

Министерство образования Республики Беларусь
Белорусский национальный технический университет
Энергетический факультет

АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ЭНЕРГЕТИКИ



**Материалы 75 – й
научно – технической
конференции студентов
и аспирантов**

Секция
ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ

Электронный учебный материал

Минск 2019

УДК 621.311
ББК 31 я 43
А 43

Р е ц е н з е н т

Заведующий кафедрой «Электрооборудование сельскохозяйственных предприятий» УО БГАТУ, к.т.н., доцент В.А. Дайнеко

Составитель Жуковская Т.Е.

В сборник включены материалы 75 – й научно-технической конференции студентов и аспирантов БНТУ «Актуальные проблемы энергетики» (апрель 2019 г.) Секция «Электроснабжение».

Белорусский национальный технический университет.
Энергетический факультет.
пр - т Независимости, 65/2, г. Минск, Республика Беларусь
Тел.: (017) 292-42-32 Факс: 292-71-73
E-mail: ef@bntu.by
<http://www.bntu.by/ef.html>
Регистрационный № ЭИ БНТУ/ЭФ39 - 73.2019

ОГЛАВЛЕНИЕ

СТАНДАРТЫ И МЕТОДИКИ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ ДЛЯ ОЦЕНКИ НАДЕЖНОСТИ СВЕТОДИОДНЫХ ИСТОЧНИКОВ СВЕТА	6
Дубатовка А.Д.	6
Научный руководитель – к.т.н., доцент Козловская В.Б.	6
ВЛИЯНИЕ СВЕТОДИОДНЫХ ИСТОЧНИКОВ СВЕТА НА СПЕКТРЫ ТОКОВ И НАПРЯЖЕНИЙ ПИТАЮЩЕЙ СЕТИ	10
Мацук А. С., Клявдо М. А.	10
Научный руководитель- к.т.н., доцент Козловска В. Б.	10
УСТРАНЕНИЕ ПОТЕРЬ ЭНЕРГОРЕСУРСОВ.....	13
Киреев В.В., Андросюк И. В.	13
Научный руководитель - к.т.н., доцент Константинова С.В.	13
СПОСОБЫ И ЭЛЕМЕНТЫ СИСТЕМЫ ОХЛАЖДЕНИЯ СВЕТОДИОДОВ	17
Рогацевич Е.А., Гринкевич В.А.	17
Научный руководитель – к.т.н., доцент Козловская В.Б.	17
ПРИМЕНЕНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ИСТОЧНИКОВ СВЕТА НА ПРОМЫШЛЕННОМ ПРЕДПРИЯТИИ.....	20
Богдан Д.В.	20
Научный руководитель: старший преподаватель Колосова И.В.	20
СОВРЕМЕННЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В УПРАВЛЕНИИ СИСТЕМАМИ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ	23
Ерёма В.В.	23
Научный руководитель – к.т.н., доцент Збродыга В.М.	23
ТРЕБОВАНИЯ, ПРЕДЪЯВЛЯЕМЫЕ К ПРОЕКТИРОВАНИЮ СИСТЕМЫ АРХИТЕКТУРНО- ХУДОЖЕСТВЕННОГО ОСВЕЩЕНИЯ: СПОСОБЫ УПРАВЛЕНИЯ ПОДСВЕТКОЙ ЗДАНИЙ	29
Ахундова Ю. Д.	29
Научный руководитель – к.т.н., доцент Козловская В. Б.	29
КОНСТРУКТИВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ДГУ.....	32
Рабешко А.В.	32
Научный руководитель – преподаватель Капустинский А.Ю.	32
КОНТРОЛЬ ДОСТОВЕРНОСТИ РЕЗУЛЬТАТОВ ВЗАИМОСВЯЗАННЫХ ПЕРЕМЕННЫХ .	36
Тихно В.Д.	36
Научный руководитель - д.т.н, профессор Анищенко В.А.	36
ПРИМЕНЕНИЕ ЭПРА ДЛЯ ПИТАНИЯ ГАЗОРАЗРЯДНЫХ ЛАМП	39
Смоловская Д.М.	39
Научный руководитель – к.т.н., доцент Козловская В.Б.	39
МЕТОДИКА ОБСЛУЖИВАНИЯ ДИЗЕЛЬ-ГЕНЕРАТОРНЫХ УСТАНОВОК.....	46
Рабешко А.В.	46
Научный руководитель – ассистент Капустинский А.Ю.	46
ГАЗОПОРШНЕВАЯ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЯ (ГПУ) НА ДРЕВЕСНЫХ ОТХОДАХ.....	48
Урбель Д.В.	48
Научный руководитель – ассистент Капустинский А.Ю.	48

КОНСТРУКТИВНОЕ ИСПОЛНЕНИЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СУХИХ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ.....	52
Тарнацкая О.С., Волынчикова Е.В.....	52
Научный руководитель – ст. пр. Колосова И.В.	52
ПРИМЕНЕНИЕ РЕКУПЕРАЦИОННЫХ ПРИНЦИПОВ В РАМКАХ СОЗДАНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОГО ЖИЛЬЯ.....	56
Соловьёв С.С., Ковтун Г.К.....	56
Научный руководитель - ассистент Протасеня М. Л.....	56
ВЫБОР ДИЗЕЛЬ-ГЕНЕРАТОРНЫХ УСТАНОВОК	59
Рабешко А.В.	59
Научный руководитель – ассистент Капустинский А.Ю.	59
ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ТВЕРДОТЕЛЬНЫХ РЕЛЕ В ПЕЧАХ Ш -70.....	63
Павлович Е.В.	63
Научный руководитель – к.т.н., доцент Константинова С.В.	63
ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ГЕНЕРАТОРЫ.....	67
Ермолинская Л.Э., Пармоник Н.С.	67
Научный руководитель – к.т.н., доцент Константинова С.В.	67
К ВОПРОСУ СНИЖЕНИЯ ПОТЕРЬ ХОЛОСТОГО ХОДА ТРАНСФОРМАТОРОВ СЕРИИ ТМГ	71
Веселов Ю.В.....	71
Научный руководитель – к.т.н., доцент Константинова С.В.	71
СИСТЕМЫ ДИСПЕТЧЕРИЗАЦИИ И КОНТРОЛЯ ИНЖЕНЕРНЫХ СИСТЕМ.....	73
Поливенко А.С.....	73
Научный руководитель – старший преподаватель Колосова И.В.	73
ГЕОТЕРМАЛЬНЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ.....	76
Вечёрко А.В.	76
Научный руководитель – ассистент Казак Д.А.	76
ВЛИЯНИЕ ОТКЛОНЕНИЙ НАПРЯЖЕНИЯ НА ЭЛЕКТРОПОТРЕБЛЕНИЕ ОСВЕТИТЕЛЬНЫХ УСТАНОВОК ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПОМЕЩЕНИЯ	79
Семенюк К.Ю.....	79
Научный руководитель – старший преподаватель Колосова И.В.	79
СВЕТОДИОДЫ LED ПО ТЕХНОЛОГИИ COB	85
Лапшев В.П., Сехович Е.П.	85
Научный руководитель- к.т.н. Горностай А.В.	85
НАКОПИТЕЛИ ЭНЕРГИИ.....	89
Лычковский С.Н.	89
Научный руководитель – старший преподаватель Ярошевич Т.М.	89
СИЛОВЫЕ ЭЛЕГАЗОВЫЕ ТРАНСФОРМАТОРЫ.....	94
Ходжиев Равшан	94
Научный руководитель – к.т.н., доцент Константинова С.В.	94
ОСОБЕННОСТИ СВЕТОТЕХНИЧЕСКОГО РАСЧЕТА НАРУЖНОГО ОСВЕЩЕНИЯ	97
Панасюк Е.М.	97
Научный руководитель – ст. пр. Калечиц В.Н.....	97

УДК 621.3

СТАНДАРТЫ И МЕТОДИКИ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ ДЛЯ ОЦЕНКИ НАДЕЖНОСТИ СВЕТОДИОДНЫХ ИСТОЧНИКОВ СВЕТА

Дубатовка А.Д.

Научный руководитель – к.т.н., доцент Козловская В.Б.

Светодиодные светильники как одна из наиболее перспективных энергосберегающих технологий получают все большее применение во всех сферах жизнеобеспечения общества. Не удивительно, что производство осветительных приборов на основе светодиодов постоянно растет как количественно, так и по видовому разнообразию.

В этой ситуации для предотвращения несчастных случаев и долгого срока службы необходимо использовать светодиодные лампы и светодиодные светильники, соответствующие всем современным требованиям безопасности и качества. В связи с этим в настоящее время расширяется и совершенствуется нормативная база, регулирующая методы проведения испытаний светодиодных светильников.

Различные производители светодиодных светильников используют разные стандарты и методики испытаний своей продукции на соответствие требованиям надежности и безопасности. Наиболее известным зарубежным стандартом является JET ((Japan Electrical Safety & Environment Technology Laboratories) - ведущее учреждение, занимающееся вопросами повышения безопасности и надежности электрических приборов. В то же время на территории стран Таможенного союза, а именно Росстандарт и БелСТ, проводят испытания по регламенту ТР ТС 004/2011 – О безопасности низковольтного оборудования.

Проведем сравнительный анализ данных стандартов и их методик испытаний светодиодных источников света.

JET

Комиссия JET проводит испытания и измерение следующих параметров светодиодных ламп:

- Измерения радиошума (электромагнитной совместимости (ЭМС));
- Измерения электромагнитного поля (ЭМП);
- Испытания в соответствии с «Законом об электротехнике и безопасности материалов»;
- Испытания, касающиеся изоляционных материалов;
- Испытания уровня защищенности от проникновения пыли и воды;
- Оптические измерения.

Для проведения оптических измерений используется специальное оборудование:

а) Светотехническая сфера



б) Гониофотометр

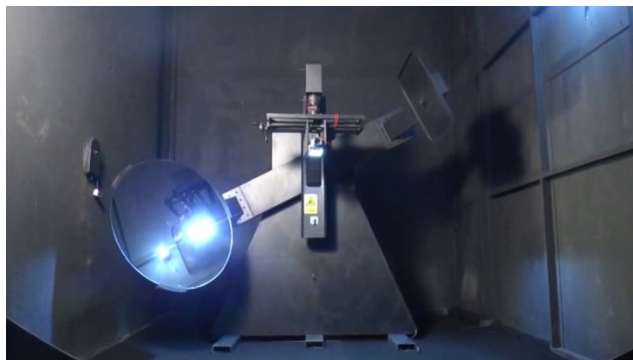


Рисунок 1 – Оборудование для проведения оптических измерений ламп

С помощью этого оборудования измеряют:

- Общий световой поток;
- Цветовую температуру;
- Спектральное распределение света;
- Цвет источника света (RGB);
- Индекс восприятия цвета;
- Освещенность прямо под источником света;
- Ультрафиолетовые лучи;
- Эффективности энергопотребления источников света.

Помимо основных методов JET использует и специальные в зависимости от назначения ламп, которые отличаются температурным режимом, уровнем загрязненности окружающей среды и т.д.:

- JIS C 7801 - Методы измерения ламп общего освещения;
- JIS C 8105-3 - Общие требования к характеристикам;
- JIS C 8105-5 - Гонио-фотометрический метод;
- JIS C 8131 - Светильники для дорожного освещения;
- JIS C 8152-1 - Метод измерения белого светодиода для общего освещения (одиочные);
- JIS C 8152-2 - Метод измерения белого светодиода для общего освещения (светодиодные модули).

Светильники, прошедшие сертификацию по стандарту JET маркируются следующим образом:



- 1 – используемые в изготовлении материалы;
2 – поставщик;
3 – номинальные параметры;
4 – наименование стандарта: S-JET.

Рисунок 2 – Маркировка ламп, прошедших сертификацию JET

Помимо самого светильника сертификации и проверке подвергается также и питающее его оборудование: блоки питания, проводники, драйвер, устройство охлаждения.

ТР ТС 004/2011

Главным органом (в России) по сертификации и испытаниям светодиодных источников света по данному стандарту является Учреждение по сертификации «Мнити-Сертифика». Лаборатория данной компании использует наиболее прогрессивные из рекомендованных законодательством методик проведения испытаний. В соответствии с регламентом она проводит испытания с целью проверки соответствия светодиодных источников света по следующим параметрам:

- необходимый уровень защиты от прямого или косвенного воздействия электрического тока;
- отсутствие недопустимого риска возникновения повышенных температур или излучений, которые могут привести к появлению опасностей;
- необходимый уровень защиты от опасностей неэлектрического происхождения, возникающих при применении низковольтного оборудования, в том числе вызванных физическими, химическими или биологическими факторами;
- необходимый уровень изоляционной защиты;
- необходимый уровень устойчивости к внешним воздействующим факторам, в том числе немеханического характера, при соответствующих климатических условиях внешней среды;
- отсутствие недопустимого риска при подключении и (или) монтаже;
- соответствие заданным производителем оптических характеристик;
- электромагнитная совместимость (ГОСТ 51318.15-99).

Оборудование для измерения оптических характеристик работает по тем же принципам, что и у компании JET. В лаборатории используется гониофотометр LSG-1800B и 2-х метровая светотехническая сфера LPCE-1.

Измеряют следующие параметры:

- пространственное распределение силы света (система фотометрирования C-γ);
- световой поток;
- световая отдача;
- спектральная характеристика $P(\lambda)$;
- координаты цветности (x, y) (u, v);
- коррелированная цветовая температура (КЦТ);
- индексы цветопередачи R_a, R_i ($i = 1 \dots 15$);
- чистота цвета;
- доминирующая длина волны λ_d , пиковая длина волны λ_p , ширина полосы на уровне $0,5 \Delta \lambda 0,5$;
- цветовые соотношения RGB;
- световая эффективность;
- мощность излучения;

•параметры электропитания: напряжение питания переменного тока, частота сети питания, потребляемый ток, потребляемая мощность, коэффициент мощности.

Наличие климатических камер и вибростендов позволяет имитировать различные условия эксплуатации светотехнического оборудования, в том числе в условиях Крайнего Севера, высокогорных районов, районов с повышенной сейсмоактивностью, а также промышленных зон с повышенным уровнем вибрации.



Рисунок 3 – Знаки соответствия госстандарту РБ и РФ

В ходе сравнения данных методик проверки надежности, безопасности и качества светодиодных источников света можно сделать вывод о их схожести. В независимости от континента проводятся испытания в условиях повышенных и пониженных температур, различного качества напряжения и частоты, при различных степенях загрязненности и т.д.

По методике JET сертификацию проходят светодиодные источники света следующих известных мировых производителей: Osram (Германия), Nichia (Япония), Philips (США), CREE (США) и др. Эти лампы хорошо себя зарекомендовали, что говорит о их качестве и компетентности органа, производящего их сертификацию.

Среди сертифицированных Росстандартом ламп следует выделить следующих производителей: Feron (Украина), Arlight MDSV(Беларусь), Gauss(Россия), Camelion(Китай) – эти лампы удовлетворяют требованиям стандарта и успешно прошли испытания в рамках регламента ТР ТС 004/2011.

Однако ни один из стандартов не способен обезопасить покупателя от подделки. Следует внимательно изучать маркировку на соответствие оригинальному продукту.

Сертификация с проведением испытаний — надежный барьер для распространения опасных светотехнических изделий, несущих угрозу жизни и здоровью людей на рабочих местах, дома, в общественных учреждениях. Сертификация ламп и светильников позволяет избежать возможных санкций против некачественного товара.

Литература

- 1) Технический регламент Таможенного союза – ТР ТС 004/2011 от 16 августа 2011 г. № 768.
- 2) https://www.jet.or.jp/common/data/examination/lamp/LED_en_201313.pdf.
- 3) http://www.mniti-sert.ru/about/ispytanie_produktsii/ispytaniya_svetodiodnyih_svetilnikov.
- 4) <https://standartno.by/information/sertifikatsiya-lamp>.
- 5) <https://viled.org/articles/vidy-ispytaniy-dlya-svetodiodnyh-svetilnikov>.

УДК 621.3

ВЛИЯНИЕ СВЕТОДИОДНЫХ ИСТОЧНИКОВ СВЕТА НА СПЕКТРЫ ТОКОВ И НАПРЯЖЕНИЙ ПИТАЮЩЕЙ СЕТИ

Мацук А. С., Клявдо М. А.

Научный руководитель - к.т.н., доцент Козловска В. Б.

Энергоэффективное светодиодное освещение в промышленности постепенно заменяет традиционные типы осветительных приборов. По сравнению с газоразрядными лампами, светодиоды обладают рядом преимуществ: не содержат токсичных веществ, мгновенно включаются срок службы составляет 50-100 тыс. часов. Основным недостатком СД ИС является высокая стоимость, определяемая как стоимостью самих светодиодов, так и драйверов, обеспечивающих их работу. Кроме того, для светодиодных ИС необходима качественная система охлаждения.

Таблица 1

Спектральный состав токов

Номер гармонической составляющей	Тип осветительных приборов							
	Гармонический состав токов осветительных приборов (в % к фазному току)							
	СД 10 Вт	СД 20 Вт	Лампа 4Вт	Лампа 15 Вт	ДУМА-ДКУ-121-100-220	ДУМА-ДКУ-131-44-220	Diora 90	ВСЕ
3	93	14,2	32	37,1	11,1	11,0	15,0	25,6
5	82	95	13,7	14,2	7,0	7,2	9,0	44,6
7	69,8	92	12,9	10,4	3,2	5,2	6,8	18,6
9	60	9,8	10,1	9,3	1,1	1,0	2,1	20,1
11	55	77	7,7	3,3	3,9	1,6	2,8	13,6
13	53	73	9,2	6,75	2,9	2,5	2,42	17,7
15	50,9	6,8	4,4	5,46	11	14,5	18	12,3
Ток фазы	0,01 А	0,04 А	0,03А	0,13А	0,36 А	0,2 А	0,32 А	0,34
Козф. мощ.	0,62	0,98	0,65	0,77	0,635	0,9	0,765	0,78

Для стабильной и долговечной работы требуется минимальное влияние высших гармоник в источнике питания. Но в настоящее время большое влияние на качество электроэнергии оказывает большое количество нелинейных нагрузок, однако светодиод являясь полупроводниковым элементом также оказывает влияние на качество электроэнергии.

При исследовании СД ИС[4] мощностью 4-90 Вт было установлено, что при их использовании в сеть генерируются нечетные гармоники токов и напряжений.

Как видно из таблицы 1, нечетные гармоники токов в случае использования СД ИС для некоторых типов ламп имеются значения, сопоставимые с данными токами, а для большинства ИС составляют значимый процент фазного тока. Это оказывает негативное влияние на энергосистему.

Данные по спектральным составам напряжений сведены в табл. 2.

Таблица 2

Спектральный состав напряжений

Номер гармонической составляющей	Тип осветительных приборов							
	Гармонический состав напряжения осветительных приборов (в % к фазному)							
	СД 10 Вт	СД 20 Вт	Лампа 4Вт	Лампа 15 Вт	ДУМА-ДКУ-121-100-220	ДУМА-ДКУ-131-44-220	Diora 90	BCE
3	3,2	5,2	5,8	5,24	0,43	0,36	0,4	5,8
5	0,45	2,19	2,7	2,52	1,7	2,13	1,52	1,4
7	0,39	0,73	1,15	0,72	1,2	1,5	0,9	0,97
9	0,18	0,55	0,99	0,7	0,2	0,14	0,15	0,5
11	1,11	0,75	0,73	0,55	0,75	0,32	0,79	0,73
13	0,53	0,48	0,52	0,56	0,3	0,3	0,33	0,45

Как видно из данных таблиц, имеется большое влияние 3 гармоник, а также в прожекторах большой мощности 15 гармоника тока оказалась больше 3, тем самым оказывая пагубное влияние на нулевой провод. В то же время спектральный состав напряжений находится соответствии с ГОСТ 13109-97, который соответствует 8%, однако только Diora 90 соответствует IEEE Std 519-1992, который составляет 3%.

Кроме измерения величин, гармонических составляющих тока и напряжения, проводились измерения тока в нулевом проводе. Данные измерений совместно с данными об уровне потребляемого тока приведены в табл. 3.

Таблица 3

Измерение тока в нулевом и фазном проводе

Уровень тока	Тип осветительных приборов							
	СД10 Вт	СД 20 Вт	Лампа 4Вт	Лампа 15Вт	ДУМА-ДКУ-121-100-220	ДУМА-ДКУ-131-44-220	Diora 90	BCE
В нулевом проводе	0,01 А	0,003А	0,032А	0,16А	0,2А	0,08А	0,32 А	0,81
В фазном проводе	0,01А	0,04 А	0,03А	0,14А	0,36 А	0,2 А	0,32А	1,1А
Соотношение I_0/I_ϕ	1,0	0,075	1,06	1,14	0,56	0,4	1,0	0,74

Большинство результатов в нулевом проводе равно, или больше чем ток в фазном проводе, тем приводит к перегреву проводника, ставя под угрозу безопасность оборудования.

Заключение. Из результатов исследования видно, что светодиодное освещение оказывает достаточно пагубное влияние на качество гармонического состава, однако из-за достаточно высоких порогов ГОСТ они разрешены к использованию в энергосистеме РБ. Однако стоит заметить, что при увеличении количества единиц освещения влияние уменьшается [1]. Но стоит заметить, что токи в нулевом проводе оказались выше чем в фазном проводе. Стоит заметить, что при увеличении количества единиц освещения влияние на гармоники тока увеличиваются, тем самым оказывая еще большее пагубное влияние на нулевой провод [1]. Таким образом светодиодное освещение усугубляет влияние нелинейных нагрузок на предприятия, однако стоит заметить, что такой тип освещения активно внедряется во все сферы общества.

Литература

1. А. А. Алферов. Влияние светодиодных источников света на содержание гармоник тока и напряжения в системах электроснабжения промышленных предприятий/ А. А. Алферов, Е. А. Якимов, О. Г. Широков, Т. В. Алферова// Электротехника и энергетика.-с.67-73.
2. IEEE Std 519-1992, "IEEE Recommended Practices and Requirements for Harmonic Control in Electric Power Systems," © Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc. 1993.
3. Козловская, В. Б. Электрическое освещение: справочник / В. Б. Козловская, В. Н. Радкевич, В. Н. Сацукевич. - 2-е изд. - Минск: Техноперспектива, 2008. - 271 с.
4. Н.П. Боярская, В.П. Довгун. Влияние светодиодных источников света на спектры токов и напряжений питающей сети/ Н.П. Боярская, В.П. Довгун// Вестник КрасГАУ.- 2014.- № 3.-с.195-199.
5. ГОСТ 13109–97. Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. — Введ. 1999.01.01. — М.: Изд-во стандартов, 1998. — 32 с.

УДК 621.316

УСТРАНЕНИЕ ПОТЕРЬ ЭНЕРГОРЕСУРСОВ

Киреев В.В., Андросюк И. В.

Научный руководитель - к.т.н., доцент Константинова С.В.

Энергоресурсосбережение является одной из самых серьезных задач XXI века. Данная проблема должна быть отнесена к стратегическим задачам государства, являясь основным методом обеспечения энергетической безопасности. Снижение потребления позволяет обеспечивать подключение новых потребителей при минимальных капитальных затратах на развитие инфраструктуры и снимает проблемы выделения земельных участков под новое строительство объектов генерации, отчуждение санитарно-защитных зон и т.д., что в целом положительно сказывается на градостроительном развитии.

Существуют три способа снижения потребления энергии:

- Исключение нерационального использования энергоресурсов;
- Устранение потерь энергоресурсов;
- Повышение эффективности использования энергоресурсов.

За исключение нерационального использования энергоресурсов отвечают: департамент по энергоэффективности, положение РБ «По нормированию расхода топлива, тепловой и электрической энергии». В данном положении говорится, что нормы расхода топлива, тепловой и электрической энергии должны:

- разрабатываться на всех уровнях планирования по соответствующей номенклатуре продукции и видов работ на единой методической основе;
- учитывать условия производства, внедрение энергосберегающего оборудования;
- способствовать максимальной мобилизации резервов экономии топлива, тепловой и электрической энергии.

