

**МЕЖДУНАРОДНАЯ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ
«УРАЛЬСКАЯ ГОРНАЯ ШКОЛА – РЕГИОНАМ»**

24-25 апреля 2017 года

ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ И СИСТЕМЫ

УДК 628.931

**СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ РАЗЛИЧНЫХ МЕТОДОВ РАСЧЁТА
ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ОСВЕЩЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПОМЕЩЕНИЙ**

Вернов А. В., Садовников М. Е.
Научный руководитель Садовников М. Е., канд. техн. наук, доцент
Уральский государственный горный университет

Расчёт электрического освещения производственных помещений в значительной мере определяет комфорт условий труда, правильно спроектированное освещение сохраняет здоровье работников, уменьшает производственный травматизм. В то же время количество световых приборов, размещаемых в освещаемом помещении не должно быть излишним, поскольку это ведёт к неоправданным капитальным затратам средств на этапе ввода объекта в эксплуатацию и затраты в процессе эксплуатации.

В то же время расчёты электрического освещения относятся к одним из наиболее сложных и «интуитивных» расчётов в плане получаемых результатов, которые в значительной мере определяются опытом и искусством проектировщика.

Целью данной работы было оценить, насколько ручные методы расчёта электрического освещения (метод светового потока и точечный метод), дают точные результаты, по сравнению с расчётом с использованием специализированного программного обеспечения (ПО), на примере бесплатного программного обеспечения «DIALux» [1].

В качестве объекта, на котором производилось опробование указанных выше методов расчёта, использовалась очистная станция Ямбургского управления энерговодоснабжения. В помещении станции расположено большое количество промышленного оборудования, которое препятствует освещению станции (см. рисунок 1).

Характеристики освещаемого помещения: длина - 24 м; ширина – 12 м; высота – 9 м; коэффициент отражения пола - 70; коэффициент отражения потолка - 50; коэффициент отражения стен – 30; нормируемая освещённость, согласно табл. 1 [2] - 200 лк. Источники света светодиодные.

Результаты сравнения различных методов расчёта для данного помещения представлены в таблице 1.

Сравнение полученных результатов показывает, что метод светового потока, как это и ожидалось, даёт заниженное количество световых приборов, поскольку он не учитывает мешающее освещению промышленное оборудование, размещённое в помещении.

Точечный метод ближе к «эталонному» (полученному при помощи ПО «DIALux»), обеспечивая, в рассматриваемом примере то же количество световых приборов, за счёт выбора расчётных точек, с учётом имеющегося в помещении оборудования.

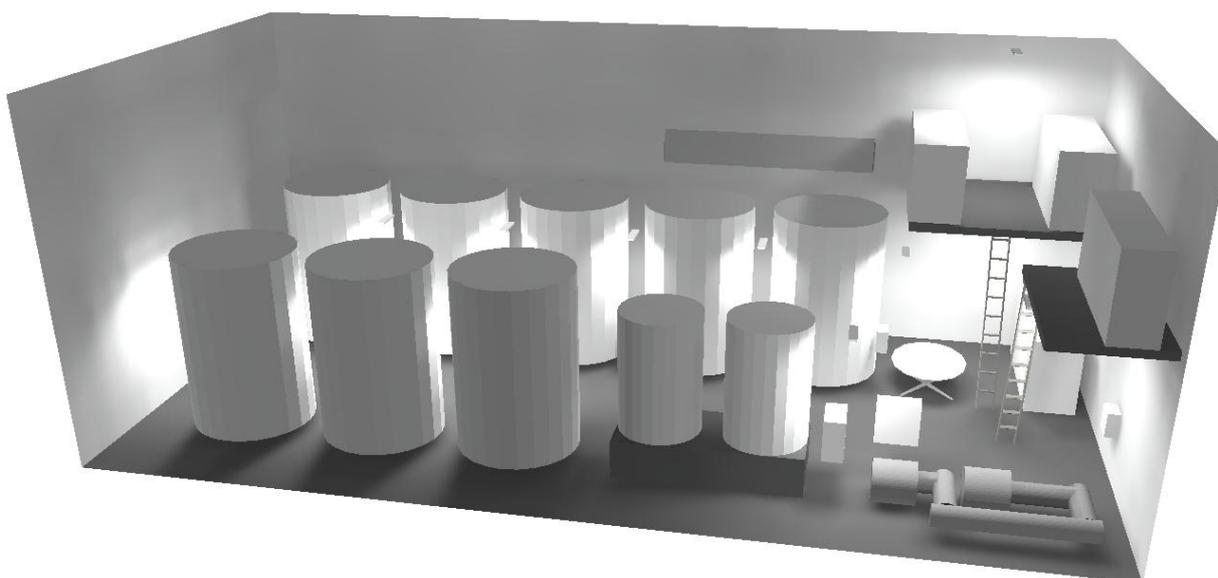


Рисунок 1. Освещаемое помещение

Таблица 1 – Результаты сравнения методов расчёта искусственного освещения

Метод расчёта	$E_{ср}$, лк	$n_{св}$, шт.
При помощи ПО «DIALux»	265,0	12
Точечный метод	228,8	12
Метод светового потока	205,7	8

$E_{ср}$ – фактическая средняя освещённость, полученная в результате расчёта; $n_{св}$ – необходимое количество световых приборов для получения средней освещённости.

В целом работа требует продолжения, для обеспечения достоверности предварительных выводов сделанных в работе.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Страница для скачивания программного обеспечения [Электронный ресурс] // сайт компании DIAL GmbH. 2014. URL: <http://www.dial.de/DIAL/en/dialux-international-download/russkii.html> (дата обращения 10.04.2017).
2. Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95 [Текст]: СП 52.13330.2011: утв. Приказом №783 Минрегиона РФ от 27.12.2010: введ. в действие с 20.05.2011. – М.: Минрегион России, 2011.
3. Кнорринг Г. М. Справочная книга для проектирования электрического освещения [Текст] / Г. М. Кнорринг, И. М. Фадин, В. Н. Сидоров. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1992. – 448 с.: ил.
4. Справочная книга по светотехнике [Текст] / под. ред. Ю. Б. Айзенберга. – М.: Энергоатомиздат, 1983. – 472 с.: ил.

ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

Гаряев Р. Р., Матвеев В. В.

Научный руководитель Матвеев В. В., канд. техн. наук, доцент
Уральский государственный горный университет

Открытые и подземные горные работы представляют собой совокупность природной среды и инженерно–технологических систем реализации процессов. Одной из инженерных систем является система электроснабжения. Она состоит из совокупности аппаратов, машин, линий передачи электроэнергии, вспомогательного оборудования, которые размещают в горных выработках. К электроснабжению предъявляется ряд требований, которые зависят от характеристик потребителей электроэнергии, горно-технологических условий применения, климатических условий. При неправильном функционировании электротехнического комплекса электроснабжения под воздействием различных факторов могут возникнуть отказы, которые приводят к аварийным ситуациям.

Функциональная безопасность – это часть безопасности, которая связана с непреднамеренно вызванными отказами при выполнении отдельных функций системы электроснабжения [1]. При анализе функциональной безопасности рассматривают не только отказы (запросы безопасности), которые могут привести к аварийным ситуациям, но и вероятность возникновения данных ситуаций.

С целью минимизации количества возникновения отказов и предупреждения аварийных ситуаций необходимо создание системы обеспечения функциональной безопасности. На рисунке 1 приводится структурная схема.

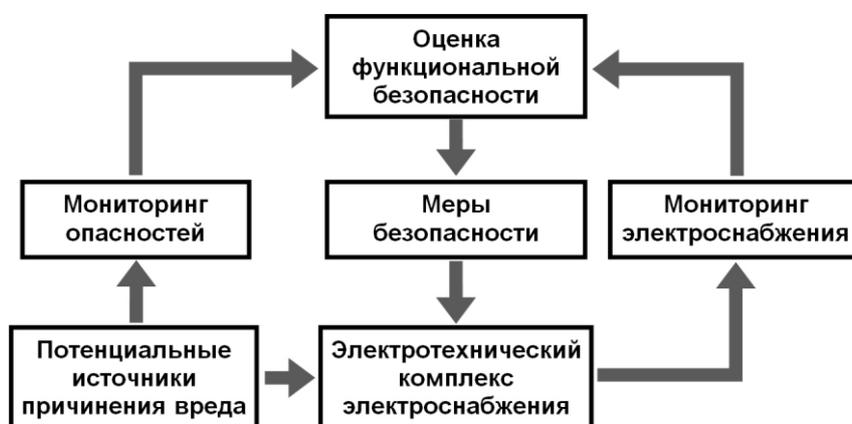


Рисунок 1 – Система обеспечения функциональной безопасности

Причинами неправильного функционирования системы электроснабжения могут стать потенциальные источники причинения вреда. Они могут быть природными, техногенными, антропогенными и проектными.

Источниками природной опасности может быть совокупность свойств вмещающего горного массива и полезного ископаемого, например, крепость пород, склонность угля к самовозгоранию, метаноносность, склонность пород к горным ударам и другие.

Проектная оценка опасности предусмотрена на стадии проектирования, и выполняется для оценки и подтверждения соответствия проектных решений требованиям безопасности. Сведения об опасностях, выявленных на стадии проектирования, требования и условия безопасной эксплуатации объекта, меры по предупреждению аварий представляют в декларации промышленной безопасности опасного производственного объекта.

Техногенная опасность обусловлена объектами, созданными людьми и технологическими процессами. В зависимости от совокупности горнотехнических условий, в

зонах размещения компонентов электротехнического комплекса может произойти изменение внешних воздействующих факторов, например, температуры и влажности воздуха, агрессивности среды, или могут произойти газодинамические явления, горные удары и другие явления [2, 3], из-за которых возникают отказы компонентов электротехнического комплекса.

Антропогенная опасность исходит от людей, вызванная их непреднамеренными действиями, бездействием или злонамеренными действиями, например, нарушение правил эксплуатации электроустановок.

Мониторинг опасностей горно-технологического объекта осуществляется на основе информации многофункциональных систем безопасности горных предприятий с целью определения показателей возникновения отказов и аварийных ситуаций.

Электротехнический комплекс оборудован собственными средствами и системами защит, которые предохраняют эксплуатирующий персонал и работников предприятия от причинения им вреда и предупреждающие переход комплекса или его подсистем в опасное состояние и создание опасных ситуаций. Мониторинг системы электроснабжения проводится на основе информации о состоянии защиты электрооборудования и электрических сетей с целью идентификации отказов электротехнического комплекса, которые могут привести к аварийной ситуации.

Оценка безопасности строится на основе анализа данных мониторинга опасностей горно-технологического объекта и мониторинга системы электроснабжения. Анализ видов, последствий и критичности отказов проводится структурными, функциональными и комбинированными методами с целью выявления причин. Структурные методы применяют для простых объектов. Функциональные методы используют для анализа отказов сложных многофункциональных объектов. Комбинированный метод сочетает элементы структурных и функциональных методов.

После выявления отказов формулируют и выполняют меры обеспечения функциональной безопасности системы электроснабжения.

