 1 – пульт управления; 2 – шкаф управления

Основным элементом системы управления является персональный компьютер, который устанавливается в пультовом помещении. Сигналы управления через USB-порт поступают на модуль ввода/вывода (устройство сопряжения) NI USB 6501, расположенный в шкафу управления. Данный элемент имеет 24 цифровых канала ввода/вывода, а также 32-разрядный счетчик. Модуль формирует управляющие сигналы в соответствии с управляющей программой, сигналы поступают на плату управления, на которой установлены 16 реле Т73 с напряжением 12 В и током 10 А.

Преобразователь интерфейсов ADAM-4561 обеспечивает получение данных о параметрах электросети и потреблении электроэнергии по интерфейсу обмена RS485 с цифровых многофункциональных счетчиков электроэнергии.

Устройство сопряжения и преобразователь интерфейса соединены с персональным компьютером при помощи экранированных кабелей USB стандартного типа.

Указанные элементы располагаются в металлическом боксе – шкафу управления (рис. 2).

Шкаф управления устанавливается в щит освещения (ЩО) пультовой и выполняет следующие функции:

- обрабатывает сигналы со счетчиков электроэнергии;
- вырабатывает в соответствии с заданными алгоритмами сигналы управления и выдает их на катушки электромагнитных пускателей групп освещения;
- осуществляет защиту от аварийных режимов и ошибочных действий оператора;
- вырабатывает информацию о режимах освещения для индикации.

Основные параметры шкафа управления приведены в табл. 3.

Цифровые многофункциональные счетчики электроэнергии «Энергомера», модель СЕ-301, установлены на основные группы освещения и выполняют следующие функции:

- измерение потребленной энергии и мощности суммарно или отдельно по каждой фазе;

- измерение фазных токов и напряжений;
- отображение измеренных параметров;

- передачу информации об измеренных параметрах на ПК по интерфейсу обмена RS-485.

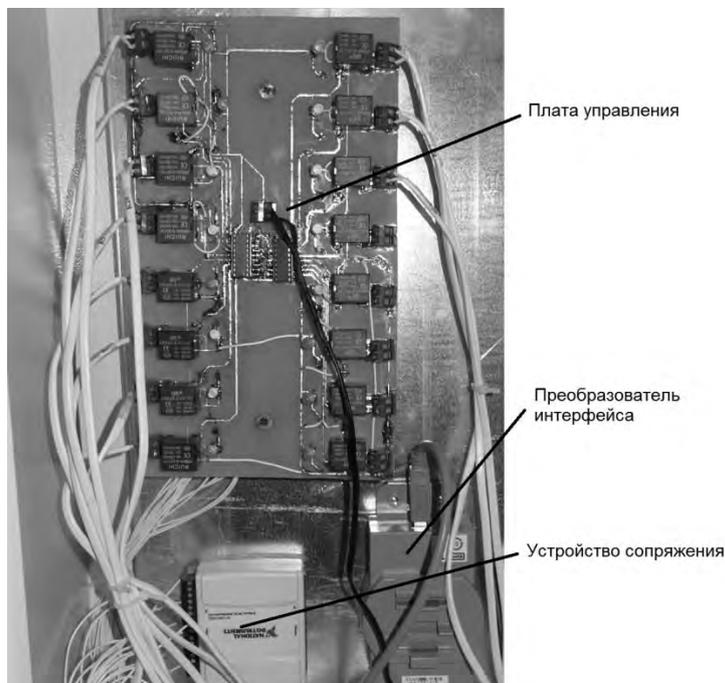


Рис. 2. Шкаф управления

Табл. 3. Параметры шкафа управления

Наименование параметра	Значение
Диапазон рабочего напряжения питания, В	187...253
Максимальный потребляемый ток, А	1
Напряжение питания преобразователя интерфейса, В	5 (от USB-порта)
Напряжение питания устройства цифрового ввода/вывода, В	5 (от USB-порта)
Напряжение питания реле, В	12
Количество цифровых входов/выходов (каналов управления)	24
Скорость передачи данных, кбит/с	115,2
Габаритные размеры (а × b × с), мм	500 × 400 × 220
Масса, кг	5

Перечень контролируемых параметров приведен в табл. 4.