Примером энергооборудования, которое исключает нерациональное использование энергоресурсов являются теплосчетчики, расходомеры, газоанализаторы, системы контроля горения и АСУ тепловых станций. Предприятия много выиграют, если поставят экономию воды, электричества, тепла и газа на счетчик. С их помощью не расходуются лишние энергоресурсы, а платить за использованное придется меньше. Каждый счетчик выгоден с позиции экономии энергии.

Один из основных способов энергосбережения – это снижение потерь электроэнергии. Но для того, чтобы бороться с потерями, необходимо их обнаружить. Основными «расточителями» энергоресурсов являются предприятия, занимающиеся электро- и теплогенерацией. Что касается потерь потребителей, то по тепловой энергии у них теряется не более 15%, электрической – порядка 5-6%. Одним из инструментов борьбы с потерями энергоресурсов является энергоаудит (энергетическое обследование предприятий), позволяющий не только обнаружить источники этих потерь, но и разработать методику по их эффективному устранению.

Снижение потребления электроэнергии за счет устранения потерь энергоресурсов может проводиться с помощью усовершенствования технологического процесса, внедрения энергосберегающего оборудования, использования энергосберегающих высокотехнологичных материалов и покрытий, например,

Внедрение системы сжигания углей ультратонкого помола и водоугольных суспензий.

Процесс горения углей ультратонкого помола характеризуется высокой полнотой выгорания топлива (98-99,7%), малыми избытками воздуха (3-7%). В связи с особенностями процесса горения, протекающими в среде высоких концентраций водяного пара, топливо сгорает без выбросов продуктов монооксида углерода, вторичных углеродов, сажи и канцерогенных веществ. Сокращается образование и выбросов твердых частиц микронных фракций (до 80-95%), оксидов серы (до 70-85%) и оксидов азота (до 80- 90%);

Парокомпрессионные или абсорбционные тепловые насосы (ТН).

Цикл работы парокомпрессионного ТН можно описать следующим образом: из компрессора рабочая жидкость (хладон) выходит в виде пара с высокой температурой 70...100 °С и высоким давлением, до 15 атм. Затем этот пар попадает в конденсатор, где он отдает свое тепло воде, циркулирующей в системе отопления здания, или воздуху. Теряя тепло, пар конденсируется. После этого горячая рабочая жидкость с температурой 30...40 °С и давлением около 15 атм. дросселируется в соответствующем клапане до давления примерно 2,5 атм. и температуры –10 °С. При этом в процессе резкого понижения давления жидкий хладон частично превращается в пар, и образуется парожидкостная смесь. В испарителе эта смесь получает тепло от окружающей среды и преобразуется в холодный пар низкого давления. Дроссель автоматически регулируется по давлению так, чтобы пар перед компрессором имел постоянную температуру около 0 °С. Компрессор сжимает пар, и цикл повторяется.

Энергосберегающие источники света.

Эти электротехнические изделия называют компактными люминесцентными лампами (КЛЛ). Состоят из двух основных частей — колбы нестандартной формы и цоколя. Внутри колбы помещены электроды, изготавливаемые из вольфрама с нанесением активирующего вещества (смеси оксида бария, кальция, стронция). Пространство заполняется инертным газом или ртутью, капли которой при нагреве превращаются в пары. При подаче электрического напряжения на источник света между электродами создается заряд, лампа загорается. Генерируемое излучение находится в спектре ультрафиолетового диапазона, а чтобы его преобразовать в видимый для человека свет, внутренняя поверхность изделия покрывается люминофором.

Теплосберегающие покрытия на стеклах.

В настоящее время для создания энергосберегающих стеклопакетов используется два типа стекол с различными видами покрытий: твердое

(пиролитическое) покрытие - так называемое К-стекло и мягкое (магнетронное) покрытие, I-стекло.

К-стекло - высококачественное флоат-стекло со стойким, прозрачным специальным "металлическим" покрытием. Напыление на поверхности стекла из оксидов металла улучшает его энергосберегающие свойства, при этом снижая коэффициент излучения. В процессе производства флоат-стекла, когда оно еще горячее, наносят методом пироллиза тонкую металлооксидную плёнку. Благодаря взаимодействию атомов стекла и оксида металла образуется стойкое покрытие, которому не страшны никакие механические повреждения. Для еще большего усиления теплозащитных характеристик К-стекло закаливают и ламинируют. Покрытие обеспечивает прохождение солнечной энергии в здание (оно прозрачное, не имеет цвета и его влияние на светопропускаемость и отражение практически не заметно), но существенным образом сокращает тепловые потери через окно. То есть покрытие пропускает коротковолновую солнечную энергию в помещение, но не пропускает наружу длинноволновое тепловое излучение (например, от отопительного прибора). По внешнему виду К-стекло похоже на обычное прозрачное стекло. Своей необработанной частью К-стекло обращается в помещение, а стороной с покрытием оксидов металла — внутрь самого стеклопакета. По прозрачности К-стекло ничуть не уступает флоат-стеклу, а также i-стеклу. Оно абсолютно такое же ровное, гладкое и светопроводное.

В стеклопакетах может устанавливаться как в качестве наружного, так и внутреннего стекла. Первый способ позволяет сохранить тепло в помещении (минимизировать затраты на отопление). Второй - позволяет уменьшить тепловой поток с улицы в помещение.

I-СТЕКЛО (Double Low-E). Энергосберегающее i-стекло производится вакуумным напылением на стекла специальных оксидов металлов и представляет из себя трехслойную (или более) структуру из чередующихся слоев диэлектриков (BiO , AlN , TiO_2 , и т.п.). Наносятся эти оксиды металлов на холодное флоат-стекло, а не на горячее, как в случае производства энергосберегающего k-стекла. Преимущество данного метода состоит в получении стекла, покрытого равномерным "магнетронным" теплосберегающим слоем. В сравнении с k-стеклом, i-стекло имеет определенные преимущества в теплосберегающих характеристиках, но также имеет и свои недостатки:

Кремний для солнечной энергетики.

Фотоэлектрические преобразователи изготавливают на основе монокристаллов кремния p-типа проводимости, легированных бором до концентрации порядка 10^{16} см^{-3} .

Примеси, образующие уровни в середине запрещенной зоны кремния, служат центрами рекомбинации электронов и дырок, что приводит к уменьшению времени жизни носителей заряда. Особенно опасны для кремния примеси Na, Cu и Fe, так как они имеют ещё и высокие коэффициенты диффузии. Поэтому допустимая концентрация примесей с глубокими уровнями в запрещённой зоне кремния ограничено уровнем - 10^{13} см^{-3} .

Аккумуляторы тепла.

Это устройство для накопления тепла с целью его дальнейшего использования. Применяется в индивидуальных домах, квартирах и в промышленности.

Теплоаккумулятор позволяет снизить энергозатраты на отопление и горячее водоснабжение, увеличить ресурс работы оборудования и эффективность системы отопления

Базальтовый утеплитель;

Базальтовая, или каменная, вата изготавливается из расплавленной горной породы габбро-базальта, для производства стекловаты используется кварц, а шлакоматериалы производятся из отходов горно-обогатительных и металлургических предприятий – доменного шлака.

Основу каменной ваты составляют тонкие базальтовые волокна, которые могут быть расположены горизонтально в виде слоев, вертикально, структурно-гофрированно или хаотично. Для получения таких тонких волокон базальтовую породу расплавляют при температуре более 1500 °С и вытягивают на специальных барабанах для получения тонких нитей толщиной не более 7 мкм и длиной до 50 мм.

Таким образом, нахождение правильной стратегии и главное, практики внедрения экономических преобразований системы модернизации промышленности и других сфер хозяйствования позволит ввести энергосбережение в ежедневную практику «работы экономики», что положительно скажется на положении человечества в целом, т.к. современного человека невозможно представить без тепло- и электроэнергии.

Литература

1. <https://belzakon.net/Законодательство/Положения/1997>.
2. <http://energo.effecton.ru>
3. <https://gisee.ru/articles/energy-solutions>
4. <http://euroasia-science.ru/tehnicheskie-nauki/effektivnost-ispolzovaniya-energoresursov>

УДК 621.32.032

СПОСОБЫ И ЭЛЕМЕНТЫ СИСТЕМЫ ОХЛАЖДЕНИЯ СВЕТОДИОДОВ

Рогацевич Е.А., Гринкевич В.А.

Научный руководитель – к.т.н., доцент Козловская В.Б.

При проектировании светодиодного светильника важно предусмотреть правильный и надежный отвода тепла. Неверно выбранный тепловой режим работы светодиода может привести к перегреву и выходу его из строя. Критическая температура, при которой происходит выгорание кристалла, составляет 120-150°C [2]. Работа при повышенных температурах значительно уменьшает срок службы светодиодов.

Следует различать температуру на поверхности кристалла и в области р-п-перехода. От первой зависит срок службы, от второй — световой выход. В целом с повышением температуры р-п-перехода яркость светодиода падает, потому что уменьшается внутренний квантовый выход из-за влияния колебаний кристаллической решётки. Падение яркости с повышением температуры неодинаково у светодиодов разных цветов. Оно больше у красных и жёлтых светодиодов и меньше у зелёных, синих и белых светодиодов. Оптимальной считается температура — 80-85°C [2]. При более высоких температурах заметно снижение и ухудшение световой мощности.

Основу в охлаждение светодиодных светильников вносят такие понятия, как теплопроводность и конвекция. В светильниках за счет прямого контакта тепло передается от светодиода на печатную плату, а далее — в радиатор. Если же светодиод установлен непосредственно на радиатор, то теплопередача осуществляется в него напрямую: без участия печатной платы. При естественной конвекции передача теплоты осуществляется за счет уже существующих потоков воздуха, вызываемых перепадом температур. Принудительная конвекции — это теплопередача, осуществляемая такими устройствами как вентилятор, насос и т.п.

Систему охлаждения светодиодов можно представить в виде эквивалентной схемы параллельно и последовательно подключенных тепловых сопротивлений. Тепловое сопротивление всей системы охлаждения — это сумма всех тепловых сопротивлений. Чем меньше значение полного теплового сопротивления, тем лучше будет отводиться тепло от светодиода.

Каждый из элементов (печатная плата, теплопроводящие материалы и радиатор) вносит свой вклад в общее тепловое сопротивление:

- **Теплопроводящие материалы** необходимы для создания хорошего теплового контакта между печатной платой и радиатором или между светодиодом и радиатором, если источник света крепится на нем. Кроме создания надежного теплового контакта, некоторые теплопроводящие материалы, в зависимости от дизайна охлаждающей системы, могут выполнять и другие функции, такие как создание механического крепления или изоляция электрических узлов схемы.

- **Печатная плата.** Большинство светодиодов устанавливаются непосредственно на плату. От выбора материала печатной платы и топологии в

значительной степени зависит тепловое сопротивление. К примеру, для стандартных плат FR4 тепловое сопротивление может составлять 20-80°C/Вт [2], в то время как для плат на металлической подложке тепловое сопротивления будет составлять всего лишь единицы °C/Вт. В случае, если светодиоды монтированы непосредственно на радиатор — печатная плата не будет вносить вклад в суммарное тепловое сопротивление.

▪ **Радиатор** является самым важным элементом в системе охлаждения светодиода. Он отводит тепло от печатной платы или напрямую от светодиода, и рассеивает тепло в воздухе. И соответственно радиатор должен иметь материал с высоким значением теплопроводности, а площадь поверхности радиатора должна быть максимальной. Кроме функции охлаждения, радиатор может выступать в роли корпуса либо держателя.

Часто к светодиодным светильникам предъявляются серьезные требования по габаритам, вследствие чего может возникнуть потребность в проектировании радиатора под конкретные требования. При проектировании радиатора иногда требуется учесть множество параметров: вес конечного изделия, стоимость, тепловые параметры, возможность дальнейшего производства.

Исходя из этих условий можно выделить несколько рекомендаций по проектированию радиаторов:

- площадь поверхности радиатора должна быть максимальной;
- в качестве грубой оценки можно использовать следующее предположение: на 1Вт рассеиваемого тепла требуется радиатор площадью 30-60 см² [3];
- для верного расположения радиатора, для обеспечения хорошего потока воздуха между его ребрами необходимо иметь представление каким способом, в конечном итоге, будет крепиться светодиодный светильник;
- необходимо использовать материал, обладающий хорошим коэффициентом теплопроводности;
- используйте радиаторы с хорошим коэффициентом излучения. Анодирование значительно увеличивает коэффициент излучения тепла алюминиевого радиатора.

Если естественного охлаждения недостаточно для отвода тепла, то требуется использовать принудительное охлаждение. Существует множество вариантов активного охлаждения — от кулеров до водяного охлаждения. Если применение активного охлаждения неизбежно, следует учесть то, что светодиоды могут работать в течение десятков...сотен тысяч часов, поэтому следует предусмотреть наличие системы защиты светодиодов от перегрева при выходе из строя устройств активного охлаждения, иначе выход из строя устройств принудительного охлаждения практически сразу же повлечет за собой выход из строя светодиода в следствии перегрева.

Если драйвер светодиода имеет вход для регулировки яркости, то мы легко можем добавить внешний температурный датчик и некоторую внешнюю схему, которая будет восстанавливать желаемые ограничительные характеристики.

Примером такого датчика является термистор. Термистор — резистор, изменяющий величину сопротивления при изменении температуры. Если сопротивление растет с увеличением температуры, то считается, что такой термистор имеет положительный температурный коэффициент (ПТК).

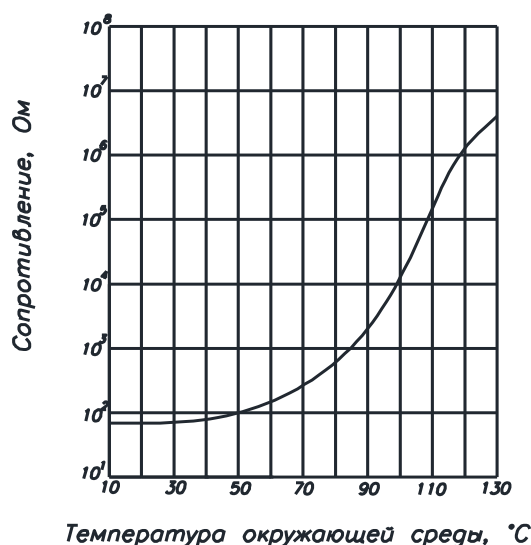


Рисунок 1. Зависимость сопротивления от изменения температуры.

Существуют термисторы с очень нелинейной характеристикой. Пока температура остается ниже заданного порогового значения, в данном случае 70 °C [3], термистор с ПТК имеет относительно стабильное низкое сопротивление порядка одной сотни Ом. Выше этого порога сопротивление начинает резко возрастать.

Помимо срока службы, важными параметрами являются эффективность, надежность, низкий уровень шума, цена, удобство при обслуживании, потребляемая мощность. Очень часто устройства принудительного охлаждения требуют дополнительного питания, что приводит к снижению КПД системы в целом.

Вариант с пассивным охлаждением является наиболее простым, так как не требует дополнительных источников питания, но для отвода значительного тепла может потребоваться достаточно большой радиатор, а это приведёт к увеличению стоимости и делает осветительный прибор довольно крупным и массивным. Поэтому пассивное охлаждение лучше всего применять для маломощных систем освещения.

Надежность и долговечность работы светодиодных устройств напрямую зависит от качества проектирования системы охлаждения, вот почему так важно уделить особое внимание проектированию теплоотвода.

Литература

1. Козловская, В.Б. Электрическое освещение: учебник / В.Б. Козловская, В.Н. Радкевич, В.Н. Сацукевич. — Минск: Техноперспектива, 2011. — 543 с., [12] л. цв. ил.
2. [Электронный ресурс] URL: <https://www.compel.ru/lib/ns/2013/2/5-spasitelnaya-prohlada-ili-teplootvod-dlya-moshhnyih-svetodiodnyih-matrits> (Дата обращения: 02.04.2019)
- 3 — [Электронный ресурс] URL: https://www.led-e.ru/articles/svetodiod/2011_2_12.php (Дата обращения: 07.04.2019)

УДК 621.3

ПРИМЕНЕНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ИСТОЧНИКОВ СВЕТА НА ПРОМЫШЛЕННОМ ПРЕДПРИЯТИИ

Богдан Д.В.

Научный руководитель - старший преподаватель Колосова И.В.

Производственным называется особый тип освещения, служащий для создания оптимальных условий трудовой деятельности людей, а также влияет на производительность и безопасность труда.

В качестве примера был выбран вакуум-формовочный цех завода по производству холодильных агрегатов для расчета освещения с помощью различных источников света. В помещениях с высотой потолков более 8 метров: ДРИ (ГСП18-400-005), ДРЛ (РСП17-700) и светодиодные лампы (ПромЛед ПРОФИ v3.0-300). [1,2].

Для выявления наиболее выгодного и экономичного варианта произведены светотехнический (методом коэффициента использования светового потока), электрический [1] и технико-экономический расчеты источников света (ТЭР).

По результатам расчета размещения светильников было определено число светильников (Табл. 1), световой поток и мощность ламп (табл. 2). [1,2].

Таблица 1

Параметры	РСП17	ГСП18	ПромЛед ПРОФИ v3.0
Высота подвеса, м	12	12	12
Расстояние между рядами, м	10,15	10,15	10,15
Расстояние между светильниками в ряду, м	12,58	10,05	12,58
Расстояние до стен, м	3,696	3,696	3,696
Количество светильников в ряду	9	11	9
Количество рядов	5	5	5
Общее количество светильников	45	55	45

Таблица 2

Параметры	РСП17-700	ГСП18-400-005	ПромЛед ПРОФИ v3.0-300
Световой поток лампы расчетный, лм	12	12	12
Световой поток лампы выбранный, лм	10,15	10,15	10,15
Мощность выбранной лампы	ДРЛ-700	ДРИ-400-005	ПромЛед ПРОФИ v3.0-300

Произведен расчет осветительной нагрузки и годового расхода электрической энергии при $T_{\text{мо}} = 4300$ ч (табл. 3).

Таблица 3

Светильник	Расчетная нагрузка, кВт	Годовой расход, кВт·ч
РСП17-700	34,65	148995
ГСП18-400-005	24,2	104060
ПромЛед ПРОФИ v3.0-300	14,85	63855

На основании вычислений можно сделать вывод о том, что наиболее экономным является освещение, выполненное светодиодными светильниками.

Для полного ответа на вопрос о выгодности использования источников света был произведен технико-экономический расчет. В ТЭР найдены следующие показатели: капиталовложения на выполнение осветительной сети, эксплуатационные затраты, полные приведенные затраты и чистый дисконтированный доход (табл. 4).

Таблица 4

Параметры	РСП17-700	ГСП18-400-005	ПромЛед ПРОФИ v3.0-300
Число светильников	45	55	45
стоимость 1 лампы в руб.	7	14	104,64
Кол-во ламп в светильнике	1	1	1
Стоимость 1-го светильника	54,44	51,3	608,22
Стоимость монтажа 1-го светильника в руб.	30	30	10

Коэффициент учитывающий потери в ПРА	0,03	0,03	0
Мощность 1-ой лампы в Вт	700	400	300
Стоимость монтажа электротехнической части	3	3	2
Стоимость 1-го метра питающего кабеля в руб.	0,68	0,68	0,39
Суммарная длина питающей линии	637,824	637,824	637,824
Стоимость 1-го метра групповых линий в руб.	5,64	2,08	0,96
Суммарная длина групповых линий	20	20	20
Капитальные затраты	4664,15	5718,80	32796,65
Стоимость замены 1-ой лампы	3	3	2
Время работы лампы	20000	10000	120000
Тариф на электрическую энергию	0,1867	0,1867	0,1867
Число чисток светильника в год	3	3	2
Стоимость чистки	3	3	1
Эксплуатационные затраты	79206,89994	56944,11976	25925,59812
Полные приведенные затраты	79906,52324	57801,93981	30845,09582
Чистый дисконтированный доход	-82473,2864	-61658,02385	-58264,73893

По окончании всех расчетов видно, что светодиодный светильник потребляет меньше всех электрической энергии, и в тоже время он превосходит ДРЛ, а также ДРИ в плане выгоды его покупки и обслуживанию.

Литература

1. Анищенко В.А. Оценка и повышение эффективности работы осветительных установок промышленных предприятий / В.А. Анищенко [и др.]. – Минск : БНТУ, 2014. – 218 с.
2. PromLED–производство светодиодных светильников. [Электронный ресурс] / Производитель и поставщик светодиодных светильников. – РФ, 2019. – Режим доступа: <http://www.promled.com/>. – Дата доступа: 24.04.2019.

УДК 621.311

СОВРЕМЕННЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В УПРАВЛЕНИИ СИСТЕМАМИ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

Ерёма В.В.

Научный руководитель – к.т.н., доцент Збродыга В.М.

Развитие инновационных технологий, научно-технический прогресс, производство и в принципе жизнь современного человека невозможно представить без электрической энергии. В то же время, сама энергетическая отрасль, появившаяся более ста лет назад и явившаяся тогда локомотивом развития производства, техники, технологий, в настоящее время оказалась менее других отраслей оснащена современными инфокоммуникационными средствами и системами автоматизации. В связи с этим, в мире развиваются новые базовые подходы к построению информационных систем энергетических сетей.

Так, в последние несколько лет на западе и в России активно прорабатываются концептуальные основы, архитектура, стандарты и принципы построения «интеллектуальных энергетических сетей и систем», известные в мире под названием «Smart Grid», или, как их по-иному называют – «активно-адаптивные сети» энергетики.

Одновременно назрела необходимость оптимизации энергопотребления, при этом нужно менять и представление пользователей по отношению к потреблению энергоресурсов, в частности, дать им возможность управлять своим энергопотреблением, организовать онлайн-доступ к информации по потреблению (по аналогии с сотовой связью, банковскими услугами).

С начала XXI века появились возможности воспользоваться новшествами в области электронных технологий для устранения недостатков и стоимости электрической сети. Например, технологические ограничения на потребление около пиковой мощности отражаются на всех потребителях в равной степени. Параллельно растущая озабоченность по поводу экологического ущерба ископаемого топлива электростанций привела к желанию использовать большее количество возобновляемых источников энергии. Такие источники как Ветроэнергетика и Солнечная энергетика, крайне непостоянны, и поэтому возникает потребность в более сложных системах управления, для облегчения их подключения источников к в высокой степени управляемой сети. Мощность от солнечных батарей (и в меньшей степени ветрогенераторов) ставит под сомнение необходимость крупных, централизованных электростанций. Быстрое снижение расходов указывают на переход от централизованной топологии сети на сильно распределенную, когда производство и расход электроэнергии происходит в пределах локальной сети. Наконец, растущая озабоченность по поводу терроризма в некоторых странах привела к призывам создания более надежной энергетической системы, которая менее зависима от централизованных электростанций – потенциальных целей атаки.

Следует отметить, что некоторые развивающиеся страны, такие как Китай, Индия и Бразилия, оказались пионерами внедрения умных сетей электроснабжения.

Термин «умная сеть» (Smart Grid) стал известен с 2003 года. Общим элементом для большинства определений является применение цифровой обработки данных и связи к электрической сети, что делает поток данных и управления информацией ключевыми технологиями умных сетей. Различные возможности широкой интеграции цифровых технологий, а также интеграция новой сети информационных потоков для контроля над процессами и системами являются ключевыми технологиями при разработке умных сетей. На данный момент электроэнергетика преобразуется в трёх классах: улучшение инфраструктуры (сильная сеть в Китае); добавление цифрового слоя, который является сущностью умной сети и преобразование бизнес-процессов, делающих умные сети рентабельными. Большая часть работ вкладывается в модернизацию электрических сетей, особенно это касается распределения и автоматизации подстанций, которые теперь будут включены в общую концепцию умных сетей, однако также развиваются и другие дополнительные возможности.