В дальнейшем планируется провести анализ отказов, вызывающих аварийные ситуации на горно-технологическом объекте и воздействующих на систему электроснабжения при ведении открытых горных работ.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Функциональная безопасность на объектах электроэнергетики / С. М. Апполонский // Безопасность жизнедеятельности. - 2016. - № 6. - С. 22-30
2. Положение по безопасному ведению горных работ на месторождениях, склонных и опасных по горным ударам. Серия 06. Выпуск 7 / Колл. авт. – М.: ЗАО “Научно-технический центр исследований проблем промышленной безопасности”, 2016.– 80 с.
3. Предупреждение газодинамических явлений в угольных шахтах: Сборник документов. Серия 05. Выпуск 2 / Колл. авт. – 4-е изд., испр.–М.: ЗАО “Научно-технический центр исследований проблем промышленной безопасности”, 2012.– 304 с.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДОВ РАСЧЁТА ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ НАГРУЗОК В СЕТЯХ НАПРЯЖЕНИЕМ ДО 1000 В

Иванков А. Ю., Садовников М. Е.

Научный руководитель Садовников М. Е., канд. техн. наук, доцент
Уральский государственный горный университет

Расчёт электрических нагрузок, выполняемый при проектировании систем электроснабжения предприятий различных отраслей промышленности, очень важен, поскольку его результаты с одной стороны определяют величину капитальных вложений в электрооборудование и кабельно-проводниковую продукцию проектируемого объекта, а с другой определяют безопасность и бесперебойность электроснабжения.

Целью расчёта является определение мощностей, токов и коэффициентов мощности групп электроприёмников, необходимых для выбора трансформаторов, электрических аппаратов и сечений электрических связей, по которым производится распределение электроэнергии к группам электроприёмников.

В настоящее время расчёт электрических нагрузок в сетях до 1000 В осуществляется в соответствии с РТМ 36.18.32.4-92 «Указания по расчёту электрических нагрузок» [1]. Данный метод расчёта, по данным [2], по сравнению с ранее действовавшими «Указаниями по определению электрических нагрузок в промышленных установках» снижает расчётные значения электрических нагрузок от 15 до 30 % и в значительной мере устраняет расхождение между расчётным и фактическим электропотреблением. В то же время метод, используемый в [1], относительно сложен в применении, что не позволяет быстро получить необходимые результаты для больших объектов. В ряде случаев проектной практики, достаточно получить ориентировочные величины нагрузок по группам электроприёмников. В связи этим, для ускорения ориентировочных расчётов, было бы привлекательно использовать другие методы применявшихся ранее (метод упорядоченных диаграмм [3, 4] и метод коэффициента спроса).

Целью настоящей работы было проверить данную возможность, считая приемлемым отклонение результатов расчётов полученных по другим методам от метода [1] в 10 %.

Сравнение методик производилось на примере расчёта электрических нагрузок насосной станции пожаротушения на участке от НПС №2 до 358 км трубопроводной системы Заполярье - НПС «Пур-Пе», Ямало-Ненецкого автономного округа. Электроприёмники насосной станции по надёжности электроснабжения относятся к I категории. В примере производился расчёт нагрузок двухтрансформаторной тупиковой трансформаторной подстанции с автоматическим вводом резерва. Структурная схема электроснабжения рассматриваемого в примере объекта, представлена на рисунке 1.

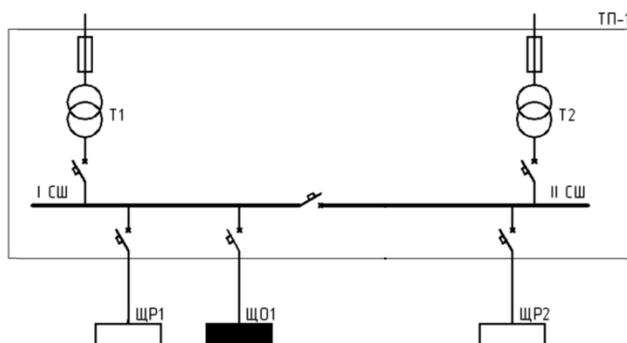


Рисунок 1. - Структурная схема электроснабжения насосной станции пожаротушения

Расчётные коэффициенты для метода [1] были приняты по [5], а для остальных методов по табл. 2.2 [4]. При оценке результатов расчётов не учитывалась компенсация реактивной мощности.

Отклонение расчётных значений от значений, полученных по базовому методу [1] находились по формуле:

$$\Delta x = \frac{x_2 - x_1}{x_1} \cdot 100\%,$$

где x_2 - значение, полученное по исследуемой методике; x_1 - значение, полученное по базовой методике.

Таблица 1. – Результаты расчёта электрических нагрузок, полученные разными методами

Итого по	P, кВт			ΔP , %		Q, квар			ΔQ , %		S, кВА			ΔS , %	
	метод*														
	1	2	3	2	3	1	2	3	2	3	1	2	3	2	3
ЩР1	31,1	38,3	28,3	23,2	-9	15,6	20,1	14,6	28,8	-6,4	34,8	43,2	37,8	24,1	8,6
ЩО1	1,9	1,9	1,9	0	0	2,1	-	1,94	-	-7,6	2,9	1,9	2,7	-34,4	-6,9
I с.ш.	29,2	40,2	30,2	37,7	3,4	16,1	19,8	16,5	22,9	2,5	33,3	44,8	34,5	34,5	3,6
ЩР2	21,1	24	19,8	13,7	-6,2	9,7	12,8	9,9	31,9	2,1	23,2	27,2	22,1	17,2	-4,5
II с.ш.	18,6	24	19,8	29,1	6,5	9,6	12,8	9,9	33,3	3,1	20,9	27,2	22,1	30,1	5,7

* метод 1 – это метод [1]; метод 2 – метод упорядоченных диаграмм; метод 3 – метод коэффициента спроса.

По полученным результатам можно сделать следующие предварительные выводы:

1. Из рассмотренных методов приемлемую точность расчётов обеспечивает только метод коэффициента спроса (выделено жирным шрифтом в таблице 1).

2. Результаты, полученные методом упорядоченных диаграмм, подтверждают сведения, приводимые в [2], о том, что данный метод завышает значения расчётных электрических нагрузок примерно на 15...30 %.