Пульт управления (рис. 3) представляет собой стандартный элемент ручного управления и выполняет сле-

дующие функции:

- переключение способа управления;
- ручное управление группами освещения с помощью клавиш с под-

светкой;

– индикацию режимов работы и освещения, расхода электроэнергии;

– аварийное управление в случае выхода из строя системы компьютерного управления.

Табл. 4. Перечень контролируемых параметров электросети

Наименование параметра	Диапазон изменения
Частота сети f	47,5...52,5 Гц
Среднеквадратичное значение напряжения U_a фазы А	187...253 В
Среднеквадратичное значение напряжения U_b фазы В	187...253 В
Среднеквадратичное значение напряжения U_c фазы С	187...253 В
Мощность P_a фазы А	0...25300 Вт
Мощность P_b фазы В	0...25300 Вт
Мощность P_c фазы С	0...25300 Вт
Коэффициент мощности суммарный $\cos \phi$	0...1



Рис. 3. Пульт управления освещением ледовой арены

Персональный компьютер, обеспечивающий выполнение программ системы управления, имеет характеристики:

процессор – Intel Core i3 3220, материнская плата – GigaByte GA-H77-DS3H, объем оперативной памяти – 4 Гбайт,

объем жесткого диска – 500 Гбайт, тип корпуса – FSP 7518 QD450, оптический привод – DVD–RW, дополнительная система охлаждения, источник бесперебойного питания.

Программное обеспечение системы позволяет осуществлять управление освещением как в автоматическом режиме, так и в ручном.

Автоматический режим управления является основным и в нем осуществляются функции:

- автоматическое управление освещением по заданным режимам;
- программирование расписания;
- контроль параметров электросети;
- учет потребления электроэнергии.

Программное обеспечение разработано для операционных систем Microsoft Windows XP (и более поздних версий).

Для удобства управления интерфейс программы разделен на вкладки. Вкладка «Автоматическое управление»

(рис. 4) отображает текущее состояние системы, активные группы освещения, а также информацию о потреблении электроэнергии и параметры электросети. Вкладка «Ручное управление» (рис. 5) позволяет в случае необходимости выбрать отдельные группы освещения или применить одну из имеющихся схем освещения. Вкладка «Программирование» позволяет задать расписание (рис. 6) управления освещением до 5 дней, поддерживать возможность оперативного изменения введенных данных.

Программным обеспечением также предусмотрена дополнительная возможность управления вентиляцией по расписанию, и она может быть задействована при помощи дополнительных свободных каналов блока управления.

Разработанное программное обеспечение включает в себя все необходимые драйверы оборудования, что исключает возможные проблемы интеграции и установки системы.



Рис. 4. Вкладка «Автоматическое управление»