Разрабатываемая и внедряемая концепция «Smart Grid» сетей энергетики подразумевает развитие, дооснащение и интеграцию базовой инфраструктуры и оборудования энергетических сетей различного уровня, включающих генерацию, транспорт, распределение, потребление электроэнергии на базе ИТ-инфраструктуры, современных информационно-коммуникационных технологий, связи, внедрения систем современной автоматизации управления. Одновременно в «Smart Grid» интегрируются источники распределенной децентрализованной генерации, системы хранения электроэнергии, распределенные системы автоматики, контроля и мониторинга, разрабатываются и внедряются автоматизированные системы управления подстанциями, системы управления распределением и потреблением электроэнергии, современные приборы учета потребления, электромобильный транспорт.

С внедрением архитектуры построения таких сетей энергетики появляется целый ряд существенных инновационных преимуществ. В частности,

- двунаправленная информационная и энергетическая связь электросетевых компаний и потребителей;
- постоянный контроль элементов сети – от работы объектов генерации до информирования клиентов и управления потреблением электроэнергии индивидуальными персональными устройствами;
- широкое использование и интеграция распределенных генерирующих мощностей, в том числе возобновляемых;
- максимальное использование существующего технологического оборудования энергосистем;
- самодиагностика и самовосстановление сетей электроснабжения;
- защищенность и противостояние внешним подключениям в сеть;

– расширенный контроль и управление приложениями и оборудованием со стороны потребителей для уменьшения пиковых нагрузок, оптимизация потребления энергоресурсов и энергоэффективность, выбор оптимальных тарифных планов, создание онлайн-сервисов между пользователем и энергосбытовой компанией;

– стандартизация параметров энергии, интерфейсов, протоколов взаимодействия.

Внедрение глобальных технологий и решений «Smart Grid» на определенных этапах должно обеспечить существенное повышение качества электроэнергии, необходимое для современного общества, повысить надежность, устойчивость и гибкость работы энергетических сетей, обеспечить принцип соответствия мощности нагрузок генерируемой мощности.

Учитывая объемы высокоуровневых задач интеллектуальной энергетики, что, соответственно, потребует серьезнейших инвестиций в энергетику, внедрение технологий «Smart Grid» будет происходить не одномоментно, а в течение достаточно продолжительного времени, это могут быть годы или даже десятилетия.

Одним из базовых компонентов «Smart Grid» становятся «интеллектуальные электронные приборы» (IED) и оборудование, например, программируемые устройства контроля качества электроснабжения, построенные на базе высокопроизводительных микропроцессоров, имеющие достаточную память, поддержку современных сетевых интерфейсов и протоколов (BACnet, Modbus, LON, Ethernet).

Наиболее усовершенствованные приборы имеют встроенные веб-серверы, цветные тач-дисплеи, функции свободно-программируемого логического контроллера с различными типами входов и выходов и поддерживают работу в различных сетях без необходимости использования дополнительного оборудования и программного обеспечения.

Начальным этапом развития «Smart Grid» является внедрение современных приборов мониторинга и управления, создание автоматической инфраструктуры измерительных сетей на уровне потребителей – квартиры, помещений, здания и комплексов зданий. Одновременно с этим может быть решена задача автоматического или автоматизированного управления нагрузками. Причем решается задача распределенного технического мониторинга и управления энергоснабжением объекта (здания) как целиком, так и по отдельным зонам.

На рисунке 1 продемонстрирована схема центра мониторинга.

Наличие многофункциональной системы «Центр мониторинга и управления параметрами электроснабжения и нагрузками» позволяет:

а) вести в реальном масштабе времени полный анализ потребления электроэнергии (при необходимости и других видов энергоресурсов), как по отдельным зонам объекта с целью оценки энергоэффективности каждого участка, технологической подсистемы, так и объекта целиком;

Энергомониторинг

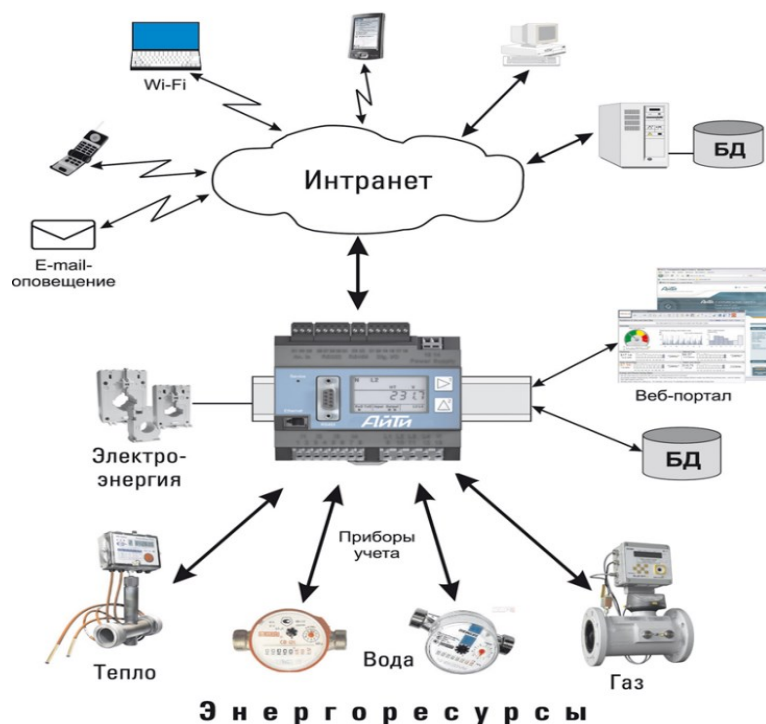


Рисунок 1 Центр мониторинга и управления параметрами электроснабжения объекта

б) управлять электропотреблением объекта в целом в рамках предоставленных квот (или договоров) на электроснабжение за счет автоматизированной системы управления приоритетами нагрузок, что приводит к отсутствию издержек, связанных с уплатой штрафных санкций (при соответствующих договорных отношениях) за сверхнормативное (пиковое) электропотребление, и повышает общую надежность и эффективность энергоснабжения;

в) фиксировать в реальном времени десятки параметров качества электроснабжения по каждому измеряемому каналу, в частности, наличие реактивной составляющей электрической мощности, гармоник и т. п. Анализ электрических параметров на различных участках объекта поможет выявить места, где есть необходимость установки дополнительного оборудования, корректирующего качество электроснабжения (в частности, компенсаторов реактивной мощности с автоматической подстройкой и выбором параметров), и позволяющих снизить общее электропотребление участка объекта, увеличить КПД оборудования и повысить общую надежность работы систем;

г) мгновенно регистрировать аварийные ситуации в энергосистеме объекта, либо предупреждать оператора и дежурного энергетика о приближении параметров электроснабжения на объекте к критическим значениям, что позволит избежать аварийной ситуации, заранее принять адекватные меры и обеспечить полный непрерывный мониторинг системы электроснабжения.

В комплект такого решения обычно включены и специализированные блоки программного обеспечения:

- среда программирования, конфигурирования и создания человеко-машинного интерфейса для работы с системами;
- аналитическая подсистема, позволяющая производить общий учет и анализ потребления энергоресурсов, расчет и оптимизацию стоимости энергоресурсов по каждому узлу учета, а также готовить и выдавать отчеты;
- система мониторинга и управления пиковыми нагрузками;
- система мониторинга качества электроснабжения объекта;
- система управления базами данных (для средних, крупных и распределенных объектов).

Наличие широкого спектра интерфейсов и протоколов связи позволяет производить обмен данными Центра мониторинга энергоснабжения объекта с другими программными (программно-аппаратными) комплексами объекта. Имеющиеся коммуникационные возможности Центра (такие, как e-mail, sms, удаленный веб-доступ) позволяют практически мгновенно информировать нужный круг специалистов и руководство объекта, вне зависимости от их местонахождения, о статусе работы и обо всех значимых событиях (имеется возможность настройки перечней событий индивидуально), происходящих в энергетической системе объекта.

Примером другого полезного решения может быть Система мониторинга и управления пиковыми мощностями (токами) потребления.

Важным моментом конфигурирования данной системы является определение и согласование типов нагрузок, имеющих максимальный приоритет и повышенные требования к надежности электроснабжения и выделение нагрузок, которыми можно управлять и отключать при необходимости. Для второго типа нагрузок определяется время отключения. Обычно оно может быть непродолжительным.

Но, например, компьютерное оборудование, системы управления, технологическое оборудование, автоматика безопасности объектов не могут быть отключены ни при каких условиях и должны иметь максимальный приоритет.

Есть другие системы, по которым можно предусмотреть возможность отключения для управления пиковыми мощностями (в том числе с возможностью плавной регулировки): компрессоры, водонагреватели, электрические печи, холодильники, подогрев бассейна, нагревание котла, антиобледенитель, вентиляция, подогрев пола, электрические зарядные устройства, сауна.

Решения по мониторингу и управлению электроснабжением объектов становятся все более актуальными и востребованными с учетом практического внедрения концепции «Интеллектуальных сетей энергетики», развития альтернативных видов генерации энергии и гибридного транспорта, оптового и розничного рынков электроэнергетики.

Литература

- 1 Вендров, А.М. Проектирование программного обеспечения экономических информационных систем / А.М. Вендров. – М. : Финансы и статистика, 2000. – 470 с.

2 Кобец, Б.Б., Волкова, И.О. Инновационное развитие электроэнергетики на базе концепции Smart Grid / Б.Б. Кобец, И.О. Волкова. – М. : ИАЦ Энергия, 2010. – 208 с.

3 Митяшин, Н.П. Гибкие преобразовательные комплексы / Н.П. Митяшин. – Саратов. : СГТУ, 2002. – 128 с.

4 Томашевский, Ю.Б., Митяшин, Н.П. Системный анализ адаптивных электротехнических комплексов / Ю.Б. Томашевский, Н.П. Митяшин. – Саратов. : СГТУ, 2006. – 132 с.

УДК 621.3

ТРЕБОВАНИЯ, ПРЕДЪЯВЛЯЕМЫЕ К ПРОЕКТИРОВАНИЮ СИСТЕМЫ АРХИТЕКТУРНО-ХУДОЖЕСТВЕННОГО ОСВЕЩЕНИЯ: СПОСОБЫ УПРАВЛЕНИЯ ПОДСВЕТКОЙ ЗДАНИЙ

Ахундова Ю.Д.

Научный руководитель – к.т.н., доцент Козловская В.Б.

Архитектурно-художественное освещение зданий – одно из современных направлений в структуре дизайна, позволяющее создавать неповторимый ночник облик зданий и памятников, выделяя при этом и сохраняя культуру и традицию городов.

Архитектурно-художественное освещение проектируется не только для зданий культурно-досуговой деятельности размещенных в городе, но и для зданий, находящихся на территории промышленных предприятий.

Так, на промышленных предприятиях прожекторы и светильники, являющиеся частью архитектурно-художественного освещения, питаются, как правило, от системы общего электроснабжения. Безусловно, некоторые составляющие осветительной системы могут быть запитаны от различных силовых подстанций или распределительных щитов. Управление ими в этом случае должно быть независимым от внутреннего освещения и производится из пункта управления электроснабжением предприятия, а при его отсутствии – с места, где находится обслуживающий персонал. Если подсветка выполнена из небольшого количества светильников, то система может быть подключена к одной или двум распределительным подстанциям. При этом на щитах соответствующих подстанций организуются отдельные линии для питания сети наружного освещения, а управление всей сетью осуществляется прямо с этих щитов (с помощью рубильников, автоматов или пакетных выключателей).

Совсем иначе выглядит способ подключения системы архитектурно-художественного освещения, состоящей из большого количества осветительных приборов в трехфазные сети. При этом разумнее использовать однополюсные коммутационные аппараты вместо трехполюсных приборов управления, что позволяет ступенчатое управление включением и выключением элементов подсветки.

В случае, когда объект подсветки здание культурно-досуговой деятельности – из пункта управления наружным освещением [3].

Согласно нормативным документам управление архитектурно-художественным освещением должно выполняться централизованным.

ВУ (вводное устройство), ВРУ, ГРЩ (главный распределительный щит) должны иметь на вводах питающих линий коммутационные аппараты управления и аппараты защиты, на отходящих линиях — аппараты защиты. На вводах линий в распределительные пункты и групповые щитки могут устанавливаться только коммутационные аппараты управления. Принципиальная схема ВУ, ВРУ, ГРЩ должна обеспечивать возможность автоматического ограничения электрической мощности, потребляемой электроустановкой, полностью либо частично на отдельных ее элементах.

Отклонения напряжения от номинального на зажимах силовых электроприемников и наиболее удаленных ламп электрического освещения не должны превышать в нормальном режиме $\pm 5\%$, а в послеаварийном режиме при наибольших расчетных нагрузках — $\pm 10\%$.

При этом управление архитектурным освещением должно быть независимым от внутреннего освещения. Питание таких сетей должно выполняться от двух независимых источников.

В процессе проектирования подсветки необходимо учитывать и изменение продолжительности темного времени суток в течение года. Ввиду этого необходимо предусматривать и ручной способ включения и отключения системы освещения, даже в случае наличия датчика освещенности.

На этапе выбора средств, централизованного управления подсветкой предпочтение следует отдавать устройству, технико-экономически обоснованному. Данное обоснование производится исходя из соответствия электротехническим требованиям, предъявляемым к данному оборудованию. Также необходимым условием является длительный срок службы.

Автоматизированные системы управления являются одними из передовых технологий в структуре управления архитектурно-художественным освещением. Благодаря данным системам управления становится возможным работа подсветки в трех режимах: автоматический (основной режим) — согласно расписанию светового дня; ручной дистанционный — диспетчер инициативно подает сигнал на включение и отключения системы, например в случае проведения ремонтных работ; ручной аппаратный — обслуживающий персонал осуществляет переключение подсветки с помощью переключателей, установленных в ШУ ПВ (например при проведении необходимых проверок работоспособности при ремонтных и регламентных работах).

Преимущества использования автоматизированной системы управления архитектурно-художественным освещением:

1. Уменьшение затрат на эксплуатацию;
2. Повышение надежности эксплуатации системы освещения;
3. Сокращение затрат на ремонт оборудования;
4. Повышение эффективности использования кадрового и технического потенциала специализированных предприятий для обслуживания систем освещения;
5. Возможность расширения: увеличение количества ПВ, подключение дополнительных сигналов к контроллеру ШУ ПВ, организация дополнительных АРМ диспетчера и т. д.

Требования, предъявляемые к устройствам телемеханики [3]:

- 1) время передачи одной команды телеуправления на все исполнительные пункты не должно превышать 1 мин;
- 2) аппаратура должна иметь исполнение 1Р53;
- 3) должно обеспечиваться нормальное функционирование аппаратуры с учетом климатических условий данной местности.

Согласно техническим требованиям [3] архитектурно-художественным освещением должны обеспечиваться:

1. Хорошая видимость и выразительность объектов архитектурного наследия и достопримечательностей;
2. Поддерживание комфортности световой среды;
3. Отсутствие слепящего действия на водителей транспорта и пешеходов.

Литература

1. Кнорринг Г.М. Справочная книга для проектирования электрического освещения. Под ред. Г. М. Кнорринга. Л., «Энергия», 197. -384 с.
2. Козловская В.Б. Электрическое освещение: учебник / В.Б. Козловская, В.Н. Радкевич, В.Н. Сацукевич.- Минск: Техноперспектива, 2011. -543с.
3. ТКП 45-4.04-287-2013 «Наружное освещение городов, поселков и сельских населенных пунктов. Правила проектирования». – Мн: Министерство архитектуры и строительства, 2013.

УДК 621.3

КОНСТРУКТИВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ДГУ

Рабешко А.В.

Научный руководитель – преподаватель Капустинский А.Ю.

Дизель-генераторная установка (ДГУ) – это стационарная или подвижная энергетическая установка, состоящая из дизельного двигателя, электрогенератора и системы управления.

Дизельные генераторы применяют для питания электрической энергией строительных площадок, бытовых потребителей, потребителей собственных нужд, компьютерных сетей, промышленных баз, коттеджных посёлков, атомных и тепловых станций, а также различной техники: подводные лодки, тепловозы, карьерные самосвалы. Используют в качестве резервного, аварийного и основного источника энергии.

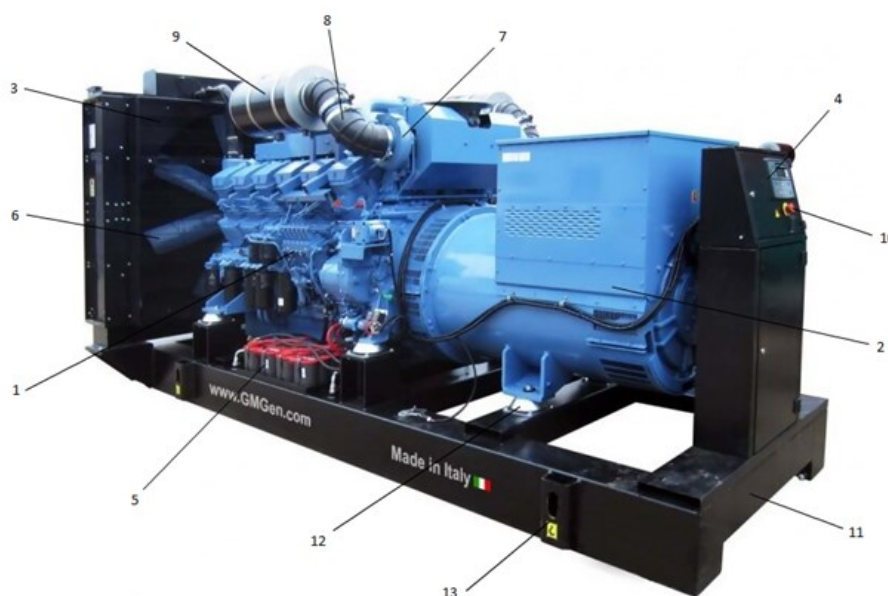


Рисунок 1. Конструкция ДГУ

Главными элементами в ДГУ являются – дизельный двигатель (1) и синхронный генератор (2).

Дизельный двигатель (1) – двигатель внутреннего сгорания, в котором тепловая энергия распыленного топлива преобразуется в механическую работу поступательного движения поршня.

Производство двигателей для ДГУ можно разделить на два типа – Рядные и V-образные, зависит от расположения цилиндров. Различие между ними только в конструктивном исполнении. В первом варианте цилиндры расположены в один ряд и вращают один коленчатый вал. Во втором варианте цилиндры расположены друг напротив друга, под углом от 10° до 120° , поэтому более компактные.

Из мировых брендов по производству ДГУ можно выделить: Perkins, Caterpillar, Volvo, Iveco, GMGen, FG Wilson, Energo, Geko, Airman, SDMO, Cummins, Mitsubishi, Genmac, Green Power, Motor, Тсс и д.р.

Синхронный генератор (2) – это энергетическая машина, преобразующая механическую энергию вращения в электрическую энергию переменного тока, при этом частота генерируемого тока пропорциональна скорости вращения ротора машины. Бесщёточный синхронный генератор работает только в генераторном режиме, ротор которого не имеет коллекторно-щёточного узла, а ток в обмотке возбуждения (в роторе) индуцируется за счёт переменного магнитного поля, создаваемого основной и/или дополнительной обмоткой статора. Применяются там, где возникают требования повышенной надежности и долговечности.

Радиатор охлаждения с диффузором (3) – устройство для отвода тепла от жидкости, циркулирующей в системе охлаждения двигателя. Диффузор направляет поток воздуха через радиатор, не разбрасывает его напрасно по сторонам.

Шкаф управления (4) предназначен для управления и контроля работы электроагрегата. Главным элементом является контроллер управления ДГУ. Его основная задача – управление и контроль работы двигателя. В шкафу управления может дополнительно размещаться контроллер управления АВР, который обладает функциями ручного и автоматического (удалённого) запуска, а также остановки. Основные функции шкафа управления:

- управление и контроль работы двигателя генераторной установки;
- контроль параметров генератора;
- контроль за состоянием внешней электрической нагрузки;
- согласование параметров внешней нагрузки и работы дизель-генераторной установки;
- аварийная защита и сигнализация.

Аккумуляторная батарея (5) – химический источник электрической энергии, основанный на принципе обратимости внутренних химических процессов: заряд – разряд – заряд аккумуляторов. Используется в качестве вспомогательного источника электроэнергии при неработающем двигателе и для запуска двигателя.

Вентилятор (6) – устройство, приводимое в работу двигателем, с целью охлаждения электроагрегата.

Турбонаддув (7) – метод принудительного повышения давления воздуха или других газов выше текущего уровня, основанный на использовании энергии отработавших газов. Условно турбонагнетатель состоит из ротора и компрессора. Ротор вращается от выхлопных газов, а соединённый с ним компрессор нагнетает дополнительный воздух в цилиндры. Главная задача турбонаддува – это повышения мощности двигателя.

Сильфонный компенсатор (8) – устройство, состоящее из тонкостенной (одно или многослойной) гофрированной трубы и арматуры. Функции сильфонного компенсатора: уравнивание движения определенной величины частоты, возникающие в герметично соединяемых конструкциях и проведение в этих условиях пара, жидкости и газов.

Глушитель (9) служит для снижения шума от выходящих в атмосферу газов, а также для преобразования энергии отработавших газов, снижения их скорости, температуры, пульсации.

Кнопка аварийной остановки (10) – служит для ручной и дистанционной остановки дизеля, путём воздействия на заслонку, перекрывающую всасывающий трубопровод дизеля.

Несущая рама (11) – используется для установки на её поверхности оборудования, а также топливных баков. Топливо может храниться внутри конструкции рамы.

Виброизолирующие опоры (12) – используются с целью амортизации, гашения вибраций, чтобы исключить смещение оборудования во время его работы. Изготавливают из виброизоляционного материала, обычно это резина и металл.

Узлы для транспортировки (13) предназначены для перемещения и установки ДГУ.

Более подробная графическая информация о конструкции дизельного двигателя представлена на рисунке 2.

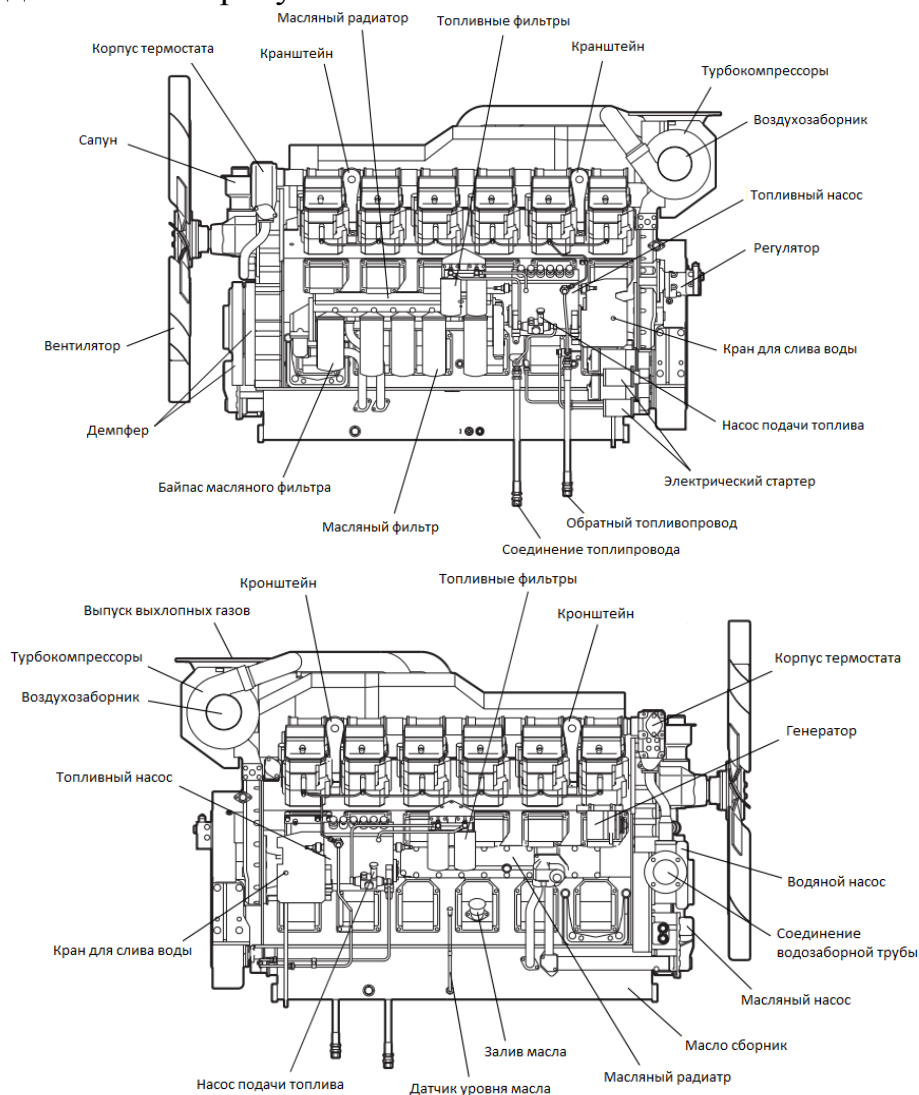


Рисунок 2 – Конструктивные особенности дизельного генератора

В этой публикации были рассмотрены основные конструктивные особенности ДГУ. Произведён полный разбор составных частей, а также показаны функции основных компонентов системы.