3. Для получения окончательных выводов следует проверить вывод п. 1 на большем числе объектов разных отраслей промышленности.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

5. Указания по расчёту электрических нагрузок [Текст]: РТМ 36.18.32.4-92: утв. Приказом №359-92 Тяжпромэлектропроект от 30.07.1992: ввод в действие с 01.01.93. - М.: ОАО ВНИПИ Тяжпромэлектропроект", 1992.

6. Пособие к «Указаниям по расчёту электрических нагрузок» [Текст]: ввод в действие с 01.01.93. – М.: ОАО «ВНИПИ Тяжпромэлектропроект», 1993.

7. Указания по определению электрических нагрузок в промышленных установках [Текст]// Инструктивные указания по проектированию электротехнических промышленных установок №6, 1968. - С. 3-17.

8. Справочник по проектированию электроснабжения [Текст] / сост. И. С. Бабаханян, А. А. Бейдер, А. В. Геллер [и др.]; под ред. Ю. Г. Барыбина [и др.]. - М.: Энергоатомиздат, 1990. - 576 с.

9. Справочные данные по расчётным коэффициентам электрических нагрузок [Текст]: ОАО «ВНИПИ Тяжпромэлектропроект», 1990.

ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ ПРЕДПРИЯТИЙ ЗА СЧЕТ АКТИВНЫХ КОМПЕНСИРУЮЩИХ УСТРОЙСТВ

Лобович К. В.

Научный руководитель Карякин А.Л., д-р техн. наук, профессор
Уральский государственный горный университет

В качестве активных компенсирующих устройств возможно применять сетевые инверторы (активные выпрямители). Эти устройства позволяют осуществлять двусторонний обмен с питающей сетью, в режиме выпрямителя энергия передается из сети переменного в звено постоянного тока, в режиме инвертора наоборот. Сетевой инвертор позволяет регулировать коэффициент мощности на стороне переменного тока, это осуществляется путем изменения угла сдвига фаз между напряжением и током в фазах сети переменного тока, угол может поддерживаться положительным, отрицательным, а также равным нулю.

Функциональная схема сетевого инвертора с синусоидальной ШИМ показана на рисунке 1, в которой с одной стороны инвертор подключен к сети с напряжением U_1 , с другой - к цепи с постоянным напряжением U_0 . Инвертор представляется преобразователем, который по отношению к сети переменного тока генерирует эдс, первая гармоника которой равна:

$$\overline{E}_0 = \mu U_0 e^{j\varphi_{\text{мод}}}, \quad (1)$$

где: μ - коэффициент модуляции, $\varphi_{\text{мод}}$ - фаза напряжения модуляции по отношению к напряжению сети.

Уравнение, составленное по второму закону Кирхгофа для схемы (рисунок 1) запишется в виде:

$$\overline{U}_1 = \overline{E}_0 + jx_1 \overline{I}_1, \quad (2)$$

где: $\overline{U}_1, \overline{E}_0, \overline{I}_1$ - векторы эдс на выходе инвертора, напряжения сети и тока.

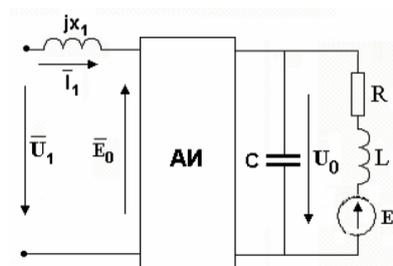


Рисунок 1 – Функциональная схема сетевого инвертора

Для подключения сетевого инвертора на сеть необходимо соблюсти ряд условий:

- частота модуляции инвертора должна в точности совпадать с частотой сети f_1 ;
- очередность фаз управления инвертором должна совпадать с очередностью фаз сети;
- в каждой фазе инвертора со стороны сети должна быть включена значительная индуктивность, такая, чтобы реактивное сопротивление этой индуктивности на порядок и более превышало сумму внутренних сопротивлений сети и инвертора.

Активная мощность определяется уравнением:

$$P = -\frac{m_1 U_1 E_0}{x_1} \sin \varphi_{\text{мод}} = -\frac{m_1 U_1 \mu U_0}{x_1} \sin \varphi_{\text{мод}}, \quad (3)$$

где: $x_1 = 2\pi f_1 L$, L - индуктивность на входе инвертора, m_1 - число фаз.

Из уравнения (3) следует, что при $\varphi_{\text{мод}} \geq 0$ инвертор генерирует в сеть активную мощность. При $\varphi_{\text{мод}} \leq 0$ инвертор потребляет из сети активную мощность. При $\varphi_{\text{мод}} = 0$ вся система работает в режиме холостого хода.

Реактивная мощность, потребляемая инвертором, определяется уравнением:

$$Q = -\frac{m_1 U_1 E_0}{x_1} \left(\cos \varphi_{\text{мод}} - \frac{U_1}{E_0} \right) = -\frac{m_1 U_1 \mu U_0}{x_1} \left(\cos \varphi_{\text{мод}} - \frac{U_1}{\mu U_0} \right), \quad (4)$$

В режиме холостого хода инвертор не генерирует и не потребляет активной мощности. Реактивная мощность в режиме холостого хода равна:

$$Q = -\frac{m_1 U_1 E_0}{x_1} \left(1 - \frac{U_1}{E_0}\right) = -\frac{m_1 U_1 \mu U_0}{x_1} \left(1 - \frac{U_1}{\mu U_0}\right), \quad (5)$$

Любое изменение коэффициента модуляции и, связанной с ним эдс \overline{E}_0 , приводит к появлению тока в источнике. Физику процессов рассмотрим с использованием векторных диаграмм (рисунок 2). Поскольку в сети напряжение \overline{U}_1 постоянно, то увеличение \overline{E}_0 по сравнению с \overline{U}_1 приводит к появлению емкостного тока в сети (рисунок 2).