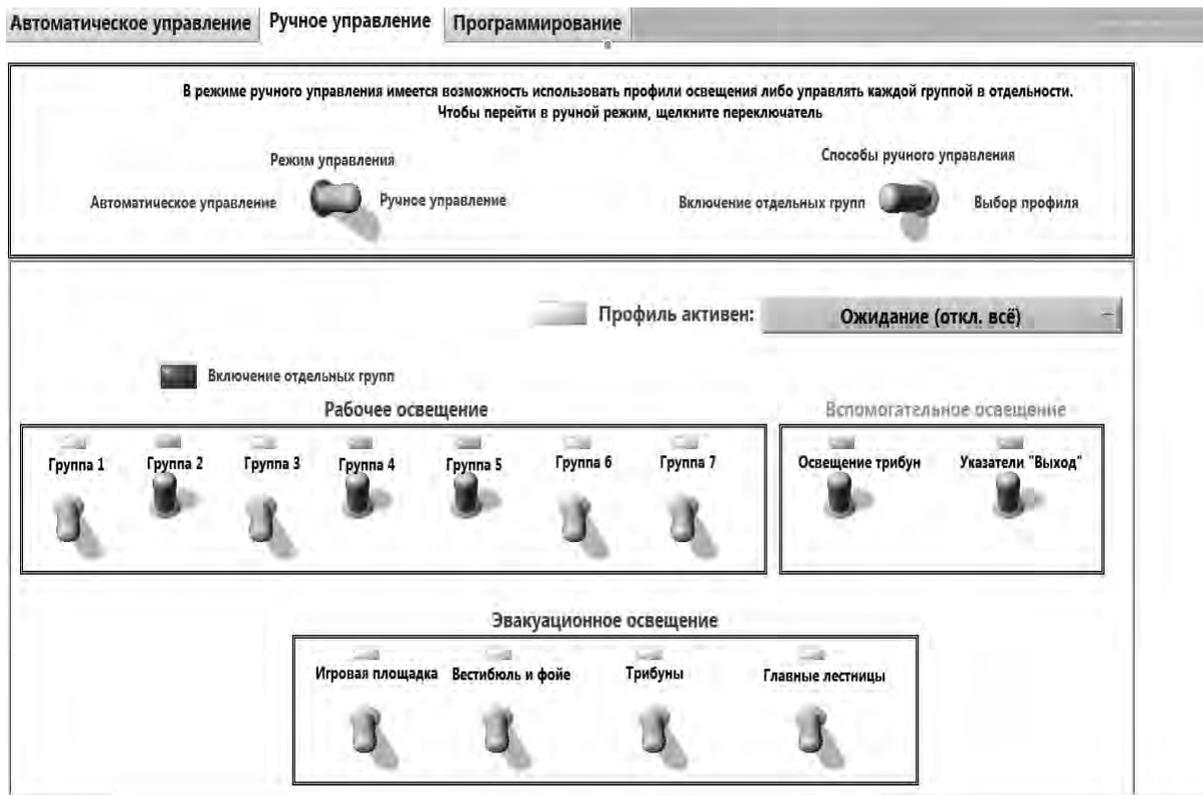


Рис. 5. Вкладка «Ручное управление»