Литература

1. Дизель генераторные установки [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.generent.ru/info/faq/10565/>. - Дата 02.05.2019.
2. Дизельная электростанция [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%94%D0%B8%D0%B7%D0%B5%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D0%B0%D1%8F_%D1%8D%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D1%81%D1%82%D0%B0%D0%BD%D1%86%D0%B8%D1%8F. - Дата 02.05.2019.
3. Дизель генераторные установки: классификация, область применения, выбор [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://mainstro.ru/dizel-generatornye-ustanovki-klassifikaciya-oblast-primeneniya-vybor/>. - Дата 02.05.2019.
4. Устройство и принцип работы дизельных генераторов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://genport.ru/article/ustroystvo-i-princip-raboty-dizelnyh-generatorov>. - Дата 02.05.2019.
5. Устройство дизель генератора [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://energoprostor.ru/index.php/information/dizel-tehnicheskaya-informatsiya/ystroystvo-diesel-generatora>. – Дата 02.05.2019.
6. Общее устройство генераторов и электростанций ДГУ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://en-prof.ru/articles/obshhee-ustrojstvo-generatorov-i-elektrostantsij-dgu/>. – Дата 02.05.2019.
7. Дизельный двигатель [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%94%D0%B8%D0%B7%D0%B5%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D1%8B%D0%B9_%D0%B4%D0%B2%D0%B8%D0%B3%D0%B0%D1%82%D0%B5%D0%BB%D1%8C. – Дата 04.05.2019.
8. Синхронная машина ДГУ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%B8%D0%BD%D1%85%D1%80%D0%BE%D0%BD%D0%BD%D0%B0%D1%8F_%D0%BC%D0%B0%D1%88%D0%B8%D0%BD%D0%B0. – Дата 04.05.2019.

УДК 621.3

КОНТРОЛЬ ДОСТОВЕРНОСТИ РЕЗУЛЬТАТОВ ВЗАИМОСВЯЗАННЫХ ПЕРЕМЕННЫХ

Тихно В.Д.

Научный руководитель - д.т.н, профессор Анищенко В.А.

При работе с аналоговыми измерительными приборами необходимо постоянно контролировать результаты измерений и при необходимости уточнять значения, полученные при измерениях.

Точность результатов измерений связана с достоверностью и надёжностью. Достоверность связана с техническими характеристиками прибора, а именно с классом точности, шкалой прибора и ценой деления, его конструктивным исполнением и даже размещением. Надёжность связана с методологией измерений и их последующим анализом. Для увеличения надёжности применяют статистическое оценивание.

При сложной конфигурации схему и наличии в ней нескольких измерительных приборов между показаниями приборов можно установить жёсткую функциональную зависимость и составить систему уравнений связи.

Например:

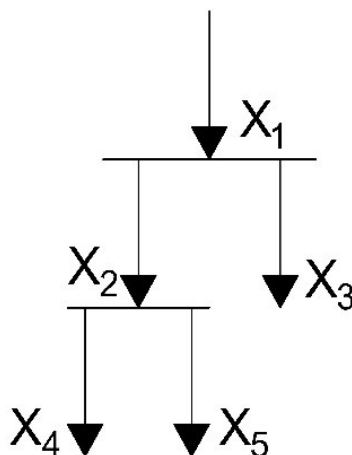


Рисунок 1. Конфигурация схемы с несколькими последовательными измерительными приборами

$$\begin{cases} x_1 - x_2 - x_3 = 0, \\ x_2 - x_4 - x_5 = 0, \\ x_1 - x_3 - x_4 - x_5 = 0, \end{cases} \quad (1)$$

где x_i - значение физической величины.

При подстановке в эти уравнения результатов измерений $\bar{x}_i$ можно получить значения фактических небалансов $\delta_{\phi j}$, которые впоследствии необходимо сравнить с допустимыми δ_{dj} .

$$\begin{cases} \bar{x}_1 - \bar{x}_2 - \bar{x}_3 = \delta_{1\phi}, \\ \bar{x}_2 - \bar{x}_4 - \bar{x}_5 = \delta_{2\phi}, \\ \bar{x}_1 - \bar{x}_3 - \bar{x}_4 - \bar{x}_5 = \delta_{3\phi}. \end{cases} \quad (2)$$

$$\begin{aligned} \delta_{d1} &= k_{\Sigma} \cdot \sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_2^2 + \sigma_3^2}, \\ \delta_{d2} &= k_{\Sigma} \cdot \sqrt{\sigma_2^2 + \sigma_4^2 + \sigma_5^2}, \\ \delta_{d3} &= k_{\Sigma} \cdot \sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_3^2 + \sigma_4^2 + \sigma_5^2}. \end{aligned} \quad (3)$$

Где k_{Σ} - квантиль,

σ_i - допустимая погрешность прибора. Вычисляется по формуле:

$$\sigma_i = \frac{1}{k_i} \cdot \alpha_i \cdot A_i, \quad (4)$$

Где α_i и A_i - класс точности и шкала прибора соответственно.

В случае, когда $|\delta_{\phi j}| < \delta_{dj}$ считают, что измерения точны. Если же $|\delta_{\phi j}| > \delta_{dj}$, то измерения нуждаются в уточнении и для наиболее вероятного некорректного значения выбирается замещающее значение:

$$x_{изам} = \begin{cases} \bar{x}_i + \delta_{jd} - \max(\delta_{j\phi}), \text{ если } \delta_{j\phi} \geq \delta_{jd}, \\ \bar{x}_i - \delta_{jd} + \max(\delta_{j\phi}), \text{ если } \delta_{j\phi} < \delta_{jd}. \end{cases} \quad (5)$$

Алгоритм для проверки точности измерений и, при необходимости, их уточнения приведён на рисунке 2.

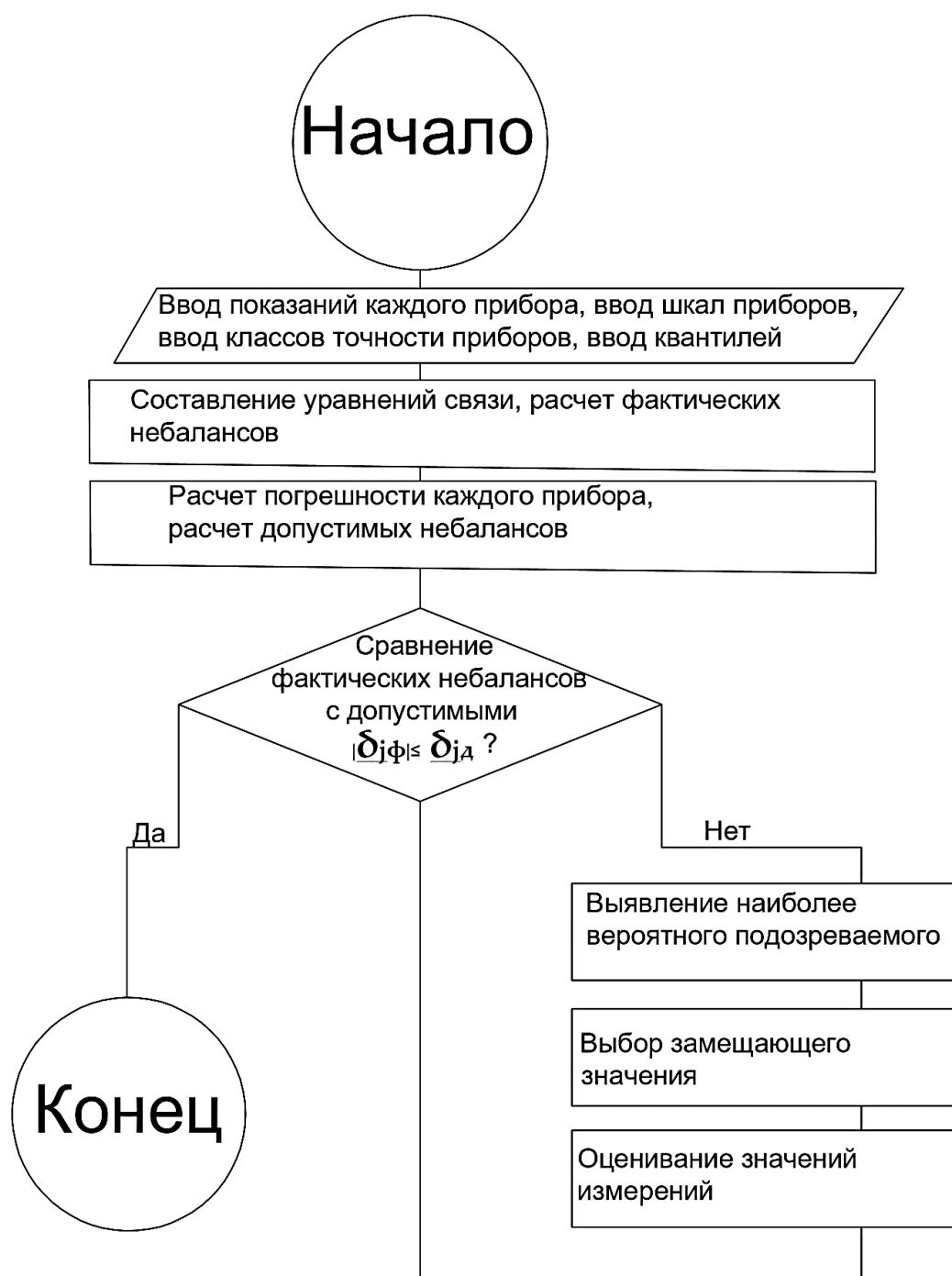


Рисунок 2. Алгоритм для проверки точности измерений

Литература

1. Методы и средства управления энергоснабжением и потреблением электроэнергии: учебно-методическое пособие для студентов специальности 1-43 01 03 «Электроснабжение» / В. А. Анищенко, В. Б. Козловская – Минск: БНТУ, 2013. – 200 с.
2. Метрология, стандартизация и сертификация: учеб. Для студентов образоват. учреждений сред. проф. образования, обучающихся по группе специальностей «Метрология, стандартизация и контроль качества» / В. И. Колчков. – М.: Гуманитар. изд. Центр Владос, 2010. – 398 с. : ил. – (Для средних специальных учебных заведений).

УДК 621.3

ПРИМЕНЕНИЕ ЭПРА ДЛЯ ПИТАНИЯ ГАЗОРАЗРЯДНЫХ ЛАМП

Смоловская Д.М.

Научный руководитель – к.т.н., доцент Козловская В.Б.

Газоразрядной лампой является источник света, излучающий энергию в видимом диапазоне на основе электрического разряда в газах. Они обладают высокой эффективностью преобразования электрической энергии в световую. В современных источниках света используется электролюминесценция (оптическое излучение атомов, ионов, молекул жидких и твердых тел под действием ударов электронов, ионов, ускоренных в электрических полях, до энергий, достаточных для возбуждения) и фотолюминесценция (оптическое излучение, возникающее при поглощении оптического излучения другого источника). Разрядные источники света широко используются, однако недостатками остаются линейчатый спектр излучения, астеничность от мерцающего света, шум пускорегулирующей аппаратуры, вредность паров ртути в случае попадания в помещение при разрушении колбы, отсутствие мгновенного включения для ламп высокого давления.

Для уменьшения шума при питании газоразрядных ламп применяют электронные пускорегулирующие устройства. Такие аппараты также позволяют сократить расход электроэнергии, обладают относительно невысокой температурой, предотвращают мерцание света, характеризуются значительным световым КПД и высокой мощностью. С помощью электронных пускорегулирующих устройств обеспечивается мгновенный запуск ламп, который не сопровождается мерцанием, и гарантируется отключение лампы в случае перегорания.

1. Строение газоразрядных ламп

1.1 Газоразрядные лампы низкого давления

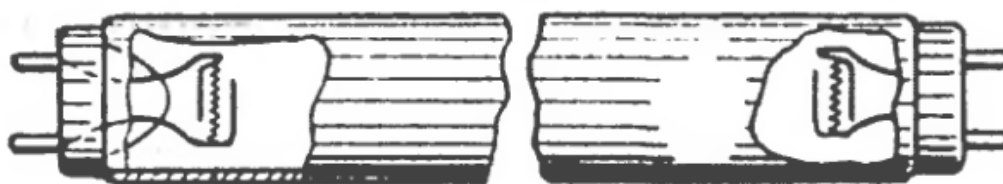


Рисунок 1. Общий вид ртутной люминесцентной лампы низкого давления

Каждая люминесцентная лампа выполнена в виде газоразрядного источника света.

Люминесцентная лампа представляет собой запаянную с обоих концов стеклянную трубку, внутренняя поверхность которой покрыта люминофором (люминофоры - твердые или жидкие вещества, способные излучать свет под действием различного рода возбуждений). Когда лампочка включена, создаваемое электрическим разрядом в среде паров ртути и инертного газа невидимое ультрафиолетовое свечение, действует на слой люминофора. Из трубки откачан воздух, и она заполнена аргоном при давлении 400 Па с

добавлением капельки ртути (60-120 мг), которая при нагревании превращается в ртутные пары.

Внутри трубки на ее концах в стеклянных ножках впаяны электроды с вольфрамовой биспиральной нитью, покрытой слоем оксидов щелочноземельных металлов (бария, кальция, стронция), способствующих более интенсивному излучению электронов. Электроды присоединены к контактными штырькам, закрепленным в цоколе.

Когда к противоположным электродам подводится напряжение определенной величины, возникает электрический разряд в газовой среде лампы, с выделением теплоты, под действием которой ртуть испаряется. Такой разряд сопровождается мощным ультрафиолетовым излучением, часть которого люминофор преобразует в видимое излучение. В результате, невидимые ультрафиолетовые частоты преобразуются в видимое излучение. Выбором и качеством люминофора определяется цвет излучаемого света и эффективность работы лампы.

1.2 Газоразрядные лампы высокого давления

Дуговая ртутная люминесцентная лампа состоит из кварцевой трубки, расположенной в стеклянной колбе. Внутренняя поверхность колбы покрыта тонким слоем люминофора, способного преобразовывать ультрафиолетовое излучение, сопровождающее дуговой разряд в трубке, в видимый свет, пригодный для освещения. В трубку, имеющую капельку ртути, впаяны два основных вольфрамовых электрода, покрытых активированным слоем и подсоединенных к центральной части цоколя лампы и два дополнительных зажигающих электрода. После откачки воздуха для поддержания стабильности свойств люминофора колба заполняется чистым инертным газом аргоном. Такая конструкция позволяет эффективно зажигать четырёхэлектродную лампу от питающей сети напряжением 230В.

2. Электронный пускорегулирующий аппарат

Для зажигания и горения ламп необходимо включение последовательно с ними пускорегулирующих аппаратов. Пускорегулирующий аппарат представляет собой устройство, с помощью которого осуществляется питание газоразрядной лампы, обеспечивается устойчивое зажигание источников света и нормальный режим их работы. Большим преимуществом электронной пускорегулирующей аппаратуры для газоразрядных ламп является их небольшой вес, простота монтажа и надёжность. Один электронный элемент заменяет целых три элемента, которые необходимы при подключении газоразрядной лампы: дроссель, запускающее устройство и конденсатор.

Основными функциями ПРА является зажигание, разгорание и обеспечение устойчивой работы источников света. Для обеспечения устойчивой работы лампы в состав ПРА вводится токоограничивающий (балластный) элемент.

Конструктивно электронные аппараты можно поделить на ЭПРА, которые не имеют герметичного корпуса, для газоразрядных ламп встроенного монтажа, предназначенные для размещения внутри светильников, и ЭПРА, с корпусом

выполненным из металла и имеющим защиту от влаги и пыли, для газоразрядных ламп независимого монтажа для работы вне светильника.

В настоящее время для зажигания и работы люминесцентных ламп широко применяются электронные пускорегулирующие аппараты (ЭПРА), в которых частота питающего тока повышается до 20-40 кГц. Данные устройства обладают следующими преимуществами по сравнению с традиционными электромагнитными пускорегулирующими аппаратами (ЭмПРА):

- снижение потребления электроэнергии комплектом ЭПРА - лампа в среднем на 20 %;
- повышение световой отдачи лампы на 5-7 % при работе на повышенной частоте;
- не нужны массивный электромагнитный дроссель и стартер - экономия дефицитных материалов - меди и стали;
- высокое качество светового потока лампы вследствие низких значений коэффициента пульсации светового потока (5-15 %) и отсутствия стробоскопического эффекта;
- легкость и компактность устройства - снижение массогабаритных показателей на 40-70 %;
- благоприятный («щадящий») режим зажигания лампы;
- работоспособность при низкой температуре
- повышение срока службы лампы на 10-50 % за счет стабильных параметров зажигания и горения;
- отсутствие гудения и мигания лампы в пусковом режиме;
- бесшумность работы ЭПРА;
- возможность регулирования светового потока светильника в диапазоне 10-100 % в ручном или автоматическом режиме;
- автоматическое отключение ламп в конце их срока службы, а также неисправных ламп;
- возможность пуска с любой временной задержкой;

Применение электронных пускорегулирующих аппаратов позволяет осуществлять регулирование светового потока. Благодаря диммированию изменяют яркость ламп во время работы с помощью специальных схем и переключателей. Оно позволяет изменять плотность светового потока центрального источника света и дает возможность добиться оптимального освещения помещений в любое время суток, а также снизить потребление электроэнергии.

В последнее время ЭПРА для газоразрядных ламп применяют и в уличном освещении, но широкого применения они не нашли. Это связано с тем, что электроника внутри таких аппаратов не всегда выдерживает сложные условия, в которых эксплуатируются уличные светильники. И все же некоторые производители ЭПРА предлагают такие аппараты, причем в них есть функция уменьшения света в ночное время по определенному алгоритму. Это позволяет существенно экономить электроэнергию при освещении улиц.

Недостатками применения ЭПРА являются более высокая стоимость и сложная схема зажигания.

3. Применение ЭПРА для питания газоразрядных ламп

Преимущества светильников с ЭПРА являются отсутствие мерцания и шума, качественное зажигание, легкий вес и значительная экономия электроэнергии. В отличие от ламп накаливания, они более долговечные и имеют хорошую световую передачу.

При работе на повышенной частоте уменьшается значение индуктивности обратно пропорционально частоте. Таким образом с увеличением частоты размеры и масса ПРА снижаются, но удельные потери мощности электротехнической стали возрастают. Чтобы на частотах выше 1000 Гц использовать малогабаритные дроссели с небольшими потерями необходимо использовать специальные магнитные материалы. В электронных устройствах дроссель скомбинирован с внутренним генератором высокой частоты. Дроссель имеет малые размеры, следовательно, энергия, накопленная в нём, не обеспечивает зажигание лампы за счёт прерывания тока. Для начала работы лампы низкого давления параллельно им подключается конденсатор, который образует последовательный резонансный контур.

Структурная схема ЭПРА для люминесцентных ламп низкого давления состоит из фильтра подавления радиопомех, выпрямительного устройства, корректора формы потребляемого тока и коэффициента мощности, управляющего блока, ВЧ-блока и выходного блока.

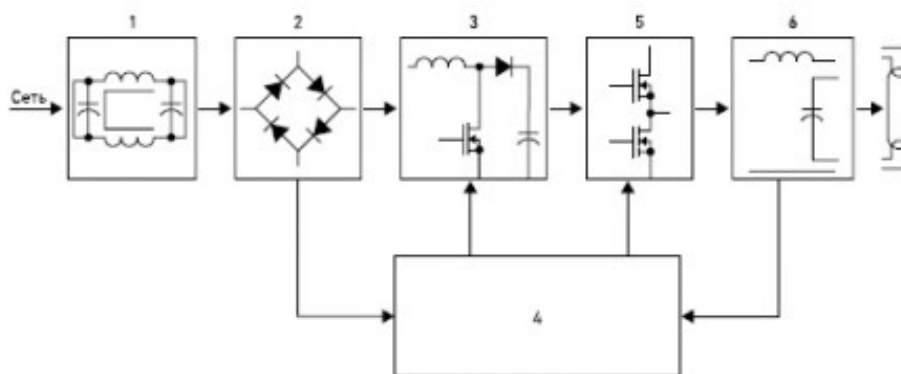


Рисунок 2. Структурная схема ЭПРА для ГЛНД

Потому как ЭПРА вызывает в сети высокочастотные электромагнитные излучения, то требуется установка фильтра подавления радиопомех. Выпрямитель, в виде стандартного выпрямительного моста, рассчитанного на соответствующие токи и напряжения, и корректор коэффициента мощности, формирующий близкую к синусоидальной форму входного тока и близкий к единице коэффициент мощности, вводятся в схему при работе комплекта от сети переменного тока. Высокочастотный блок включает инвертор с выходной частотой более 20 кГц и при надобности согласующий высокочастотный блок (трансформатор). Выходной блок предоставляет согласование выходных характеристик инвертора с пусковыми и рабочими характеристиками лампы.

Сетевое напряжение в 230В поступает на диодный мост и фильтр, на выходе которого образуется постоянное напряжение 310В. Инверторным модулем наращивается частота напряжения и от инвертора напряжение

проходит на симметричный трансформатор, на котором за счет управляющих ключей формируется необходимый рабочий потенциал для лампы.

Использование ЭПРА для питания газоразрядных ламп высокого давления вызывает интерес из-за ряда причин. ГЛВД очень критичны к перегрузке по мощности, а обычные электромагнитные балласты не в состоянии обеспечить стабилизацию мощности на необходимом уровне, если изменятся условия эксплуатации лампы или её характеристики в процессе старения. Использование ЭПРА позволяет рационально управлять лампой в рабочем и аномальном режимах. Это приводит к уменьшению затрат, так как даже при небольшом увеличении напряжения сети срок службы лампы сокращается в среднем в 2 раза, что требует более частую замену ламп. Использование ЭПРА позволяет также осуществлять управление светом без дополнительных усложнений питающей сети, регулировать мощность лампы в зависимости от времени суток и изменяемых условий облученности. Экономия электроэнергии благодаря более высокому КПД ЭПРА и возможности управления энергетическим потоком может достигать 40% по сравнению с питанием от электромагнитного ПРА.

В настоящее время для борьбы с акустическим резонансом, который приводит к искажению разрядного канала, его искривлению, перегреву стенок разрядной трубки и её растеканию, для ГЛВД применяется питание низкочастотным током прямоугольной формы.