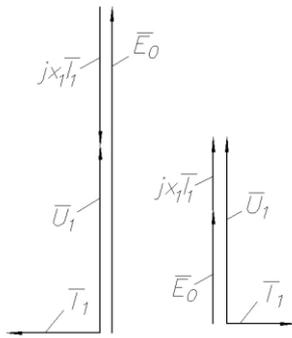


Рисунок 2 – Векторная диаграмма системы инвертор – сеть в режиме холостого хода

Уменьшение \overline{E}_0 по сравнению с \overline{U}_1 приводит к появлению индуктивного тока в цепи. Поскольку в обоих случаях угол между \overline{U}_1 и \overline{E}_0 равен 0, то инвертор не отдает и не потребляет активной мощности. Таким образом, изменяя коэффициент модуляции, можно генерировать (или потреблять) реактивную мощность. Рассмотрим векторную диаграмму, показанную на рисунке 3.

Из векторной диаграммы следует:

$$AO_2 = x_1 I_1 \cos \varphi, O_1 O_2 = x_1 I_1 \sin \varphi. \quad (6)$$

Активная и реактивная мощности в системе определяются уравнениями:

$$P_1 = m_1 U_1 I_1 \cos \varphi, Q_1 = m_1 U_1 I_1 \sin \varphi. \quad (7)$$

Сравнение уравнений (6) и (7) показывают, что при постоянном напряжении сети ($U_1 = const$), отрезок AO_2 в определенном масштабе – есть активная мощность, а отрезок $O_1 O_2$ – реактивная мощность. Поэтому для изменения активной мощности при ($Q_1 = const$) конец вектора \overline{E}_0 должен скользить по горизонтальной прямой AB . Для изменения реактивной мощности при ($P_1 = const$) конец вектора \overline{E}_0 должен скользить по вертикальной прямой (AA' или BB'). Положение вектора OO_2 соответствует холостому ходу.

Если вектор \overline{E}_0 находится слева от прямой OO_2 , то инвертор генерирует активную мощность в сеть. Если вектор \overline{E}_0 находится справа от прямой, то инвертор потребляет активную мощность из сети.

В режиме генерирования ($\varphi_{mod} \geq 0$) при скольжении вектора вниз по вертикали, инвертор вырабатывает в сеть емкостную мощность до тех пор, пока ($\overline{E}_0 \geq \overline{U}_1$). При ($\overline{E}_0 \leq \overline{U}_1$) инвертор потребляет из сети индуктивную мощность.

В режиме потребления мощности ($\varphi_{mod} \leq 0$) из сети, инвертор вырабатывает емкостную мощность до тех пор, пока ($\overline{E}_0 \geq \overline{U}_1$) и потребляет индуктивную мощность при ($\overline{E}_0 \leq \overline{U}_1$).

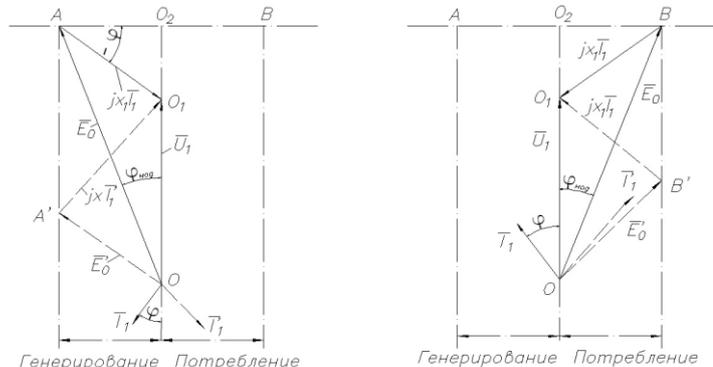


Рисунок 3 – Векторная диаграмма системы инвертор – сеть в режиме нагрузки

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- 1) Герман-Галкин С.Г. Matlab & Simulink. Проектирование мехатронных систем на ПК. — СПб.: КОРОНА-Век, 2008 — 368 с.
- 2) Кулик В.Д. Силовая электроника. Автономные инверторы, активные преобразователи: учебное пособие / ГОУВПО СПбГТУРП. - СПб., 2010. – 90 с.

РАЗРАБОТКА МОЩНОГО АККУМУЛЯТОРНОГО ПРОЖЕКТОРА С ШИРОТНО-ИМПУЛЬСНОЙ МОДУЛЯЦИЕЙ

Петухов В. А., Осипов П. А.

Научный руководитель Осипов П. А., ст. преп.
Уральский государственный горный университет

Автономные светодиодные прожекторы применяются рабочим персоналом горных предприятий для освещения в шахтах, труднодоступных местах и процессе поисковых операций. Данные прожекторы должны иметь низкие массогабаритные показатели, высокий срок службы и время автономной работы. Для регулирования светового потока источника света и экономии энергии источника питания целесообразно использовать широтно-импульсную модуляцию. Модуляция – это процесс изменения параметров высокочастотного колебания по закону низкочастотного информационного сигнала. Широтно-импульсная модуляция (ШИМ) позволяет регулировать подводимую мощность к нагрузке, путем изменения скважности импульсов, при постоянной частоте (рис.1).

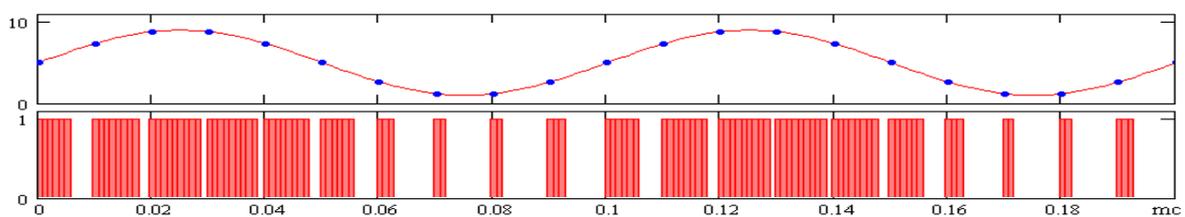


Рисунок 1 – Широтно-импульсная модуляция

Выбор светодиодов

Фирма Cree является лидером в производстве светодиодов благодаря высокой надежности и хорошим характеристикам их продукции. Светодиоды фирмы Cree разделяются по уровню напряжения на 3,7 В, 6 В и 12 В. Уровень напряжения светодиодов 3,7 В является самым распространенным на рынке, благодаря своим регулировочным характеристикам и удобству согласования с источником питания.