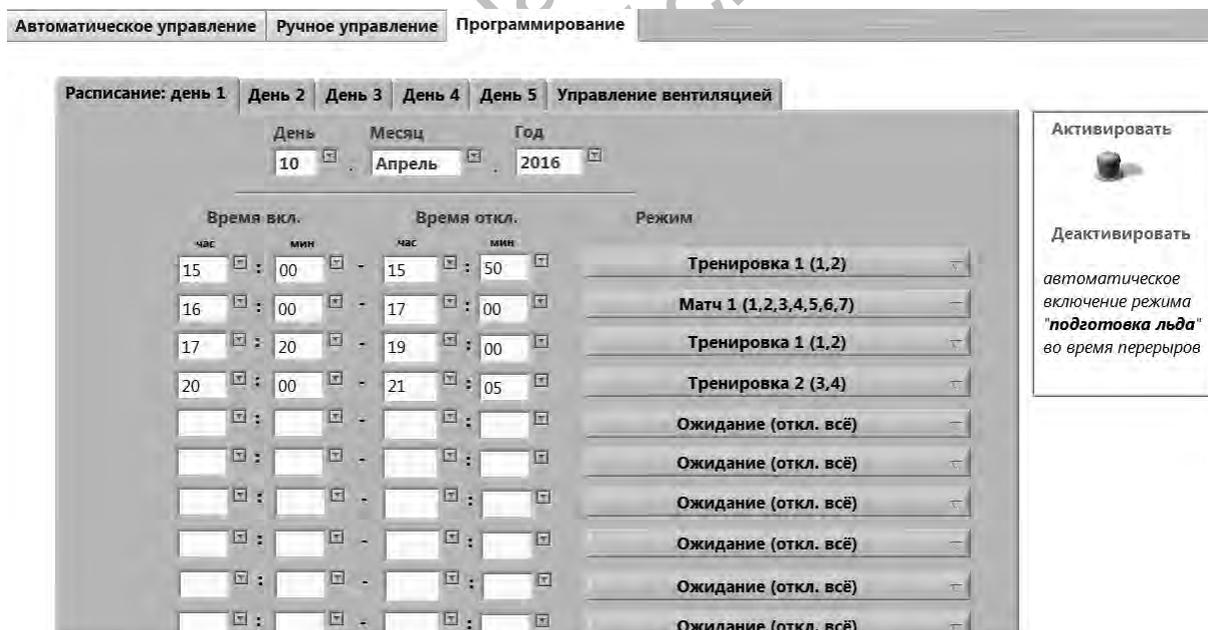


Рис. 6. Вкладка «Программирование»

Следует отметить, что данное программное обеспечение и схема автоматизации могут быть легко масштабиро-

ваны для управления электродвигателями, задвижками, клапанами и другими исполнительными устройствами, мо-

гут контролировать в реальном времени параметры производства (влажность, температура, задымленность).

С помощью имеющейся системы учета электроэнергии был произведен

мониторинг потребления энергии основными группами освещения ледовой арены за 2015 г. Результаты мониторинга представлены на рис. 7.