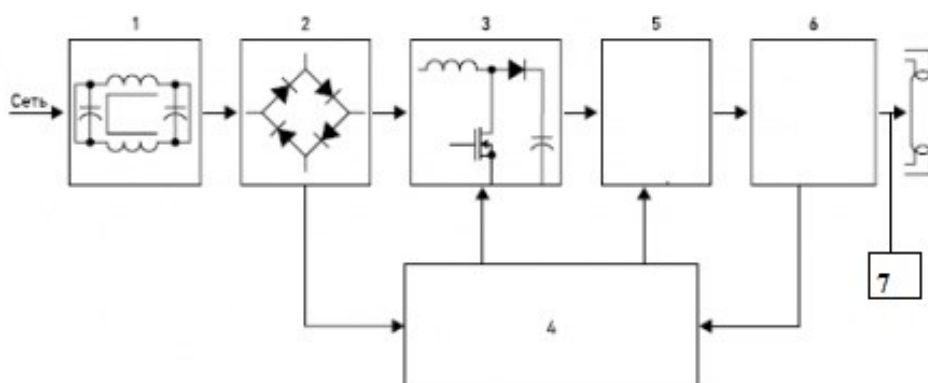


Рисунок 3. Структурная схема ЭПРА для ГЛВД

Эта схема отличается от схемы питания ГЛНД отсутствием выходного блока, который заменен на стабилизатор тока, выполненной по схеме высокочастотного регулятора. Для обеспечения симметричной работы электродов в схему включен инвертор, благодаря которому можно периодически менять полярность тока лампы.

Для зажигания разрядных ламп необходим импульс напряжения порядка нескольких сотен вольт, а для поддержания процесса горения требуется ограничение рабочего тока лампы до нескольких сотен миллиампер. Поэтому в схеме необходимо применять с импульсным зажигающим устройством.

Сетевое напряжение преобразуется выпрямителем со сглаживающим конденсатором в постоянное напряжение. Высокочастотный конденсатор преобразует выходное постоянное напряжение в переменное с прямоугольной

формой кривой. Напряжение с выхода преобразователя через усилитель мощности подается на лампу.

4. Достоинства и недостатки применения ЭПРА

Для включения люминесцентных ламп используются электронные пускорегулирующие аппараты, представляющие блок, имеющий функции дросселя, стартера и конденсатора. Благодаря этому включение лампы происходит за короткий промежуток времени – менее 1 секунды. При работе лампы отсутствует эффект мерцания, так как частота работы ЭПРА составляет 40-50 кГц. Правда, глаз человека неспособен за одну секунду уловить мерцание с частотой в пятьдесят импульсов, но при постоянной работе ЭПРА зрение утомляется. Срок службы при работе с электронными пускорегулирующими устройствами увеличивается в 2 раза. Наличие балласта блокирует подачу электроэнергии при перегорании лампочки, что влияет на экономию электроэнергии и безопасность. Применение ЭПРА даёт возможность для тёплого пуска лампы, вследствие которого за доли секунды происходит предварительное нагревание спиралей лампочки перед пуском, что увеличивает срок службы лампы. При работе лампы с использованием ЭПРА отсутствует гудящий неприятный шумовой фон, что влияет на состояние человека. Схема подключения более понятна, проста в эксплуатации, достаточно заменить лампу. Лампы, питающиеся с помощью ЭПРА, меньше греются, имеют поле высокий КПД, а освещение при работе с лампами очень приближено к естественному. Также ЭПРА может питаться от постоянного тока, использоваться как аварийное освещение при питании от аккумулятора.

К недостатком можно отнести высокую стоимость и выход из строя при скачках напряжения.

Экономичность ЭПРА определяется уменьшенным энергопотреблением при обеспечении и сохранении нужного светового потока за счёт уменьшения до 50% потерь по сравнению с электромагнитным ПРА, добавочным энергоснабжением благодаря допустимости управления световым потоком лампы, уменьшенными эксплуатационными расходами за счёт повышения срока службы ламп. Коэффициент мощности имеет высокое значение при всех возможных режимах в диапазоне изменения напряжения $230\text{В} \pm 15\%$.

К одному из главных достоинств ЭПРА для ГЛВД можно отнести практически полное отсутствие пульсаций светового потока ламп. Однако световая отдача увеличивается мало из-за небольшой доли анодно-катодных участков в длине разряда высокого давления и срок службы увеличивается незначительно.

Преимущество ЭПРА для ГЛВД является группировка в одном аппарате трёх элементов: зажигающего устройства, балласта и компенсирующего конденсатора, что ощутимо снижает массу аппаратов и повышает надежность зажигания. Применение ЭПРА стабилизирует мощность ламп и тем самым предоставляет более высокую временную стабильность их светотехнических характеристик – светового потока и цветовой температуры.

Заключение

Пускорегулирующие аппараты обеспечивают устойчивое зажигание источников света и нормальный режим их работы. ПРА при этом имеют малую массу и объем, малые потери мощности, невысокую стоимость и бесшумность в работе. В сравнении с электромагнитными устройствами можно выделить сокращение материальных затрат на смену ламп, поскольку применение ЭПРА увеличивает срок их эксплуатации. Достоинством применения ЭПРА является снижение потребления электричества и меньший спад светового потока, который способствует более длительному использованию светильника.

Электронная пускорегулирующая аппаратура продолжает совершенствоваться. На рынке периодически появляются новые модели приборов. Электронные конструкции имеют свои недостатки, но по сравнению с другими вариантами они имеют лучшие технические и эксплуатационные характеристики.

Литература

1. [Электронный ресурс] URL: <https://samelectrik.ru> (Дата обращения: 02.04.2019)
2. Беззубцева М.М. Электротехнологии и электротехнологические установки в АПК – СПб, СПбГАУ, 2012. – с.2
3. Козловская В.Б. Электрическое освещение: учебник/ В.Б.Козловская, В.Н. Радкевич, В.Н. Сацукевич.- Минск: Техноперспектива, 2011. – 543с.

УДК 621.3

МЕТОДИКА ОБСЛУЖИВАНИЯ ДИЗЕЛЬ-ГЕНЕРАТОРНЫХ УСТАНОВОК

Рабешко А.В.

Научный руководитель – ассистент Капустинский А.Ю.

Оборудование (ДГУ) можно отнести к дорогостоящему. Характеризуются высоким уровнем выносливости, функциональности, оснащены вместительными емкостями для топлива. Регулярное проведение сервисного обслуживания позволяет избежать многих поломок технически сложного оборудования ДГУ в течение всего срока службы. Техническое обслуживание должно проводиться согласно регламенту завода-изготовителя. Периодичность определяется по времени или по наработке мото-часов (эта информация предоставляется заводом-изготовителем). Техническое обслуживание помогают поддерживать первоначальные показатели оборудования, качество производимой электрической энергии, а также уменьшить вероятность отказа в часы наиболее загруженной работы или при перегрузках.

При выполнении технического обслуживания производится следующий перечень работ.

- Внешний осмотр двигателя на отсутствие подтеков топлива, масла, охлаждающей жидкости.
- Проверка уровня охлаждающей жидкости и долив.
- Проверка уровня масла в двигателе и долив, в случае загрязнения масла – замена.
- Проверка системы воздухозабора.
- Проверка состояния воздушного фильтра. При необходимости – очистка, в крайнем случае замена на новый.
- Проверка состояния и натяжения приводных ремней двигателя.
- Проверка трубки вентиляции картера, очистка.
- Визуальный осмотр радиатора, при необходимости – очистка.
- Проверка состояния системы выпуска отработанных газов.
- Проверка состояния низковольтного генератора.
- Проверка состояния зарядного устройства и качества электролита для аккумуляторных батарей.
- Проверка уровня топлива и долив.
- Проверка тепловизором: диагностика электрического и тепломеханического оборудования. Тепловизионная съемка.
- Проверка загруженности ДГУ.
- Проверка органов управления.
- При наличии мониторинга – проверка связи.
- Проведение имитации аварийной ситуации с пропаданием электроснабжения (проверка работы ДГУ под реальной нагрузкой). Например, ДГУ отработала 30 минут в автоматическом режиме и при восстановлении электроснабжения здания, перешла в режим ожидания.
- Проверка запаса по мощности ДГУ.

Все выполненные работы обязательно фиксируются в отчёте о проведении технического обслуживания.

Этот список проводимых работ может изменяться согласно регламенту и в зависимости от необходимости, а также требований проведения технического оборудования.

Минимум 1 раз в год должна производиться замена технических жидкостей и расходных материалов. В случае если ДГУ является резервным источником электрической энергии и работает очень редко (1-2 раза в год), то его запуск должен осуществляться минимум 1 раз в месяц или так, как написано в регламенте заводом.

На особо важных объектах рекомендовано дополнительно производить профилактическое обслуживание, т.к. своевременная диагностика является залогом успешной длительности и качеством работы генераторной установки.

Литература

1. Техническое обслуживание дизель-генераторов и электростанций [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://dizel-energo.ru/uslugi/remont/tehnicheskoe_obs_luzhivanie_disel_generatorov.php. - Дата 02.05.2019.
2. Сервисное обслуживание ремонт дизельных генераторов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ubertech-com.by/service/>. - Дата 02.05.2019.
3. Обслуживание ДГУ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.diesel-machinery.com/servis/obs_luzhivanie-dizelnykh-generatorov/. - Дата 02.05.2019.
4. Техническое обслуживание дизель-генераторов, рекомендации по ТО ДГУ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.energodom.ru/to-generatora.html>. - Дата 02.05.2019.
5. Техническое обслуживание генераторов и дизельных электростанций [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://generator-shop.ru/servis>. - Дата 04.05.2019.
6. Техническое обслуживание дизельных генераторов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://dgumaster.ru/service/to/>. - Дата 04.05.2019.
7. Сервисное обслуживание [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://absolutech.ru/services/service-work/>. - Дата 04.05.2019.
8. Техническое обслуживание дизель-генераторов, рекомендации по ТО ДГУ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.energodom.ru/to-generatora.html>. - Дата 04.05.2019.

УДК 621.3

ГАЗОПОРШНЕВАЯ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЯ (ГПУ) НА ДРЕВЕСНЫХ ОТХОДАХ

Урбель Д.В.

Научный руководитель – ассистент Капустинский А.Ю.

Газопоршневая электростанция представляет собой систему генерации в основе, которой лежит двигатель внутреннего сгорания, работающий на природном или другом горючем газе (бутане, пропане, пиролизном, древесном и коксовом газе, попутном газе нефтяной переработки, а также газе сточных вод и мусорных свалок). Рассматриваемая установка работает на газе, полученном в процессе газификации древесных отходов (опилок, щепы, чурок и т.д.). В результате сжигания газа возможно получение двух видов энергии (тепло и электричество), и этот процесс называется «когенерация». В случае если в газопоршневых электростанциях используется технология, позволяющая получать ещё и холод (очень актуально для вентиляции, холодоснабжения складов, промышленного охлаждения), то данная технология будет называться «тригенерация».

Основными элементами газопоршневой электростанции являются: газогенерирующая установка, система фильтрации, газопоршневая установка (двигатель-генератор) (Рисунок 1).

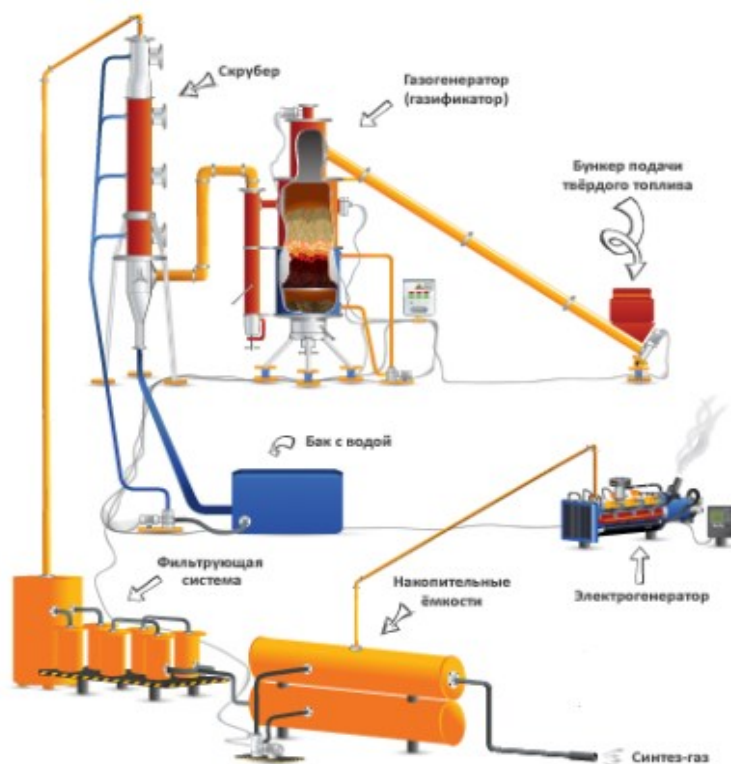


Рисунок 1. Структурная схема работы ГПУ на древесных отходах

Принцип работы и конструкция установки газогенерации.

Газогенераторная установка предназначена для получения горючего газа из твердого топлива (в данном случае опилок, щепы и т.д.) для питания двигателей внутреннего сгорания промышленного назначения. В установке

использован обращенный процесс газификации. Установка состоит из устройств генерации газа, очистки и охлаждения.

Состав устройства генерации газа:

1. Корпус
2. Бункер (служит для загрузки топлива)
3. Камера горения (служит для интенсивного сгорания топлива)
4. Колосниковая решетка (поддерживает слой раскаленного угля под камерой горения)
5. Зольниковую камеру
6. Загрузочные устройства

Процесс газификации твердого топлива.

Генераторный газ образуется в результате неполного сгорания твердого топлива (древесных чурок, опилок, стружки, щепы т.п.) при ограниченном доступе воздуха (28% - 35% от полного количества для сгорания топлива). В работающем газогенераторе внутреннее его пространство разделяется на четыре зоны: подсушки, сухой перегонки, горения, восстановления (Рисунок 2).



Рисунок 2. Структурная схема процесса газообразования

Зона подсушки - верхняя часть бункера, температура в ней 150-200 С. Зона сухой перегонки - средняя часть бункера. Температура в ней 300-500С. В ней топливо без доступа воздуха обугливается, и из него выделяются смолы, кислоты и другие продукты сухой перегонки. Зона горения расположена в поясе фурм. Поступающее в зону обугленное топливо и продукты сухой перегонки при наличии достаточности кислорода, подводимого с воздухом через фурмы, здесь в основном сгорают, образуя CO_2 и CO . Температура в зоне – 1100 -1300С и более. Зона восстановления расположена между зоной горения и колосниковой решеткой. В этой зоне CO_2 проходит через раскаленный уголь (С)% соединяясь с частицами углерода, образует окись углерода (СО). В активной камере образуется генераторный газ - смесь газов: угарный газ-СО, метан CH_4 , водород- H_2 , спирты- $CH_3 OH$, C_2H_5OH , и другие. В охладителях фильтрах газ охлаждается до температуры близкой наружной среде и очищается от ненужных взвешенных частиц: золы, пыли, муравьиной и уксусной кислот. Очищенный газ поступает в газопоршневую установку.

Конструкция газопоршневой установки.

Основой конструкции является двигатель, функционирующий на газовом топливе. Во время сгорания в камерах образуется энергия, способствующая

вращению коленвала мотора и вала генератора. В качестве используемой установки выбрана GE JENBACHER J320. Установка GE JENBACHER J320 представлена на рисунке 3.

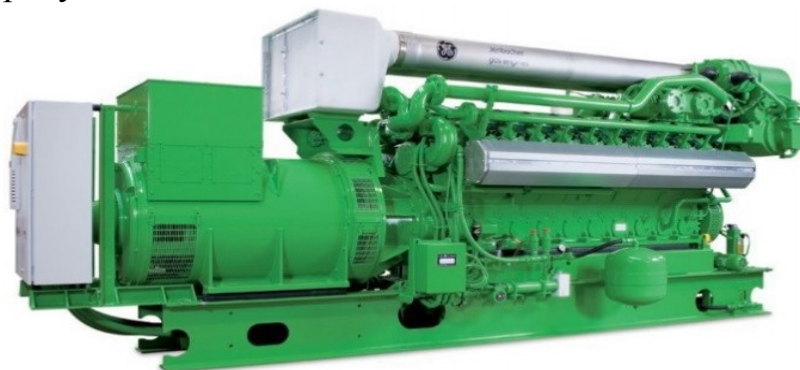


Рисунок 3. Газопоршневая установка GE JENBACHER J320.

Газовые (газопоршневые) электростанции GE Jenbacher J320 производства GE Energy Jenbacher (Австрия), номинальной электрической мощностью 1063 кВт и частотой 50 Гц, изготавливаются на основе газопоршневого мотора Jenbacher J320 GS-C05, и предназначен для производства трёхфазного электрического тока, тепла, холода, CO₂. В качестве топлива могут применяться: природный газ, попутный газ, пропан, биогаз, газ мусорных свалок, газ сточных вод, а также особые газы, такие как шахтный газ, коксовый газ, древесный газ, пиролизный газ. Основные характеристики установки представлены в таблице 1.

Таблица 1

Характеристики газопоршневой установки GE JENBACHER J320

Производитель	GE JENBACHER
Модель	J320
Постоянная мощность	1063
Тепловая мощность	1208
Электрический КПД, %	40,82
Тепловой КПД, %	46,36
Общий КПД, %	87,18
Напряжение	400/230
Род тока	переменный
Количество фаз	3
Номинальная частота, Гц	50
Расход газа при 100% нагрузки, м3/ч	274
Емкость смазочной системы, л	370
Система запуска	электрический стартер постоянного тока
Уровень шума, дБ/7м	95
Тепловой модуль (электричество + тепло = когенерация)	входит в комплект поставки
Абсорбционные холодильные машины (электричество + тепло + холод = тригенерация)	да (опционально)
Система маслоснабжения (дополнительный масляный бак и система автоматического пополнения)	входит в комплект поставки
Габаритные размеры открытого исполнения (ДхШхВ), мм	5700 x 1700 x 2300
Вес установки, кг	10500

Энергоцентры на базе ГПУ на отходах деревообработки отлично справляются с задачей частичного покрытия текущей и перспективной потребности предприятия в электрической и тепловой энергии.

Литература

1. Газогенератор. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://zavodagt.ru/gazogenerator-dlya-vyrabotki-elektroenergii>.- Дата доступа:-14.04.2019
2. Газопоршневая установка GE Jenbacher. [Электронный ресурс]. Режим доступа:http://vapor.ru/oborudovanie/ge_jenbacher.-Дата доступа:-14.04.2019
3. Газопоршневая электроустановка как альтернативный источник энергии. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://moluch.ru/archive/80/14482/>
4. Пиролиз древесины. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://ztbo.ru/o-tbo/stati/piroliz/piroliz-drevesini-ponyatie-i-produkti>.-Дата доступа:-14.04.2019

УДК 621.3

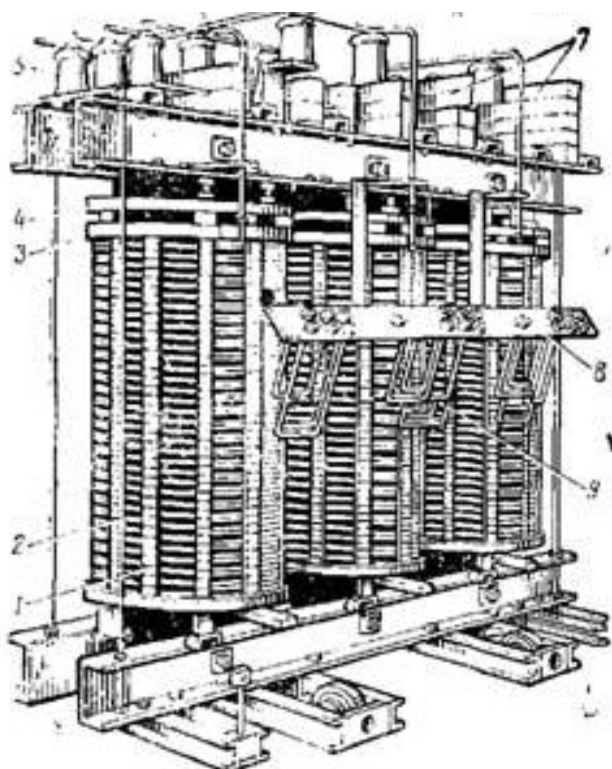
КОНСТРУКТИВНОЕ ИСПОЛНЕНИЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СУХИХ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ

Тарнацкая О.С., Волынчикова Е.В.

Научный руководитель – старший преподаватель Колосова И.В.

В последнее время сухие трансформаторы (СТ) все чаще используются на предприятиях и заводах, потому что обладают некоторыми преимуществами над масляными. Одним из преимуществ, но и одновременно недостатком сухих трансформаторов является способ охлаждения – воздух.

Сухие трансформаторы с литой изоляцией бывают высоковольтные (ВВ) и низковольтные (НВ). Их мощность определяет тип вентиляции. Для НВ преобразователей применяется естественная система охлаждения, в которой воздух, попадая в вентиляцию природным путем, охлаждает магнитные обмотки и прочие токоведущие части. Высоковольтные СТ с мощностью до 10 кВ·А (например, ТЛС-10) охлаждаются принудительным дутьем. Ниже представлена конструкция сухих трансформаторов (рис.1). Условно принято обозначать естественное охлаждение при открытом исполнении С, при защитном исполнении — СЗ, при герметизированном исполнении СТ, с принудительной циркуляцией воздуха — СД.



1. ВВ шинопровод;
2. Шпильки;
3. Зажимные подкладки из фарфора;
4. Прижимное кольцо;
5. Изоляторы для высокого напряжения;
6. Отводы;
7. Подкладки из фарфора для отводов;
8. Зажимная доска;
9. Регулировочные ответвления для ВВ отводов.

Рисунок 1. Конструкция сухих высоковольтных трансформаторов

Сухие трансформаторы, имеющие естественное воздушное или дутьевое охлаждение (обдувка активной части вентилятором), менее огнеопасны, чем

масляные, поэтому их устанавливают в закрытых помещениях, их обмотки увлажняются при соприкосновении с воздухом, и для снижения гигроскопичности обмотки дополнительно пропитываются специальными лаками. Механической защитой СТ служат кожухи с вентиляционными жалюзи. Однако воздух по сравнению с маслом значительно хуже отводит теплоту от обмоток и магнитной системы и снижает влагостойкость изоляции, поэтому для магнитных систем используют аморфные сплавы либо холоднокатаную сталь с меньшими удельными потерями, увеличивают сечение проводов обмоток (примерно в два раза) и ширину вентиляционных каналов в магнитной системе и обмотках. В связи с относительно низкой электрической прочностью воздуха в сухих трансформаторах увеличены изоляционные расстояния между обмотками, отводами и другими токопроводящими частями. Поэтому размеры и масса остовов и обмоток, а, следовательно, активных частей сухих трансформаторов по сравнению с масляными той же мощности значительно больше, но не требуются бак, расширитель и другие устройства (как в масляных трансформаторах), в связи с этим их сборка значительно упрощается [1].

Ещё одним преимуществом СТ является простота в установке и использовании. В масляных же, напротив, нужно регулярно менять масло, иначе оно стареет, теряет свои свойства и засоряет протоки.

Обмотки сухих трансформаторов наматывают из медных проводов, а также из алюминиевых. Изоляционные детали выполняют из более нагревостойких материалов: стеклотекстолита, стеклолакоткани, фарфора. Для большей нагревостойкости многослойных цилиндрических обмоток межслоевую изоляцию изготавливают из стеклолакоткани.

Помимо безопасности в отношении возгораний, сухие трансформаторы – экологичны. Их можно устанавливать на участках, где требуется повышенная безопасность окружающей среды. Они активно применяются на территориях общего пользования (школы, институты, кинотеатры и т.д), на различных предприятиях переработки нефти, газа и химических отходов, а также для собственных нужд электростанций на атомных электростанциях. В добавок к этому перегрузка возникает на непродолжительный срок, что является преимуществом над возможностями при перегрузке в масляных ТР.