Светодиод Cree XM-L U2 (рис.2) обладает широким диапазоном регулирования от 0,7 до 3 А и пучком света большего диаметра по сравнению с другими светодиодами фирмы Cree (рис. 3). В максимальном режиме работы один такой светодиод имеет световой поток 1100 Лм и потребляет мощность 10 Вт.



Рисунок 2 – Светодиод Cree XM-L U2



Рисунок 3 – Сравнение светодиодов фирмы Cree

Выбор понижающего стабилизатора

Понижающий стабилизатор выбирался по следующим параметрам: номинальная выходная мощность, диапазон входного, выходного напряжения и тока. Выбран стабилизатор фирмы ELDOER с диапазоном входного напряжения от 4 до 30 В, выходного тока от 0 до 12 А. Стабилизатор рассеивает до 100 Вт мощности и имеет защиту от перегрева.

Выбор аккумуляторной батареи

Выбор типа аккумуляторной батареи (АКБ) производился между литиевыми и свинцово-кислотными. При использовании литиевых АКБ существует вероятность повреждения или замыкания литиевых ячеек, что приведет к нагреванию аккумулятора и тепловому взрыву. АКБ фирмы Delta HR 12-18 с емкостью 18 А·ч, обладает следующими особенностями: корпус выполнен из ABS-пластика, не поддерживающего горение, низкий саморазряд, не требует долива воды и имеет небольшие габариты по сравнению с другими свинцово-кислотными АКБ.

Расчет работы аккумулятора

В светодиодном прожекторе используются три светодиода, включенные параллельно по схеме на рисунке 4. При использовании прожектора в максимальном режиме работы каждый светодиод будет потреблять ток 3 А. Время работы прожектора с аккумулятором емкостью 18 А·ч составит 120 минут.

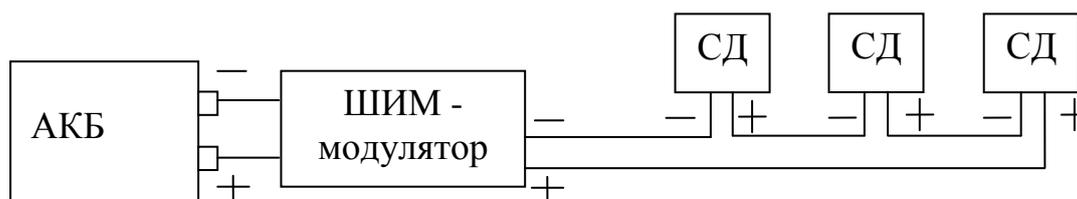


Рисунок 4 – Функциональная схема светодиодного прожектора

Определим время работы прожектора на максимальной и минимальной яркости светодиодов:

$$T_{\text{раб}}^{\text{макс}} = \frac{W_{\text{АКБ}}}{m \cdot I_{\text{потр}}^{\text{макс}}} = \frac{18}{3 \cdot 3} = 2 \text{ ч.},$$
$$T_{\text{раб}}^{\text{мин}} = \frac{W_{\text{АКБ}}}{m \cdot I_{\text{потр}}^{\text{мин}}} = \frac{18}{3 \cdot 0,7} = 8,571 \text{ ч.},$$

где $T_{\text{раб}}^{\text{макс}}$, $T_{\text{раб}}^{\text{мин}}$ – максимальное и минимальное время работы прожектора, час; $W_{\text{АКБ}}$ – емкость аккумулятора, А·ч; $I_{\text{потр}}^{\text{макс}}$, $I_{\text{потр}}^{\text{мин}}$ – максимальный и минимальный потребляемый светодиодом Cree XM-L U2 ток, А; m – количество светодиодов в прожекторе.

Заключение

В работе произведен выбор основных компонентов мощного автономного регулируемого светодиодного прожектора и расчет времени его работы в режиме максимальной и минимальной яркости. При максимальном потреблении прожектор будет светить с яркостью 3000 Лм в течении 2 часов, минимальной – 8,5 часа. В дальнейшем планируется рассмотреть вопросы выбора отражателя, системы охлаждения, корпуса и автоматической регулировки яркости в зависимости от условий освещения.

ОЦЕНКА РИСКА СИСТЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

Хузин Р. Ш., Матвеев В. В.

Научный руководитель Матвеев В. В., канд. техн. наук, доцент
Уральский государственный горный университет

Риск характеризует влияние неопределенности на обеспечение надежности и безопасности электротехнического комплекса системы электроснабжения при ведении горных работ. В некоторых работах риск рассматривается как показатель качества [1]. Неопределенность возникновения или изменения обстоятельств (событие) порождают внутренние и внешние факторы (воздействия). Результатом наступления события являются множество последствий. В качестве меры, характеризующей неопределенность того, что событие может произойти рассматривают вероятность или возможность [2].

С целью снижения рисков на предприятиях разрабатывают систему управления рисками. Она является частью системы управления опасными производственными объектами [3]. Процессы управления предполагают систематическое применение комплекса процессов по идентификации, анализу, оцениванию, обмену информацией, консультированию и формированию решений по снижению риска, воздействию на риск и мониторинг. Упрощенная структура системы управления рисками приведена на рисунке 1.