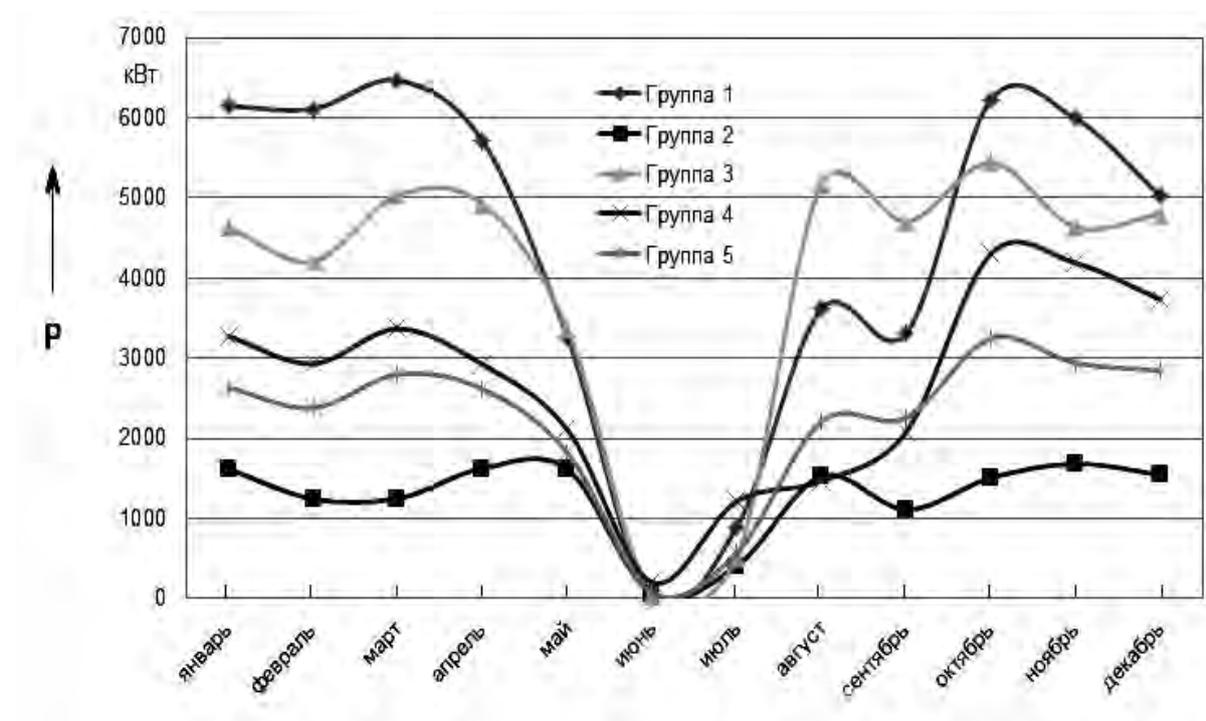


Рис. 7. Потребление электроэнергии основными группами освещения

Суммарное электропотребление ледовой арены в 2015 г. составило 174 кВт·ч, в 2014 г. – 181 кВт·ч. До внедрения системы компьютерного управления освещением потребление составляло 232 кВт·ч (за 2013 г.). При этом суммарное время работы ледовой арены за 2013...2015 гг. изменялось незначительно. Экономия электроэнергии в 2015 г. по сравнению с 2013 г. составила $\Delta = 232 - 174 = 58$ кВт·ч, что согласуется с расчетом (см. табл. 2).

Внедрение системы компьютерного управления освещением ледовой арены позволило решить следующие задачи:

- оптимизировать режимы освещения;
- экономить электроэнергию за счет автоматического переключения режимов освещения в перерывах между тренировками и матчами;
- облегчить труд операторов;
- значительно сократить время, требуемое на программирование расписания;
- минимизировать «человеческий фактор»;
- увеличить срок службы проекторов за счет уменьшения циклов включения/выключения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Болотов, С. В.** Программное управление контактной точечной сваркой / С. В. Болотов, И. В. Курлович, Е. Л. Бансюкова // Технологии контактной, дуговой и специализированных видов сварки в современной промышленности : материалы 5-го Междунар. науч.-техн. семинара. – Смоленск, 2012. – С. 47–49.
2. **Курлович, И. В.** Программная реализация управления контактной сварки на конденсаторной машине / И. В. Курлович, С. В. Болотов, Т. И. Бендик // Вестн. Белорус.-Рос. ун-та. – 2013. – № 4 (41). – С. 35–46.
3. **Болотов, С. В.** Программируемый контроллер NI COMPACTRIO для управления током при дуговой сварке / С. В. Болотов, И. В. Курлович, Н. В. Герасименко // Информационные технологии, энергетика и экономика : материалы 10-й Межрегион. науч.-техн. конф. студентов и аспирантов. – Смоленск, 2013. – Т. 2. – С. 121–123.
4. **Болотов, С. В.** Технология виртуальных приборов в лабораторном практикуме / С. В. Болотов // Образование, наука и производство в XXI веке : современные тенденции развития : материалы Юбилейной междунар. конф. – Могилев : Белорус.-Рос. ун-т, 2011. – С. 9–10.
5. **Болотов, С. В.** Программно-аппаратный комплекс управления освещением спортивных объектов / С. В. Болотов, Ф. М. Трухачев, Н. В. Герасименко // Энергетика. Информатика. Инновации-2014 : материалы 4-й Междунар. науч.-техн. конф. – Смоленск, 2014. – С. 15–17.

Статья соана в редакцию 11 апреля 2016 года

Сергей Владимирович Болотов, канд. техн. наук, доц., Белорусско-Российский университет.
Тел.: +375-296-99-31-56.

Никита Васильевич Герасименко, магистрант, Белорусско-Российский университет.

Фёдор Михайлович Трухачёв, канд. физ.-мат. наук, доц., Белорусско-Российский университет.

Константин Валерьевич Овсянников, канд. техн. наук, доц., Белорусско-Российский университет.

Sergey Vladimirovich Bolotov, PhD (Engineering), Associate Prof., Belarusian-Russian University.
Phone: +375-296-99-31-56.

Nikita Vasilyevich Herasimenko, MSc student, Belarusian-Russian University.

Fedor Mikhailovich Truhachev, PhD (Physics & Mathematics), Associate Prof., Belarusian-Russian University.

Konstantin Valeryevich Ovsyannikov, PhD (Engineering), Associate Prof., Belarusian-Russian University.