Можно отметить еще ряд преимуществ:

- 1) низкий уровень шума;
- 2) высокая устойчивость к токам короткого замыкания;
- 3) возможность работы в сетях, подверженных грозовым и коммутационным перенапряжениям;
- 4) высокая стойкость к механическим усилиям, возникающим в режиме короткого замыкания;
- 5) трансформаторы мощностью $S_{ном} = 1000$ кВ·А и выше могут иметь нормированное значение напряжения короткого замыкания 6% или 8% (последнее делает их более устойчивыми к воздействию токов короткого замыкания);
- 6) экономичность:

а) снижение затрат на строительство, так как нет опасности утечки масла и нет необходимости строить инженерные системы по отводу масла;

б) сухие трансформаторы могут располагаться значительно ближе к потребителям, чем масляные, что обеспечивает отсутствие издержек на строительство подстанций, позволяет экономить распределительные шины и кабели низкого напряжения, обеспечивает значительную экономию электроэнергии во время эксплуатации за счет уменьшения потерь в питающих низковольтных кабелях;

в) низкие затраты на обслуживание.

7) защита от перегрева и автоматический контроль системы охлаждения: для защиты от перегрева трансформаторы комплектуются блоком тепловой защиты, управляемым температурными датчиками, встроенными в обмотки. По требованию заказчика может быть установлен дополнительный температурный датчик для контроля температуры магнитопровода. Немаловажное преимущество сухих трансформаторов над масляными – сниженные потери короткого замыкания (КЗ) и холостого хода (ХХ). Чтобы наглядно отобразить различия в зависимости потерь КЗ и ХХ от номинальной мощности, проведен анализ технических характеристик сухих трансформаторов Минского электротехнического завода имени Козлова (МЭТЗ), используя нормативные данные [2] и [3], и технических характеристик масляных трансформаторов МЭТЗ. На рисунке 2 представлена зависимость потерь от номинальной мощности трансформатора.

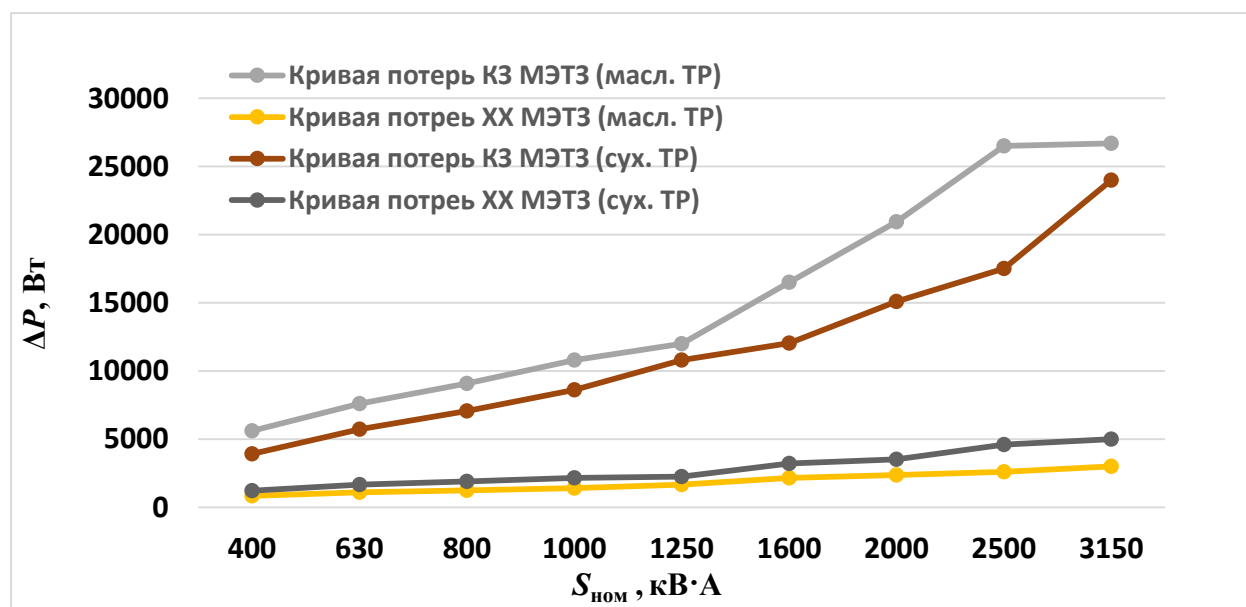


Рисунок 2. Зависимость потерь короткого замыкания и холостого хода от $S_{ном}$

Кривая, отражающая зависимость потерь КЗ сухих трансформаторов, на участке с номинальной мощностью $S_{ном} = 400 - 1250 \text{ кВ}\cdot\text{А}$ имеет видимое расхождение с кривой потерь КЗ масляных трансформаторов. Расхождение этих кривых становятся наиболее выраженным у трансформаторов с

мощностями от $S_{\text{ном}} = 1250 \text{ кВ}\cdot\text{А}$ до $S_{\text{ном}} = 2500 \text{ кВ}\cdot\text{А}$. Исходя из того, что кривая КЗ сухих трансформаторов расположена на графике ниже кривой КЗ масляных трансформаторов можно сделать вывод, что потери КЗ сухих трансформаторов порядком меньше потерь масляных трансформаторов.

Кривые потерь ХХ сухих и масляных трансформаторов достаточно близко расположены друг относительно друга в сравнении с потерями на участке с номинальными мощностями $S_{\text{ном}} = 400 - 1250 \text{ кВ}\cdot\text{А}$. С увеличением мощности трансформаторов увеличивается и расхождение кривых потерь ХХ, что мы наблюдаем на промежутке от $S_{\text{ном}} = 1600 \text{ кВ}\cdot\text{А}$ и выше.

Несмотря на все недостатки сухие трансформаторы выигрывают по многим позициям и в долгосрочной перспективе оказываются более выгодным вложением.

Можно сделать заключение о том, что общие потери в сухих трансформаторах значительно ниже по сравнению с масляными одной и той же мощности. Главной заслугой их снижения является использование аморфных сплавов, позволяющих уменьшить потери ХХ по сравнению с холоднокатаной сталью почти в пятикратном размере. Большие габариты, вес и высокая стоимость СТ можно не относить к недостаткам, так как на сегодняшний момент уже реализуется выпуск современных комплектующих, которые позволяют снизить габариты и вес агрегатов, а зарубежные производители реализуют аморфную сталь по цене порядка 3 у.е за килограмм, что делает применение этого материала в силовых трансформаторах экономически оправданным. Срок окупаемости такого трансформатора составляет 4-6 лет.

Литература

1. Конструктивное исполнение и охлаждение сухих трансформаторов (электронный ресурс). Режим доступа: <http://www.nomek.ru/node/253>. Дата доступа 13.03.2019.
2. Сухие силовые трансформаторы. Каталог. Минский электротехнический завод, 2018. – 53 с.
3. Масляные силовые трансформаторы. Каталог. Минский электротехнический завод, 2018. – 23 с.

УДК 620.97

ПРИМЕНЕНИЕ РЕКУПЕРАЦИОННЫХ ПРИНЦИПОВ В РАМКАХ СОЗДАНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОГО ЖИЛЬЯ

Соловьёв С.С., Ковтун Г.К.

Научный руководитель - ассистент Протасеня М. Л.

Понятие энергоэффективности уже давно стало неотъемлемой частью жизни общества. Один из главных векторов развития современных технологий – это повышение их энергоэффективности. В связи с ухудшающимся состоянием окружающей среды, а также ограниченностью мировых запасов энергоресурсов одним из критериев реализации масштабных проектов становится их энергоёмкость, а также экологичность. Однако поддерживать данные тенденции, а также применять современные энергоэффективные технологии способен каждый. Достаточно всего лишь обратить внимание на бытовую энергоэффективность человека, в частности энергоэффективность места проживания – дома. Приведём статистику затрат на проживание в частном доме. В среднем обычному зданию требуется $100-120 \text{ кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^2$. Здание считается энергоэффективным, если этот показатель ниже $40 \text{ кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^2$ [1]. Однако для «пассивных домов» он ещё ниже – около $10-15 \text{ кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^2$. Такой показатель обеспечивается как уменьшением потерь энергии, так и оптимизацией выработки полезной энергии. Достигается такая задача определённой архитектурной концепцией и использованием явления рекуперации. Из вышесказанного можно сформулировать определение: «пассивный дом» - архитектурное сооружение, обладающее значительно более низким энергопотреблением за счёт применения пассивных методов энергосбережения. Такой дом потребляет примерно 10-15% от удельной энергии на единицу площади, необходимой для большинства традиционных домов.

Такие низкие показатели энергопотребления – результат выполнения определённых требований при сооружении здания. В идеале «пассивный дом» должен стать независимой энергосистемой, которая не будет требовать внешнего притока энергии для поддержания комфортной температуры. Отопление дома должно целиком осуществляться за счёт использования уже ранее произведённого внутреннего тепла. На данный момент таких идеальных «пассивных домов» нет. Каждому из существующих сегодня домов требуется дополнительный «активный» подогрев. Самый распространённый вариант – установка котла, который будет при незначительном потреблении энергии извне компенсировать недостающее тепло. Но всё же есть теоретическая возможность создать независимую энергосистему, используя альтернативные источники энергии, технологические особенности, а также рекуперативный принцип и т.д. Приведём краткую характеристику основных из них.

1. *Форма дома.* Так как тепловые потери напрямую зависят от общей площади дома, то в процессе проектирования важно уделить внимание форме сооружения. Энергосберегающее здание должно иметь меньший коэффициент компактности, то есть отношение общей площади дома к его объёму. Также

важно учесть и планировку всех комнат и помещений. Нельзя допустить наличия малоиспользуемых помещений, таких как гардеробная, так как на их обогрев будет впустую тратиться большое количество энергии. Идеальной формой для достижения минимального коэффициента компактности является сфера.

2. *Инсоляция помещений.* Поскольку строительство дома направлено на максимальное сбережение потребления энергии из центральной энергосистемы, то важным моментом является максимально возможное использование солнечного света. Для максимальной экономии энергоресурсов все окна и двери располагаются на южной стороне. Сам дом стараются ориентировать передним фасадом на географический юг. Допускается отклонение до 300 с соответствующим увеличением потерь тепла на 15%. Сам фасад красят в тёмный цвет для лучшего потребления солнечного тепла. Избегают посадки крупных растений, чтобы исключить возможную тень на дом.

3. *Теплоизоляция.* Одним из важнейших моментов является именно теплоизоляция. Необходимо не просто снизить, а исключить все возможные теплопотери. Теплоизоляцией обеспечивают все угловые соединения, окна, двери и даже фундамент. Тщательно проводят укладку теплоизоляции в стены и крышу. Отдельно стоит упомянуть об использовании энергосберегающих видов окон, которые накапливают энергию днём и отдают ночью. Они выполняются тройным стеклом с заполненным аргоном или криптоном.

4. *Вентиляционная система.* Это, пожалуй, важнейший элемент «пассивного дома», т.к. значительная часть энергии расходуется при нерациональной конструкции вентиляции. Как уже было сказано выше, идеальной «пассивности» на данный момент достигнуть не представляется возможным, однако добиться существенного снижения теплопотерь при использовании вентиляции можно уже сегодня. В зданиях, строящихся по существующим нормативам, на воздухообмен приходится до 60% теплопотерь [2, 3]. Эта проблема носит системный характер, так как не может быть решена в рамках существующих технических и проектных решений естественной вентиляции. Логика развития современного строительства приводит к необходимости перехода к проектированию жилых зданий с механической, контролируемой системой приточно-вытяжной вентиляции с рекуперацией тепла за счёт вытяжного воздуха. В основе сооружения лежит вентиляция рекуперационного типа. Для описания особенностей вентиляционной системы «пассивного дома» необходимо ознакомиться с явлением рекуперации тепла.

Рекуперация тепла (применительно к вентиляции) — это процесс теплопередачи, при котором тепловая энергия вытяжного воздуха посредством контакта с теплообменным устройством переходит к свежему приточному воздуху, за счёт чего происходит его подогрев. Теплообменное устройство называется рекуператором, причём в последнее время этим термином называют как теплообменник, так и более сложное устройство для рекуперации воздушного тепла. Итогом такого процесса является выброс зимой на улицу уже охлаждённого воздуха, и подача в помещения уже подогретого.

Если в период межсезонья, когда разница температур составляет около 20-25 градусов, система рекуперации может покрыть расходы на подогрев воздуха, то в зимний период разница может составлять 50 градусов. Чтобы покрыть такую разницу есть два варианта. Первый – это оборудование системы дополнительным электроподогревателем, имеющим сравнительно низкие затраты, второй вариант – строительство грунтового теплообменника. Уличный воздух, проходя через зарытый в грунте канал, подогревается примерно до +5 градусов. С таким перепадом, согласно теории, система рекуперации должна справиться.

К минусам данной системы можно отнести:

- Высокие капитальные затраты
- Маленькая распространённость данного оборудования на нашем рынке
- Может потребоваться защита от замерзания
- Требуют более тщательного обслуживания, нежели другие системы вентиляции.

Изучив и проанализировав перечисленные средства, мы пришли к выводу, что возможность строительства в наших условиях энергоэффективного жилья существует уже сегодня, особенно это касается частного сектора. Все его недостатки являются проходящими и компенсируются комфортом от смены домашнего микроклимата, а основное преимущество, а именно низкое потребление энергии позволит уменьшить расходы на приобретение энергии. По предварительным подсчётам дому площадью 175 квадратных метров будет нужно чуть больше 2 500 кВт в год, или около 200 кВт в месяц, что значительно меньше современного потребления. [4] Дальнейшее развитие имеющихся технологий, а также внедрения новых позволит достичь полной энергонезависимости, что в свою очередь приведёт к значительному сокращению потребления энергоресурсов.

Литература

1. Проект №00077154 «Повышение энергетической эффективности жилых зданий в Республике Беларусь»/ Данилевский Л. Н. Технические решения и техническое задание на разработку соответствующей части проектно-сметной документации относительно внедрения мер и размещения оборудования для повышения энергоэффективности в пилотных зданиях, отчёт, — Минск, 2013 - 68 стр.
2. Строительная теплотехника. Строительные нормы проектирования ТКП 45-2.04-43-2006. Минск, 2006 г.
3. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха. Справочное пособие. Москва, Пантори, 2003 г.
4. Данилевский Л. Н. Системы принудительной вентиляции с рекуперацией тепловой энергии удаляемого воздуха для жилых зданий. Теория и практика/ — Минск, 2014 - 18 стр.

УДК 621.3

ВЫБОР ДИЗЕЛЬ-ГЕНЕРАТОРНЫХ УСТАНОВОК

Рабешко А.В.

Научный руководитель – ассистент Капустинский А.Ю.

Ввиду того, что на рынке генераторов представлено большое количество моделей, есть возможность индивидуально подобрать необходимые ДГУ даже при наличии специальных требований. Ввиду наличия огромного количества критериев и факторов, влияющих на этот выбор, для выбора подходящего генератора необходимо учитывать приведенные ниже параметры и принять решение на основании полученной информации.

Выбор типа топлива.

Характеристикой дизельных двигателей является метановое число, определяющее период задержки горения рабочей смеси. Производится дизельное топливо трёх марок:

Зимнее – температура окружающей среды до 35°C.

Летнее – не ниже 0°C.

Арктическое – не выше 50°C.

Характеристикой бензинового топлива является октановое число, которое показывает детонационную стойкость бензина, т.е. возможность топлива сопротивляться самопроизвольному воспламенению при сжатии. Бензиновые двигатели разделяют по способу осуществления рабочего цикла:

Четырёхтактный двигатель – поршневой двигатель внутреннего сгорания, в котором рабочий процесс каждого из цилиндров совершается за два оборота коленчатого вала.

Двухтактный двигатель – двигатель, в котором движение каждого поршня осуществляется в два этапа. Такими двигателями чаще всего комплектуются маломощные и компактные генераторные установки.

Определение необходимой мощности дизельного генератора.

Для того, чтобы не было вопросов с перегрузкой ДГУ.

Во-первых, его выбирают так, чтобы он был загружен на 70-75% от номинальной мощности (выражение 1). Во-вторых, при пуске дизельного генератора максимальная нагрузка на ДГУ не должна превышать номинальную мощность установки с учетом ее кратковременной перегрузочной способности на короткий промежуток времени, до 5 минут (выражение 2). При несоблюдении данных условий комплектные автоматические выключатели защиты отключат этот источник энергии в случае длительной его перегрузки, чтобы он не вышел из строя.

$$P_p < (0,7..0,75) \cdot P_{\text{ном.ДГУ}}, \quad 1)$$

$$P_{\text{пик}} < P_{\text{пер.ДГУ}}, \quad 2)$$

где P_p – расчетная нагрузка ДГУ, кВт;

$P_{\text{пик}}$ – пиковая нагрузка ДГУ, кВт;

$P_{\text{ном.ДГУ}}$ – номинальная мощность ДГУ, кВт;

$P_{\text{пер.ДГУ}}$ – номинальная мощность ДГУ с учетом перегрузочной способности, кВт.

Пиковая нагрузка электроприемников, подключенных в трехфазную сеть, определяется согласно выражению 3.

$$P_{\text{пик}} = \sqrt[3]{3} \cdot U_{\text{ном}} \cdot I_{\text{пик.а}}, \quad 3)$$

где $U_{\text{ном}}$ – номинальное напряжение сети, кВ;

$I_{\text{пик.а}}$ – пиковый ток группы электроприемников, А.

В качестве пиковой нагрузки ДГУ используется нагрузка в момент пуска наибольшего электроприемника или группы электроприемников. При использовании ДГУ в качестве резервного источника питания при наличии источника бесперебойного питания (ИБП) пиковая мощность послеаварийного режима совпадает с пиковой мощностью нормального режима работы. При использовании ДГУ в качестве резервного источника питания при отсутствии ИБП учитывается та часть нагрузки, которая подключена к выводам ДГУ в момент ее пуска.

Графики изменения мощности, отдаваемой источниками электроэнергии системы автономного или резервного электроснабжения при пуске дизельного генератора, приведен на рисунке 1.

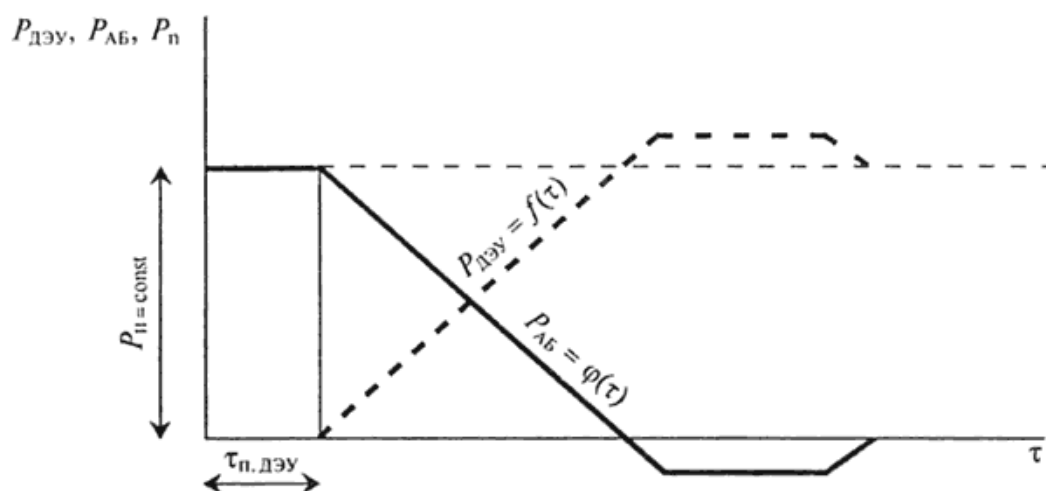


Рисунок 1. Графики изменения мощности, отдаваемой ДЭУ (после ее пуска и выхода под нагрузку) и аккумуляторной батареей $P_{\text{ДЭУ}} = f(\tau)$ и $P_{\text{АБ}} = \varphi(\tau)$ соответственно, при неизменной мощности потребителя $P_{\text{П}} = \text{const}$.

При использовании ДГУ в качестве источника электроэнергии в автономной системе электроснабжения для уменьшения установленной мощности генерирующего оборудования наброс нагрузки производится частями. Пиковая нагрузка рассчитывается согласно принятым мероприятиям для уменьшения установленной мощности генерирующего оборудования.

При выборе мощности генератора возможен учет запаса около 15-20%. Такое решение делается на основании будущего увеличения потребления нагрузки.

Количество фаз выходной сети.

Возможно два варианта выполнения генераторов: однофазный либо трёхфазный. Однофазный генератор можно подключить в трёхфазную сеть, но такое подключение не рекомендуется, т.к. будет перекося фаз. Возможность подключения трёхфазного генератора в однофазную сеть отсутствует.

Способ охлаждения.

Любой, даже маломощный дизельный генератор требует охлаждения. Поэтому, чем более мощная установка, тем больше тепла она вырабатывает в процессе эксплуатации. В случае если не будет производится охлаждение, при работе дизельного генератора, это неблагоприятно скажется на установке, в следствии чего двигатель испытает перегрев и может выйти из строя. Перегрев двигателя может наступить из-за не правильного охлаждения или вовсе его отсутствия. Основные способы охлаждения, а также их особенности приведены ниже.

Воздушное охлаждение может быть естественным или принудительным.

Естественное охлаждение самое простое, это охлаждение окружающей средой (воздух). Минусом данной системы является недостаток охлаждающей поверхности, в результате чего может произойти перегрев.

Принудительное охлаждение характерно для стационарных и мощных генераторов. Преимуществами такого исполнения являются простота конструкции, относительно небольшой вес и отсутствие охлаждающей жидкости. К недостаткам принудительного охлаждения можно отнести большой шум при работе, а также увеличение размеров оборудования, при данном исполнении системы.

Жидкостное охлаждение осуществляется тем, что охлаждающая жидкость принудительно циркулирует с помощью центробежного насоса по герметичному контуру, нагреваясь от источника тепла и остывая в охлаждающем контуре. Главным преимуществом по отношению к воздушному охлаждению является отвод большего количества тепла, меньший размер и более низкий уровень шума.

Широкое распространение получили два вида теплоносителя: вода и антифриз. Антифриз – незамерзающая охлаждающая жидкость, которая состоит из раствора воды, этиленгликоля и различных антикоррозионных присадок, и красителя. В зависимости от температуры окружающей среды, можно сделать любую консистенцию раствора, с целью регулирования температуры охлаждающей жидкости.

При выборе дизеля важно помнить, что вода замерзает про 0° , поэтому если Ваш дизельный генератор будет работать при температурах ниже 0° , то такой нужно выбрать другую систему охлаждения – антифриз.

Комбинированное охлаждение, объединившее воздушную и жидкостную системы охлаждения.

Рынок дизельных генераторов разнообразен настолько, что даже человеку, имеющему непосредственное отношение к тематике стройки, порой трудно определиться при выборе той или иной установки, которое подходило бы именно к его техническому заданию. Сегодня ДГУ, без преувеличения,

считается одним из самых популярных видов основного или резервного источника питания. Данный продукт имеет доступную стоимость, представлен огромным разнообразием мощностей, но требует специальных навыков для его установки.

Литература

1. Как выбрать дизельный генератор [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.all-generators.ru/information/faq-generators/vybor-dizelnogo-generatora/>. – Дата 02.05.2019
2. Как выбрать дизельную электростанцию: советы профессионалов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://genport.ru/article/kak-vybrat-dizelnuyu-elektrostantsiyu-sovety-professionalov>. – Дата 02.05.2019
3. Выбор дизельного генератора [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ei2000.ru/category/podbor-dizelnogo-generatora-elektrostantsii-po-moschnosti>. – Дата 02.05.2019
4. Как выбрать ДГУ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.uniongr.ru/info/select_diesel/index.phtml. – Дата 02.05.2019
5. Выбор дизельной электростанции: пусковые токи [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.likeproject.ru/article.php?cont=long&id=461>. – Дата 02.05.2019
6. Как выбрать ДГУ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.pommz.minsk.by/catalogue/spech/f556300181993038.html>. – Дата 02.05.2019
7. Как выбрать дизельный генератор (ДГУ) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://bizonenergy.ru/news/kak-vyibrat-dizelnyiy-generator-dgu/>. – Дата 02.05.2019
8. Дизельные электростанции — как выбрать [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://nhs.ru/company/articles/kak-vybrat-dizelnuyu-elektrostantsiyu/>. – Дата 02.05.2019
9. Виды и принцип работы охлаждения дизель-генераторов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://tcip.ru/blog/dizel-generatory/vidy-i-printsip-raboty-ohlazhdeniya-dizel-generatorov.html>. – Дата 02.05.2019
10. Выбор топлива для дизель-генераторной установки [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.brizmotors.ru/useful/article/fuel-for-diesel-generator/>. – Дата 02.05.2019

УДК 621.3

ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ТВЕРДОТЕЛЬНЫХ РЕЛЕ В ПЕЧАХ Ш -70

Павлович Е.В.