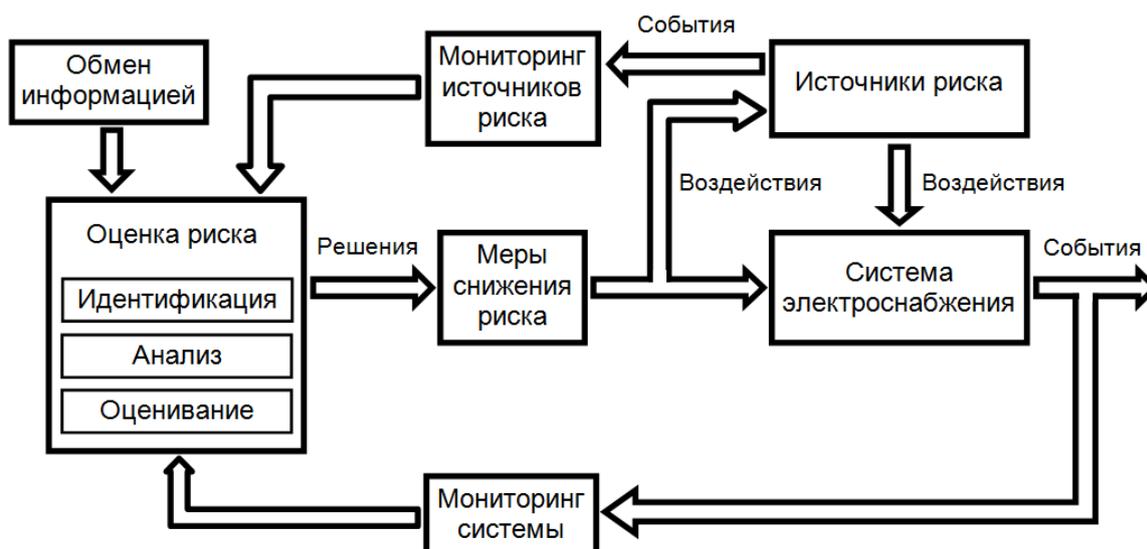


Рисунок 1 – Структура системы управления рисками

Система электроснабжения представляет собой электротехнический комплекс, расположенный в горных выработках. На этот комплекс оказывают воздействие источники риска. Они могут быть материальные и нематериальные элементы, которые имеют потенциал для вызова риска, например, природные, техногенные и антропогенные опасности.

При идентификации риска решают задачи обнаружения и распознавания событий, составления описания контролируемых и неконтролируемых источников риска, причин их возникновения, определение областей воздействий и потенциальных последствий. При анализе риска рассматривают причины и источники риска, их последствия. Результаты анализа являются базой для оценивания риска. При оценивании риска проводят сравнение результатов анализа с установленными критериями риска с целью определения приемлемости величины риска. Результаты оценивания будут основой принятия решений о необходимости выполнении

мер по снижению риска. Мониторинг заключается в периодической или произвольной проверке, надзоре и наблюдении за событиями с целью идентификации происходящих изменений.

Оценка риска итерационно осуществляется на этапах жизненного цикла системы электроснабжения. На этапе проектирования проводят исследования с целью выявления главных источников риска и опасных значений факторов, предоставления исходных для оценки системы электроснабжения, предоставления исходных данных для оценки потенциально опасных действий. На основе этих данных проводится оценка риска, определение и оценка закладываемых мер безопасности, в нормальных и чрезвычайных условиях. При монтаже, эксплуатации и техническом обслуживании системы электроснабжения корректируются данные об опасных факторах и источниках рисков, сопоставляются показатели работы системы с требуемыми значениями, а также проводится подготовка персонала. С учетом этих данных разрабатывают методики эксплуатации и технического обслуживания [4].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Риск – показатель качества электроснабжения городов / А. Х. Мусин // Вести высших учебных заведений черноземья. - 2009. - № 3 (17). - С. 33-36.
2. ГОСТ Р ИСО 31000-2010. Менеджмент риска. Принципы и руководство.–Москва: Стандартиформ, 2012.- 28 с.
3. Руководство по безопасности “Методические основы по проведению анализа опасностей и оценки риска аварий на опасных производственных объектах”. Серия 27. Выпуск 16. – М.: ЗАО НТЦ ПБ, 2016. – 56 с.
4. ГОСТ Р 51901.1-2002. Менеджмент риска. Анализ риска технологических систем.–Москва: ИПК Издательство стандартов, 2002.- 28 с.

АНАЛИЗ ФАКТОРОВ ВЛИЯЮЩИХ НА РАСЧЁТНУЮ ЁМКОСТЬ КОНТРОЛЬНЫХ КАБЕЛЕЙ

Алиев Ш. А., Кобанцев Д. О., Садовников М. Е.
Научный руководитель Садовников М. Е., канд. техн. наук, доцент
Уральский государственный горный университет

Искробезопасная электрическая цепь "i" (" i_a ", " i_b ", " i_c ") - вид взрывозащиты, основанный на ограничении электрической энергии (мощности) в электрическом разряде и температуры элементов электрооборудования до значения ниже уровня, вызывающего воспламенение от искрения или теплового воздействия [1].

Искробезопасные электрические цепи являются одним из двух основных видов взрывозащиты электрооборудования.

Для того чтобы электрические цепи оставались искробезопасными, необходимо чтобы ёмкость внешних устройств (приёмников сигнала), подключаемых к рассматриваемой единице электрооборудования (источнику сигнала), не превышала максимальной внешней ёмкости C_0 установленной изготовителем для этой единицы электрооборудования

$$C_0 \geq C_i + C_k,$$

где C_i – суммарная максимальная внутренняя ёмкость искробезопасного электрооборудования, подключенного к рассматриваемой искробезопасной цепи (паспортная величина для каждой единицы искробезопасного или связанного электрооборудования); C_k – суммарная ёмкость соединительных кабелей в рассматриваемой искробезопасной электрической цепи.