Научный руководитель – к.т.н., доцент Константинова С.В.

Твердотельное релé (ТТР) — электронное устройство, являющееся типом реле без механических движущихся частей, служащее для включения и выключения высокоомощностной цепи с помощью низких напряжений, подаваемых на клеммы управления. ТТР содержит датчик, который реагирует на вход (управляющий сигнал) и твердотельную электронику, включающую высокоомощностную цепь. Этот тип реле может использоваться в сетях постоянного и переменного тока. Устройство применяется для тех же функций, что и обычное реле, но не содержит движущихся частей [1].

Принцип действия и особенности конструкции

Разберемся в особенностях управления электроприборами с помощью твердотельного реле. От обычных реле они отличаются отсутствием механических замыкаемых и размыкаемых контактов. Вместо них в твердотельном реле используются полупроводниковые элементы, такие как транзистор, либо симистор.

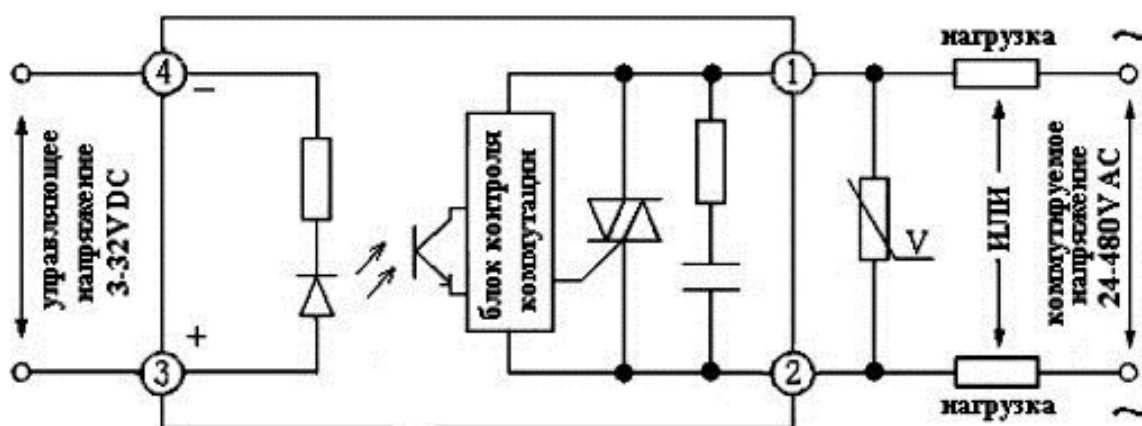


Рисунок 1. Схема управления постоянным током.

Принцип работы реле состоит в размыкании и замыкании цепи, передающей напряжение. Это осуществляется активатором, то есть, твердотельным устройством. Вид силового элемента зависит от свойства тока, который может быть, как переменным, так и постоянным. Для постоянного тока применяются транзисторы, для переменного тока – тиристоры и симисторы.

Через транзистор проходит ток. Симистор может пропускать ток в обоих направлениях, так же, как и тиристор.

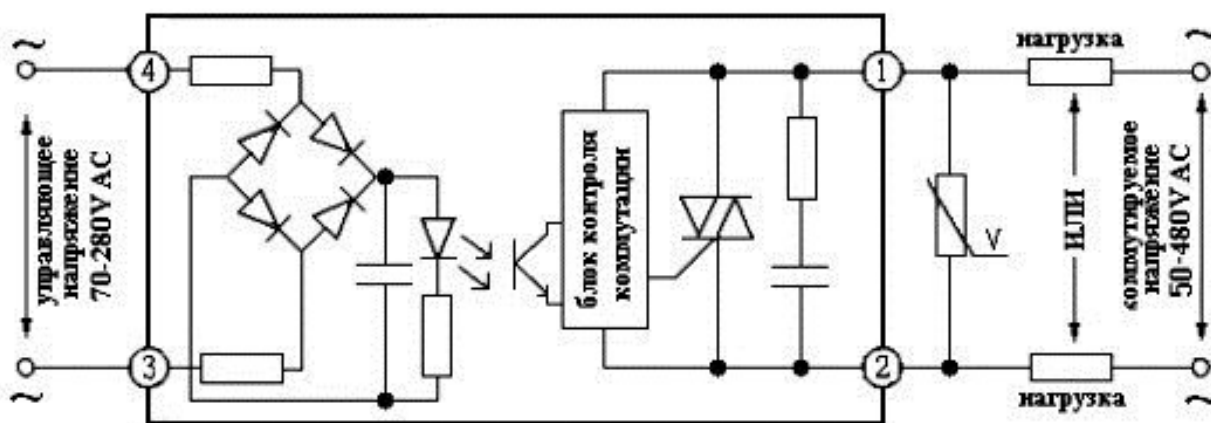


Рисунок 2. Схема управления переменным током.

На вход подается электрический сигнал, далее он идет на оптическую развязку на основе светодиода. Оптическая развязка позволяет изолировать входную цепь от промежуточной и выходной цепи. Далее в действие вступает цепь триггера, которая обеспечивает управление переключением выхода твердотельного реле.

Цепь переключения подает напряжение на нагрузку, представленную транзистором, либо симистором. Цепь защиты необходима для надежности работы реле при разных нагрузках [2].

Виды твердотельных реле

Имеется множество разных видов таких реле, отличающихся своими особенностями напряжения коммутации и контроля.

- Реле постоянного тока применяются в сети постоянного напряжения в интервале 3-32 ватта, характерны повышенными удельными свойствами, индикаторами на светодиодах, повышенной надежностью. Многие модели способны работать в широком интервале рабочих температур: $-30 + 70$ градусов.

- Реле переменного тока, имеют особенность в пониженном уровне электромагнитных помех, не создают шума при эксплуатации, малый расход электроэнергии, и высокое быстродействие. Диапазон мощности составляет от 90 до 250 ватт.

- Реле с управлением вручную, дают возможность самостоятельной настройки типа действия.

Однофазное исполнение дает возможность подключать электрический ток в интервале от 10 до 120 ампер, либо от 100 до 500 ампер. Управление производится аналоговым сигналом и сопротивлением переменного типа.

3-фазные исполнения используют для подключения тока одновременно на трех фазах. Они могут работать в диапазоне 10-120 ампер. Среди них есть устройства реверсивного вида, отличающиеся обозначением и бесконтактной коммутацией. Их задача заключается в осуществлении надежного подключения всех цепей по-отдельности.

Чтобы защитить реле от ложных срабатываний, применяют специальные устройства.

Они применяются при запуске и эксплуатации асинхронного электродвигателя. При выборе такого устройства нужно сделать необходимый

запас мощности. Для защиты реле от перенапряжений также применяется предохранитель быстрого действия, либо варистор.

Реле трехфазного исполнения имеют срок службы больше, чем 1-фазные реле. Коммутация осуществляется после перехода тока через нулевую границу.

По методам коммутации реле делятся:

- Реле для емкостных и индуктивных нагрузок.
- Реле для мгновенных срабатываний, применяются при необходимости быстрого подключения.

- С фазным управлением, дающим возможность регулировки освещения, нагревательных элементов.

По конструктивным особенностям реле делятся:

- С возможностью монтажа на рейку DIN.
- Для переходных планок, универсальные [3].

Преимущества

- Отсутствие каких-либо щелчков при переключении. Хотя отсутствие звуковой индикации для кого-то может быть и минусом.

- Полупроводниковые твердотельные реле не искрят, не дребезжат и механически не изнашиваются, благодаря чему получается срок службы как минимум десятки лет без какого-либо обслуживания.

- Благодаря свойствам полупроводниковых элементов, возможна коммутация с минимумом помех.

- Высокое быстродействие позволяет производить включение при переходе напряжения через ноль. А при выключении симистор закрывается не сразу, а ровно тогда, когда через ноль переходит ток, что тоже снижает уровень помех.

- Малый расход электрической энергии благодаря тому, что нет электромагнитной связи.

- Твердотельные реле имеют небольшие габариты, что позволяет упростить его установку и транспортировку.

- Длительный срок работы, не требующий технического обслуживания устройства.

- Широкая сфера применения для различных типов устройств и приборов.

- Возможность осуществления большого количества срабатываний (более одного миллиарда).

- Обеспечивает надежную изоляцию цепей входа и силовых цепей между собой.

- Повышает производительность устройства.

- Механическая прочность выражается в герметичной конструкции, вибрационной и ударной стойкости.

Применения в шахтных печах

Особенностью печей Ш-70 является то, что крепление подвески деталей осуществляется внутри рабочего пространства печи на специальном жароупорном диске (Рис.3) [4]. Что в свою очередь приводит к нередким случаям короткого замыкания через заготовку. В связи с этим одним из главных условий использования ТТР в шахтных печах является использование

предохранителей класса gR/aR/gRL. Так же из-за большой теплоотдачи, больших токов и достаточно высокой температуры окружающей среды необходимо тщательно следить за охлаждением реле. Удобство же использования, по сравнению с контактной системой является бесшумность, возможность с помощью контроллера согласовывать температуру между зонами, возможность получения одинаковых диаграмм набора температур.

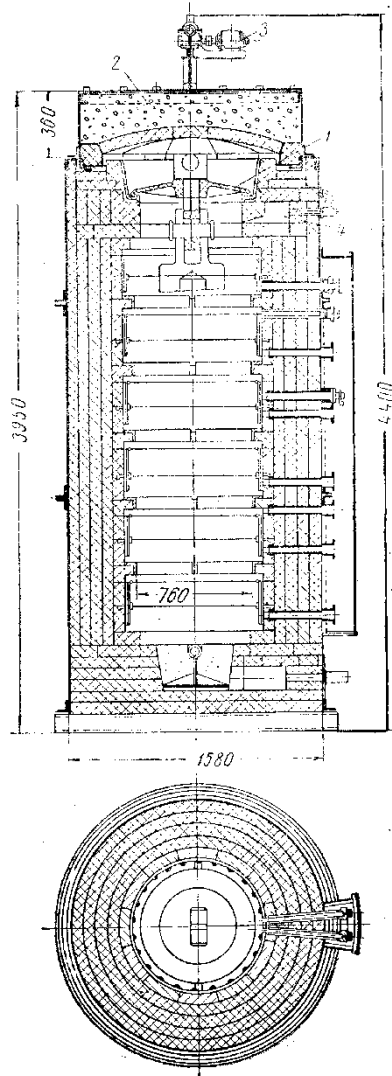


Рисунок 3 – Вертикальная электрическая печь Ш -70

Литература

1. Твердотельное реле / wikipedia [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/Твердотельное_реле– Дата доступа: 8.5.2019.
2. RELE DE ESTADO SOLIDO: DIAGRAMA DE CONEXIONES PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO / wikicomo.es [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://wikicomo.es/rele-de-estado-solido-diagrama-de-conexiones-principio-de-funcionamiento.html/>. – Дата доступа: 5.5.2019.
3. Твердотельные реле / электросам.ру [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://electrosam.ru/glavnaja/jelektrooborudovanie/ustrojstva/tverdotelnye-rele/>– Дата доступа: 5.5.2019.
4. Соколов, К. Н Оборудование термических цехов / К. Н. Соколов // Государственное научно-техническое издательство машиностроительной литературы. - Москва, 1957. - Гл. 7. - С. 111.

УДК 621.3

ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ГЕНЕРАТОРЫ

Ермолинская Л.Э., Пармоник Н.С.

Научный руководитель – к.т.н., доцент Константинова С.В.

Огромное количество электронных устройств потребляет электрическую энергию. Находясь в пути, приходится возить с собой химические источники тока или вырабатывать электричество из механической энергии с помощью сложных и громоздких приспособлений.

Термоэлектрический генератор – это прибор, получающий электрическую энергию из тепла.

Термоэлектрические генераторы применялись в качестве источников питания при лабораторных исследованиях, однако делались попытки применять их также и для других целей. Так, например, в «Почтово-Телеграфном Журнале» за 1899 г. была помещена заметка, в которой говорилось об использовании для питания двух маломощных 16-свечных электрических лампочек, термоэлектрического генератора, представлявшего собой печь с двойными стенками, в пространстве между которыми размещалось большое число термопар из никеля и сплава сурьмы с цинком.

Наиболее известным термоэлектрическим генератором того периода является работавшая на газе батарея Гюльхера, выпускавшаяся промышленностью и использовавшаяся для зарядки аккумуляторов. Вследствие очень низкого КПД всех существовавших тогда конструкций термоэлектрических генераторов (десятые доли процента) интерес к ним ослабел, как только были изобретены имевшие значительно более высокий КПД электродинамические генераторы, которые и используются с начала века до настоящего времени в установках для получения электрической энергии из тепловой.

Коэффициент полезного действия современных крупных электростанций достигает 20 - 30%, а у самых неэффективных маломощных установок составляет примерно 5%. Насколько экономичнее такие установки термоэлектрических генераторов, видно из того, что по расчету, произведенному в 1922 г., стоимость электроэнергии в городах Европы была в 37 раз ниже стоимости количества газа, которое необходимо было сжечь для получения такого же количества электроэнергии при помощи термоэлектрического генератора, имевшего КПД 0,5%. Делались попытки применения термоэлектрических генераторов для использования бесполезно теряющегося тепла отходящих газов в различных промышленных установках, однако они не дали существенных результатов. Считалось, что термоэлектрические генераторы целесообразно применять лишь в качестве маломощных источников питания при некоторых лабораторных исследованиях. Особенно привлекала внимание идея использовать термопары для превращения энергии солнечных лучей в электрическую.

Мощность современных ТЭГ колеблется от нескольких микроватт до нескольких десятков киловатт, КПД преобразования - от 2 до 10%, срок службы

- от 1 года до 25 лет, стоимость установленной мощности - от \$12 до \$190 на 1 Вт. Для дачников, рыбаков, охотников, геологов, туристов, альпинистов, предлагаются ТЭГ мощностью от 4,5 до 12 Вт выполненные в виде настольной лампы или походных котелков, являющихся источниками постоянного тока. Их можно использовать для освещения, подзарядки аккумуляторов, питания радиоприемников, телевизоров, радиостанций, магнитофонов, компьютеров. Источниками тепла для них являются газовая горелка или плита, примус, печка, костер и т.д. Для катодной защиты магистральных нефтепроводов и газопроводов от коррозии и для питания различной контрольно-регулирующей аппаратуры используются термоэлектрические генераторы мощностью до 150 Вт, работающие на природном и попутном газе.

Компания BioLite разработала новую модель для походов, позволяющую готовить пищу в компактной переносной печке на дровах и одновременно заряжать мобильное устройство от встроенного ТЭГ (рисунок 1).



Рисунок 1. Компактная переносная печка на дровах

При сгорании в топке топлива тепло передаётся через стенку модулю, который вырабатывает электричество (рисунок 2). При напряжении 5В, мощность на выходе составляет 2-4 Вт, чего вполне хватает для зарядки многих типов мобильных устройств и работы освещения на светодиодах. Красной стрелкой изображено направление движения тепла, синей – холодного воздуха в топку, жёлтыми – подача электричества на вращение вентилятора подсоса воздуха и на выход генератора через USB.

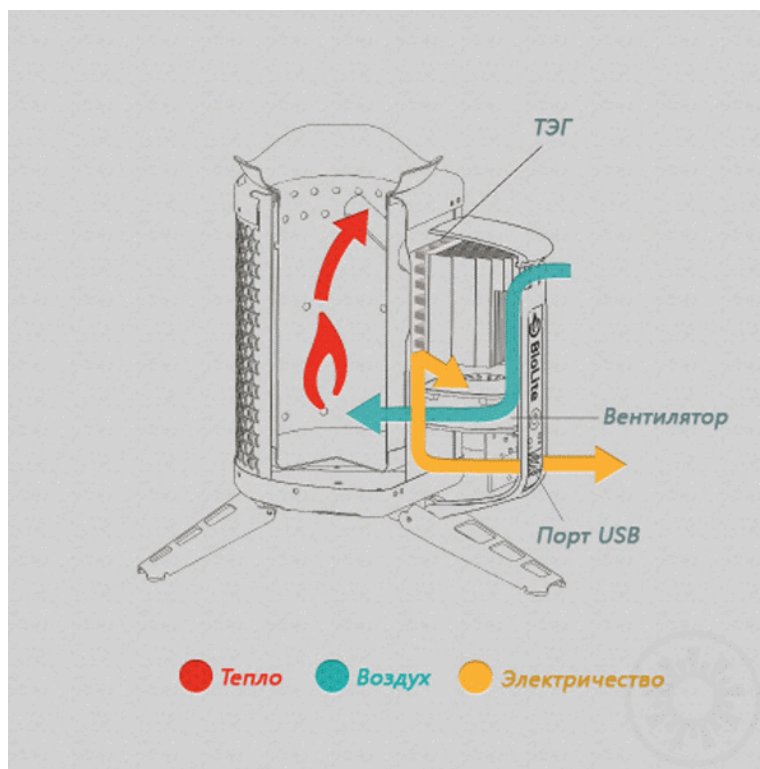


Рисунок 2. Схема работы ТЭГ компании BioLite на дровах

Достоинства ТЭГ:

- большой срок службы;
- высокая надежность;
- стабильность параметров;
- вибростойкость.

Недостатки ТЭГ:

- невысокие относительные энергетические показатели: удельная масса 10-15 кг/кВт, поверхностная плотность мощности 10 кВт/м², объемная плотность мощности 200-400 кВт/м³ и сравнительно низкий КПД преобразования энергии (5-8%).

Ожидается, что спрос на бытовое потребление ТЭГ вырастет на 14 %. Перспективы развития термоэлектрической генерации опубликовал Market Research Future, издав документ «Глобальный отчет по исследованию рынка термоэлектрических генераторов - прогноз до 2022 года» - анализ рынка, объем, доля, ход, тенденции и прогнозы. Доклад подтверждает перспективу ТЭГ в утилизации автомобильных отходов и системах совместного производства электроэнергии и тепла для бытовых и промышленных объектов.

Географически глобальный рынок термоэлектрических генераторов был разделен на Америку, Европу, Азиатско-Тихоокеанский регион, Индию и Африку. АТР считается самым быстрорастущим сегментом в области внедрения рынка ТЭГ.

Среди этих регионов Америка, по оценкам экспертов, является основным источником доходов на глобальном рынке ТЭГ. Ожидается, что увеличение спроса на экологически чистую энергию повысит спрос на него в Америке.

Европа также будет демонстрировать относительно быстрый рост в течение прогнозируемого периода. Индия и Китай будут наращивать потребление значительными темпами из-за увеличения спроса на транспортные средства, что приведет к росту рынка генераторов.

Компании по производству автомобилей такие, как Volkswagen, Ford, BMW и Volvo в сотрудничестве с NASA, уже приступили к разработке мини-ТЭГ для системы регенерации тепла и экономии топлива в автомобиле.

Литература

1. Электрическая машина /// Большая Советская Энциклопедия. Изд. 3-е. Т. 30. Экслибрис –Яя. –М.: Советская энциклопедия, 1978. –632 с.
2. Электрические машины нового поколения / В.А. Ручкин. –К.: Знания Украины, 2013. –19 с. –Библиогр.: с.19

УДК 621.3

К ВОПРОСУ СНИЖЕНИЯ ПОТЕРЬ ХОЛОСТОГО ХОДА ТРАНСФОРМАТОРОВ СЕРИИ ТМГ

Веселов Ю.В.

Научный руководитель – к.т.н., доцент Константинова С.В.

Предметом исследования является модернизация традиционной конструкции силового трансформатора серии ТМГ. Внедрение технических новшеств с целью повышения энергетической эффективности как правило ведется по двум основным направлениям: уменьшение потерь холостого хода и уменьшение потерь короткого замыкания.

Рассмотрим возможные меры по повышению энергоэффективности трансформаторов на примере особенностей изготовления главного узла трансформатора, определяющего его параметры холостого хода - магнитопровода. [1]

От материала и конструкции магнитопровода в значительной степени зависит величина потерь холостого хода трансформатора. Для изготовления магнитопроводов используется листовая трансформаторная сталь, обладающая высокой магнитной проницаемостью и малыми потерями в переменном магнитном поле.

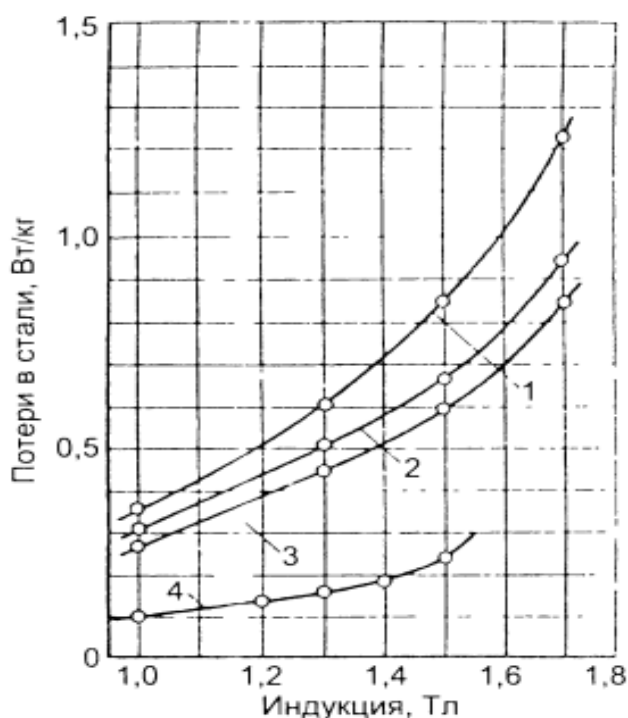


Рисунок 1 – Потери в стали при частоте 50 Гц: 1- обычная сталь (толщина листа 0,3 мм); 2 – сталь марки Ni-B холоднокатанная (толщина листа 0,23 мм); 3 – сталь марки Ni-B, обработанная лазером (толщина листа 0,23 мм); 4 – аморфная сталь (0,13 мм)

По структурному состоянию трансформаторная сталь подразделяется на горячекатаную, холоднокатаную и аморфную. Для оценки влияния свойств трансформаторной стали, применяемой в магнитопроводах силовых трансформаторов, на потери холостого хода была проанализирована

зависимость потерь холостого хода от магнитной индукции масляных трансформаторов с магнитопроводами из различных сталей. В результате были получены графики зависимости потерь холостого хода от величины магнитной индукции в разных сталях $P_x = f(B, Tл)$, которые представлены на рисунке 1.

Из рисунка видно, что наибольшие потери холостого хода имеют место в трансформаторах с магнитопроводами из горячекатаной стали (кривая 1). Это обусловлено высокими потерями на гистерезис, которые составляют 60–76 % от суммарных потерь в стали. Холоднокатаная сталь имеет повышенную магнитную проницаемость и уменьшенные потери за счет уменьшенных потерь на гистерезис. При использовании магнитопроводов из холоднокатаной стали потери холостого хода в трансформаторах (кривая 2) уменьшаются в 3–4 раза по сравнению с трансформаторами с магнитопроводами из горячекатаной стали. При этом качество выпускаемой холоднокатаной стали постоянно повышается. В результате, как показывает анализ, потери холостого хода в трансформаторах за последние 20 лет снизились на 21 % (кривая 3) за счет применения улучшенной трансформаторной стали. Вместе с тем, существенно снизить потери холостого хода трансформаторов можно за счет перехода на магнитопроводы из так называемой аморфной стали. Эта сталь имеет некристаллическую структуру и характеризуется высокой магнитной проницаемостью и малыми удельными потерями. Поэтому при использовании аморфной стали потери холостого хода трансформаторов (кривая 4) оказываются в 4–5 раз меньше, чем при холоднокатаной.