Таким образом, для того чтобы можно было оценить искробезопасность электрической цепи, необходимо, кроме всего прочего, знать ёмкость соединительных кабелей, входящих в эту цепь. К сожалению, производители кабелей часто не указывают их ёмкость, что приводит к тому, что на этапе проектирования, не всегда, получается, достоверно оценить искробезопасность электрических цепей, а значит обеспечить безопасность работы электроустановок во взрывоопасных зонах.

В связи с этим, разработка методики определения ёмкости жил соединительных контрольных кабелей, является актуальной задачей.

Для того чтобы методика была достоверной при её разработке необходимо учесть основные факторы, влияющие на ёмкость кабеля.

Электрическая ёмкость между жилами кабеля C_k может быть определена по формуле для расчёта электрической ёмкости между двумя цилиндрами одинакового радиуса (п. 25.1 [3])

$$C_k = \frac{\pi \cdot \varepsilon \cdot l}{\ln \left(\frac{D}{2 \cdot R_{ж}} + \sqrt{\frac{D^2}{4 \cdot R_{ж}^2} - 1} \right)} \quad (1)$$

где ε – абсолютная диэлектрическая проницаемость изоляции жил кабеля, Ф/м; $R_{ж}$ – радиус жилы кабеля, м; D – расстояние между центрами жил кабеля, м; l – длина кабеля, м.

Таким образом, на расчётную ёмкость жил кабеля влияют: относительная диэлектрическая проницаемость изоляции ε_r (которая входит в составной частью в формулу расчёта абсолютной диэлектрической проницаемости изоляции ε); точность определения расстояний между центрами жил кабеля; точность определения радиуса жил кабеля.

Следует сказать, что все эти сведения изготовители кабелей не предоставляют и их определение на практике является насущной задачей.

В данной работе это производилось следующим образом:

- В предположении, что жила кабеля имеет круглое сечение, определялся радиус жилы $R_{ж}$ по известной площади сечения S (паспортная величина).
- Толщина изоляции жил и оболочки кабеля определялась по справочным данным [4].

– По чертежу производились замеры расстояний между центрами жил кабеля, D.
 – По известному типу изоляции, по справочным данным [5, 6], определялась относительная диэлектрическая проницаемость изоляции ϵ_r по которой рассчитывалась абсолютная диэлектрическая проницаемость изоляции ϵ .

– По формуле (1) производился расчёт между жилами в кабеле с наименьшим D (поскольку для оценки искробезопасности нужна наибольшая из всех возможных ёмкость).

Для оценки методики производились экспериментальные замеры ёмкости между жилами кабелей (по методике [7]), для которых производился расчёт. Измерения проводились переносным измерителем ёмкости Mastech MY6013A, с погрешностью измерений $\pm 0,5+1D\%$ [8]. Отклонение расчётных значений ёмкости от экспериментальных значений находились по формуле:

$$\Delta C = \frac{C_p - x_э}{x_э} \cdot 100\%, \quad (2)$$

где x_p – максимальная расчётная ёмкость, нФ; $x_э$ – экспериментальное значение ёмкости, нФ.

Результаты сравнительной оценки методики расчёта представлены в таблице 1.

Таблица 1- Отклонение расчётных значений электрической ёмкости жил кабелей от экспериментальных

Марка и сечение жил кабеля	Максимальная ёмкость 1 км кабеля, нФ		Отклонение расчётной ёмкости от экспериментальной, %
	Расчётная	экспериментальная	
АКВВГ 19х2,5	102,73	110,11	-6,70
ПВСн 3х2,5+1х2,5	102,73	113,31	-9,34
ВВГ-Пнг(А) 3х2,5	98,11	103,0	-4,75
Среднее значение			-6,93

По полученным результатам можно сделать следующие предварительные выводы:

1. Полученные отклонения расчётной максимальной ёмкости от экспериментальной укладываются в 10 % и дают заниженное значение ёмкости.

2. Методику необходимо проверить на большем числе экспериментальных данных, а сейчас позволяет использовать её только для ориентировочной оценки максимальной ёмкости жил кабелей.

3. Для повышения точности методики следует искать пути более точной оценки факторов, влияющих на расчётную ёмкость.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. ТР ТС 012/2011. Технический регламент таможенного союза. О безопасности оборудования для работы во взрывоопасных средах [Текст]. – Введ. 2011-10-18.

2. ГОСТ 30852.10-2002. Электрооборудование взрывозащищённое. Часть 11. Искробезопасная электрическая цепь [Текст]. – Введ. 2014-02-15. – М.: Стандартинформ, 2014.

3. Теоретические основы электротехники [Текст]: учебник для вузов. В 3 т. Т. 3. / К. С. Демирчян, Л. Р. Нейман, Н. В. Коровкин [и др.]. – 4-е изд. – СПб.: Питер, 2003. – 377 с.: ил.

4. Кабели, провода, материалы для кабельной индустрии [Текст]: технический справочник / Под общ. ред. В. Ю. Кузенева, О. В. Крехова. – 3-е изд. – М.: Нефть и газ, 2006. – 360 с.: ил.

5. Справочник по электротехническим материалам [Текст]: В 3 т. Т. 2 / под ред. Ю. В. Юрицкого, В. В. Пасынкова, Б. М. Тареева. – 3-е изд., перераб. – М.: Энергоатомиздат, 1987. – 464 с.: ил.

6. Электрические кабели, провода и шнуры [Текст]: справочник / Под общ. ред. Н. И. Белорусова. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: «Энергия», 1971. – 704 с.: ил.

7. ГОСТ 27893-88. Кабели связи. Методы испытаний [Текст]. – Введ. 1990-01-01. – М.: Стандартинформ, 2010.

8. Сайт компании Mastech. Цифровой измеритель ёмкости Mastech MY6013A. [Электронный ресурс] <http://www.mastech.ru/catalog/mult/my6013a.htm> (дата обращения: 27.10.2016).