Литература

1. Воротницкий, потери электроэнергии в электрических сетях. Структура и мероприятия по снижению / Новости электротехники. – 2002. – № 4. – С. 21–25.3

УДК 621.3

СИСТЕМЫ ДИСПЕТЧЕРИЗАЦИИ И КОНТРОЛЯ ИНЖЕНЕРНЫХ СИСТЕМ

Поливиенок А.С.

Научный руководитель – старший преподаватель Колосова И.В.

Инженерные системы, используемые в настоящее время – это комплекс сложнейших коммуникаций и инновационного оборудования, для контроля которых необходимы высокоэффективные автоматические системы диспетчеризации.

Диспетчеризация (от английского слова dispatch – быстро выполнять) – централизация оперативного контроля и управления в энергетических, промышленных предприятиях, объектах управления жилищным хозяйством и газового хозяйства, основанная на применении современных средств передачи и обработки информации. Диспетчеризация обеспечивает согласованную работу отдельных звеньев управляемого объекта в целях повышения технико-экономических показателей, ритмичности работы, лучшего использования производственных мощностей, контроль с целью предупреждения возникновения аварийных ситуаций. Система позволяет вести оперативный учет потребления энергоресурсов и контролировать параметры инженерного оборудования. Когда оборудование расположено на подстанции без постоянного обслуживающего персонала или другом удаленном месте, возникает необходимость удаленного контроля и управления с центрального диспетчерского пункта. Также необходимо ведение записей состояния оборудования, отклонение от нормы его параметров с возможностью дальнейшей архивации и просмотра данных за любой период времени [1].

Диспетчеризация охватывает инженерные системы:

- трансформаторные подстанции, мощные источники бесперебойного питания (ИБП), устройства распределения электроэнергии, дизельные электростанции;
- освещение (внутреннее и наружное);
- узлы учета энергетических ресурсов;
- котельные установки и индивидуальные тепловые пункты, образующие систему теплоснабжения;
- элементы вытяжной вентиляции (ВВ) и приточной вентиляции (ПВ), центральные кондиционеры и кондиционеры-доводчики (фанкойлы, тепловые завесы, регуляторы воздушного потока);
- холодильные центры и станции холодоснабжения;
- охранно-пожарная сигнализация (средства дымоудаления, огнезащитные клапаны, системы водяного и газового пожаротушения и т.п.);
- отдельные скважины и водозаборные узлы, установки повышения давления;
- холодное водоснабжение (ХВС);
- горячее водоснабжение (ГВС);
- контроль протечек (затопление и дренаж);

- лифтовое хозяйство и эскалаторы;
- системы контроля и управления доступом, видеонаблюдение.

Система диспетчеризации инженерных систем является многоуровневой системой дистанционного контроля и управления (рис.1).

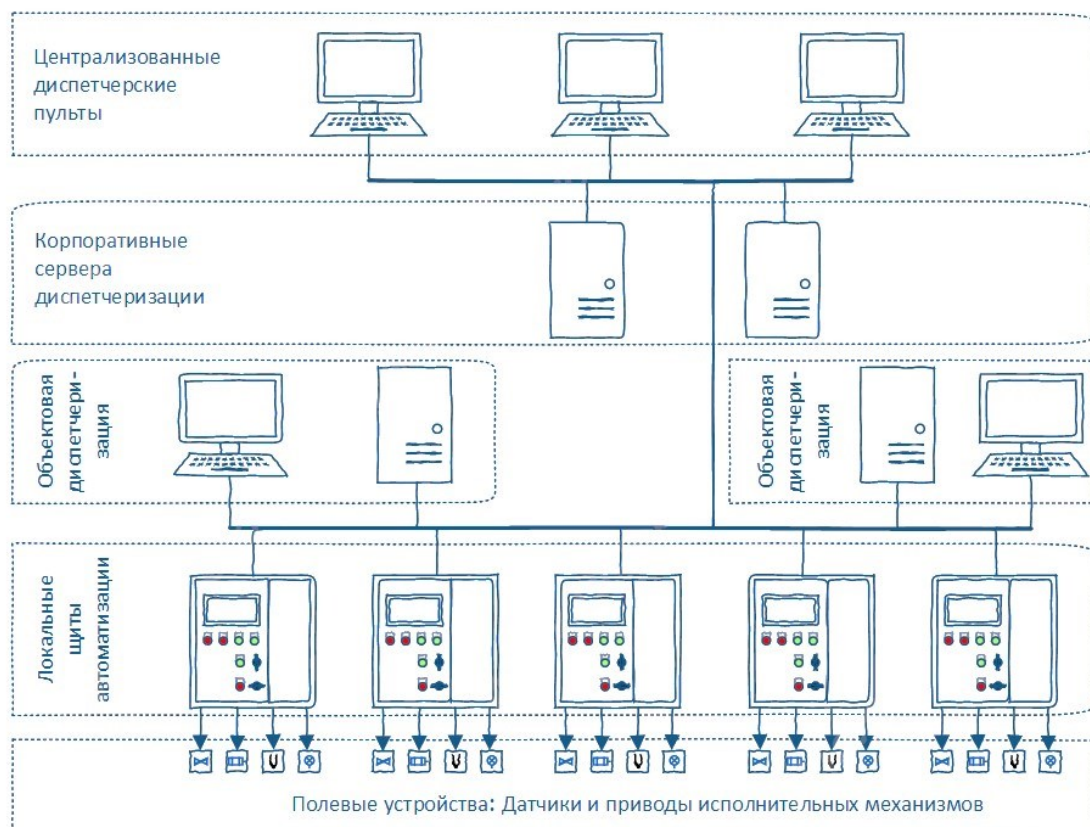


Рисунок 1 Общий принцип построения систем диспетчеризации

В состав системы входят:

- Нижний уровень (полевой уровень): датчики, исполнительные механизмы и кабельная система. Нижний уровень может включать в себя от единиц до тысяч источников сигналов, опрашиваемых датчиков, различных устройств, подключенных по различным типам интерфейсов, передающих информацию к оборудованию среднего уровня.

- Средний уровень: контроллеры, осуществляющие прием и обработку аналоговых, дискретных сигналов и выработку команд управления. Оборудование среднего уровня представляет собой локальные щиты автоматизации, в состав которых входят программируемые контроллеры, модули дискретных, аналоговых входов, релейных входов и выходов. Контроллеры производят преобразование данных, полученных от наблюдаемого оборудования, предварительные расчеты состояния оборудования, формирование пакетов данных, а также сигналов для управляемых устройств. Объект может содержать сотни таких контроллеров в зависимости от структуры и размеров объекта.

•Верхний уровень: централизованные диспетчерские пункты, представленные в виде управляющих компьютеров с прикладным программным обеспечением (автоматизированное рабочее место (АРМ) оператора).

Они запрашивают и получают данные от пунктов объектовой диспетчеризации.

Программное обеспечение, с которым работает оператор, отображает задействованное в системе оборудование в удобном для оператора виде (планировки объекта с указанием на нем размещения оборудования, структурные цепи оборудования по различным подсистемам). Имеется возможность работы с журналами тревог, событий, действий операторов, фильтрации событий в журналах по дате, времени, типу события, виду оборудования. АРМ оператора может задавать параметры работы оборудования, с появлением тревог при выходе параметров за заданные рамки, отображать статистику изменения параметров систем в виде графиков и таблиц [2].

Преимущества диспетчеризации инженерных систем являются: ведение статистики; минимизация энергопотребления, экономия ресурсов; оперирование реальной информацией о состоянии любой из инженерных систем объекта в любое время; увеличение показателей комфорта и безопасности; снижение вероятности преждевременной поломки одной из инженерных систем; уменьшение штата технического персонала без ущерба для эффективности управления системами; контроль времени эксплуатации подконтрольного оборудования, во избежание пропуска планового, профилактического и капитального ремонтов [3].

Литература

1. Системы автоматизации, диспетчеризации и удаленного управления [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://ru.teplowiki.org/wiki/images/8/8c/Системы_автоматизации,_диспетчеризации_и_удаленного_управления.pdf
2. Диспетчеризация инженерных систем предприятий и зданий [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://en-res.ru/asutp/dispatching.html>
3. Диспетчеризация инженерных систем [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.system-p.ru/dispatcherizaciyaingzhenernyhsistem>

УДК 621.311

ГЕОТЕРМАЛЬНЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ

Вечёрко А.В.

Научный руководитель – ассистент Казак Д.А.

В современном мире особое внимание уделяется экологическим процессам, в первую очередь связанным с деятельностью человека. Наибольшую опасность представляет парниковый эффект, который ведет к глобальному потеплению климата. Учёными доказано, что основной причиной являются выбросы в окружающую среду, которые образуются при сгорании углеводородов. В свою очередь человечество работает над поиском источников энергии, которые оказывают наименьшее воздействие на атмосферу, - возобновляемые источники энергии. Одним видом из которых является геотермальная энергетика.

Геотермальная энергия (ГЭ)- это энергия тепла, которое выделяется из внутренних зон Земли на протяжении сотен миллионов лет. По данным исследований, температура в ядре Земли достигает 3 000-6 000 °С, постепенно снижаясь от центра планеты к ее поверхности. Извержение тысяч вулканов, землетрясения, движение блоков земной коры, свидетельствуют о действии мощной внутренней энергии Земли. Ученые считают, что тепловое поле нашей планеты обусловлено радиоактивным распадом в ее недрах.

Геотермальные источники энергии разделяют на два вида:

- гидротермальные (образуется за счет теплых источников)
- петротермальные (образуется за счёт разницы температур на поверхности и в глубине земли)

Человек может использовать геотермальную энергию только там, где она проявляет себя близко к поверхности Земли. Сейчас геотермальную энергию эффективно используют такие страны, как США, Италия, Исландия, Мексика, Япония, Новая Зеландия, Россия, Филиппины, Венгрия, Сальвадор. Здесь внутреннее земное тепло поднимается к самой поверхности в виде горячей воды и пара с температурой до 300 °С и часто вырывается наружу как тепло фонтанирующих источников (гейзеры), например, знаменитые гейзеры Йеллоустонского парка в США, гейзеры Камчатки, Исландии.

Можно выделить четыре основных типа ресурсов геотермальной энергии: поверхностное тепло земли, используемое тепловыми насосами;

- энергетические ресурсы пара, горячей и теплой воды у поверхности земли, которые сейчас используются в производстве электрической энергии;
- теплота, сосредоточенная глубоко под поверхностью земли (возможно, при отсутствии воды);
- энергия магмы и теплота, которая накапливается под вулканами.

Горячие источники, гейзеры служат основным компонентами в производстве электричества. Для этого применяется несколько схем, сооружаются специальные электростанции. Устройство геотермальной станции (Рисунок 1):

- Бак ГВС

- Насос
- Газоотделитель
- Паросепаратор
- Генерирующая турбина
- Конденсатор
- Повысительный насос
- Бак – охладитель

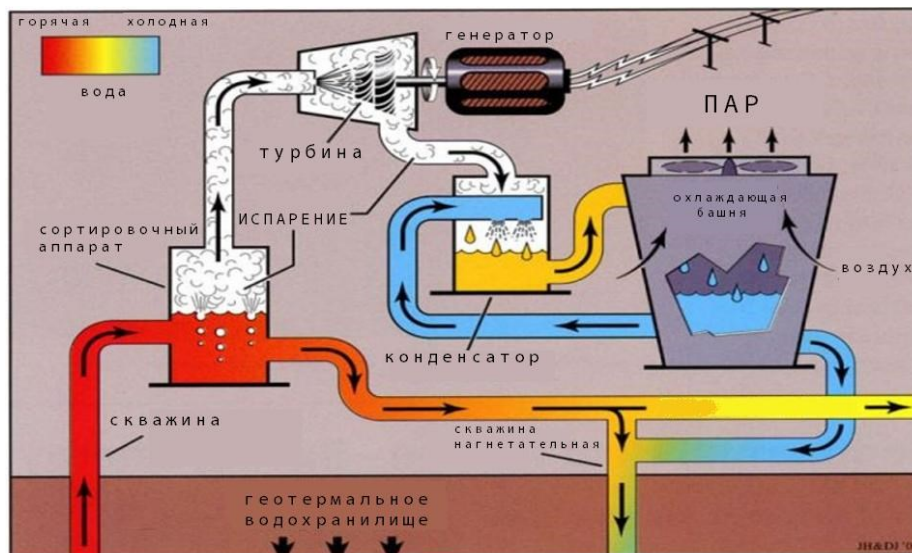


Рисунок 1 – Устройство геотермальной станции(ГТС)

Таким образом основным элементом схемы, является паровой преобразователь. Это позволяет получать очищенный пар. Существует возможность применение смешанной схемы в технологическом цикле, то есть вода и пар участвуют в процессе. Жидкость проходит всю стадию очистки от газов, так же, как и пар.

Выделяют следующие достоинства и недостатки ГЭ.

Недостатки:

- угроза выброса вредных газов, содержащихся в геотермальных ресурсах в атмосферу. И причиной этому может быть возможная авария, которая возникает по причине расположения станций в местах сейсмологической активности.

Достоинства:

- Бесконечность ресурсов
- Независимость от погоды, климата и времени
- Многогранность применения
- Экологически безопасна
- Низкая себестоимость
- Обеспечивает энергонезависимость государству
- Компактность оборудования станций

Первый фактор самый основной, побуждает изучать такую отрасль, поскольку альтернатива нефти достаточно актуальна. Отрицательные

изменения на нефтяном рынке усугубляют глобальный экономический кризис. При работе установок не загрязняется внешняя среда, в отличие от других. Да и сам по себе цикл не требует зависимости от ресурсов и его транспортировки к ГТС. Комплекс сам себя обеспечивает и не зависит от других. Это огромный плюс для стран с низким уровнем полезных ископаемых.

Недостатки:

- угроза выброса вредных газов, содержащихся в геотермальных ресурсах в атмосферу. И причиной этому может быть возможная авария, которая возникает по причине расположения станций в местах сейсмологической активности.

- дороговизна разработок и строительство станций

- химический состав требует утилизации. Её нужно сливать обратно в недра или океан

- выбросы сероводорода

Выбросы вредных газов очень незначительны и не сопоставимы с другими производствами. Оборудование позволяет эффективно удалять его. Отходы сбрасываются в землю, где оборудованы колодцы специальными цементными каркасами. Такая методика позволяет исключить возможность загрязнения грунтовых вод. Дорогие разработки имеют тенденцию к уменьшению, так как прогрессирует их усовершенствование. Все недостатки тщательно изучаются, ведется работа по их устранению.

Таким образом, можно сделать вывод, что геотермальные источники энергии являются перспективным направлением развития и, в последствии. Могут возрасти мощности ГТС, что в свою очередь может уменьшить мощности других видов станций, что сократит выбросы углекислого газа и уменьшит парниковый эффект.

УДК 621.3

ВЛИЯНИЕ ОТКЛОНЕНИЙ НАПРЯЖЕНИЯ НА ЭЛЕКТРОПОТРЕБЛЕНИЕ ОСВЕТИТЕЛЬНЫХ УСТАНОВОК ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПОМЕЩЕНИЯ

Семенюк К.Ю.

Научный руководитель – старший преподаватель Колосова И.В.

В осветительных установках производственных помещений применяются газоразрядные лампы низкого давления (ГЛНД), газоразрядные лампы высокого давления (ГЛВД) и светодиодные лампы. Основными характеристиками электропотребления являются такие характеристики, как номинальная мощность $P_{ном}$ и коэффициент мощности ($\cos\phi$). Значение этих показателей приводятся в справочной литературе при номинальном подведенном напряжении. Однако, из-за потери напряжения в электрических сетях, не все световые приборы работают при номинальном напряжении.

Среди ГЛВД широкое применение в осветительных установках производственных помещений получили дуговые ртутные люминесцентные (ДРЛ) лампы и лампы типа ДРИ (дуговые ртутные с излучающими добавками). В настоящее время наблюдается постепенный отказ от ламп типа ДРЛ и ДРИ в пользу светодиодов, так как они не содержат вредные материалы, прежде всего, ртути, что не требует дополнительных затрат на утилизацию ламп. Использование светодиодных источников света снижает затраты на электроэнергию. Низкое энергопотребление светодиодов обусловлено несколькими факторами. Так, например, угол света светодиодов не превышает 180 градусов, в отличие от ламп типа ДРЛ и ДРИ с углом света 360, что обуславливает высокий КПД (не менее 90%). В большинстве существующих технологий присутствует, разогрев какого-либо тела или области, на что требуется дополнительные затраты энергии. Светодиоды имеют высокий коэффициентом мощности – до 1. Еще одной возможностью экономии электроэнергии при использовании светодиодом является диммирование (регулировка яркости лампы). Для сравнения сведем в таблицу 1 основные характеристики ламп.

Таблица 1

Параметры рассматриваемых типов ламп

	Тип	Номинальная мощность, Вт	Средняя продолжительность горения, часов	Световой поток, Лм
ДРЛ	ДРЛ-125	125	12000	6000
	ДРЛ-250	250	12000	13000
ДРИ	ДРИ-250	250	10000	19000
СД	аналог ДРЛ-125	40	до 100000	2500
	аналог ДРЛ-250	80	до 100000	5000

Зависимость потребляемой мощности электроприемников от напряжения можно проанализировать с помощью статических характеристик. Статистические характеристики по активной мощности ламп типа ДРЛ, ДРИ и

ЛЛНД приводятся в [3]. Отсутствует такая информация для натриевых ламп типа ДНаТ, ксеноновых ламп и светодиодных источников света.

Анализ изменения мощности, потребляемой газоразрядными лампами при регулировании напряжения на их зажимах, следует проводить для комплекта лампа - пускорегулирующий аппарат (ПРА). Объясняется это тем, что основная доля дополнительной мощности, потребляемой комплектом лампа-ПРА в режиме превышения напряжения над номинальным, приходится именно на балластное сопротивление ПРА. Поскольку балластное сопротивление значительно больше активного сопротивления лампы, при повышении напряжения мощность, потребляемая лампой, меняется незначительно. В качестве балласта в световом приборе, как правило, используется дроссель, представляющий собой катушку индуктивности со стальным сердечником. Дроссель служит также для создания зажигающего импульса за счет ЭДС самоиндукции. Он уменьшает паузы переменного тока и, следовательно, пульсацию светового потока, создаваемого лампой. В то же время дроссель потребляет реактивную мощность. Естественный коэффициент мощности световых приборов с газоразрядными источниками света $\cos\varphi=0,5-0,6$. Однако, использование групповой или индивидуальной компенсации позволяет увеличить $\cos\varphi$ до значений 0,9-0,95. Потери активной мощности в стали и обмотке дросселя составляют 10-20% номинальной мощности светового прибора.

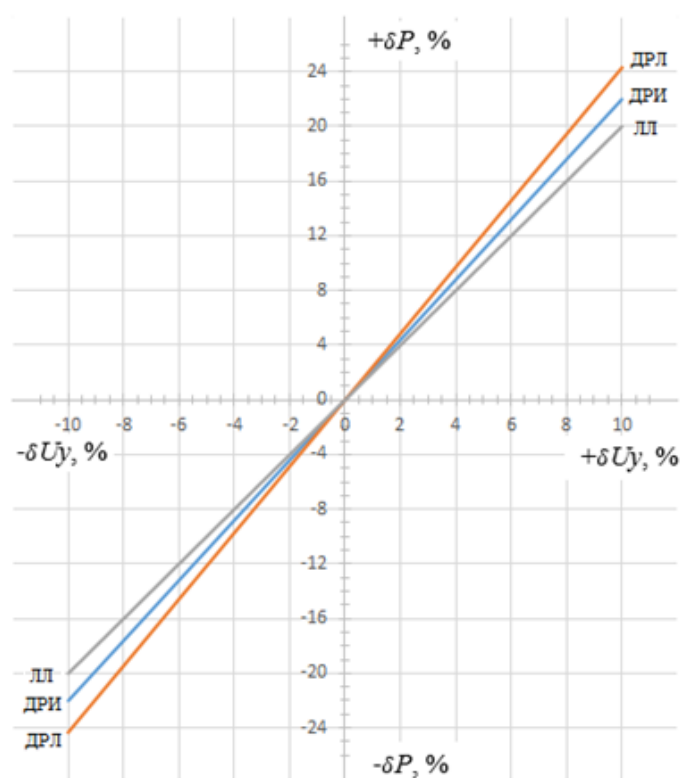


Рисунок 1. Изменение потребления активной мощности источников света при отклонении напряжения от номинального значения: ЛЛ – люминесцентные лампы низкого давления

Потребление реактивной мощности световыми приборами может быть значительным и влиять на параметры электропотребления не только ОУ, но и системы электроснабжения объекта в целом.

На рисунке 1 представлены графические зависимости, отражающие изменения потребления активной мощности, при отклонении подведенного напряжения в диапазоне $\pm 10\%$ от номинального значения для разных источников света.

Данные исследований, приведенные в таблицах 2 и 3, показывают, что комплекты с лампами типа ДРЛ и ДРИ(с компенсированными ПРА) чувствительны к изменению напряжения.

Таблица 2

Потребляемая активная мощность комплекта «ПРА-лампа»

Тип лампы	$P_{ном}$, Вт	$U_{ном}$, В	$P_{пном}$, Вт	Напряже- ние, В		Активная мощность, Вт		Активная мощность, %	
				U_{min}	U_{max}	P_{min}	P_{max}	P_{min} , %	P_{max} , %
ДРЛ	125	220	139,5	207,0	253,0	119,1	191,0	85,4	136,9
ДРИ (комп. ПРА)	250	230	264,9	207,1	254,0	214,4	323,0	80,9	116,0

Таблица 3

Потребляемая реактивная мощность комплекта «ПРА-лампа»

Тип лампы	$P_{ном}$, Вт	$U_{ном}$, В	$Q_{пном}$, вар	Напряжение, В		Реактивная мощность, вар		Реактивная мощность, %	
				U_{min}	U_{max}	Q_{min}	Q_{max}	Q_{min} , %	Q_{max} , %
ДРЛ	125	220	202,5	207,0	253,0	163,5	316,0	80,7	156,0
ДРИ (комп. ПРА)	250	230	72,5	207,1	254,0	42,2	138,6	58,2	191,2

Анализируя таблицы 2 и 3 можно сделать вывод, что при изменении напряжения потребление реактивной мощности изменяется сильнее, чем активной. Что может привести к недокомпенсации или перекомпенсации реактивной мощности.

В тоже время уже созданы светодиодные источники света с эффектом компенсации реактивной мощности. Особенность новых осветительных приборов заложена в драйвере, питающем светодиодную матрицу светильника. Драйвер светодиодного промышленного светильника – компенсатора реактивной мощности содержит конденсаторный делитель напряжения, охваченный высокоомными разрядными резисторами, неуправляемый выпрямитель со стабилизирующим устройством и светодиодную матрицу.

Поэтому вырабатываемая светильником реактивная мощность носит ёмкостной характер, а сам светильник, генерируя световой поток как осветительный прибор, становится ещё и дополнительным источником реактивной мощности в сети потребителя. Так же светодиодные светильники могут потреблять реактивную мощность.

Для светодиодных источников света отсутствуют статистические характеристики по мощности, поэтому для сравнения приведем данные имеющихся исследований светодиодной лампы 6 Вт [2] и светильника L-school 16/1500/Д [4]. Результаты экспериментов сведем в таблицу 3.

Таблица 4

Экспериментальные характеристики светодиодных источников света

Физические параметры	Светодиодная лампа 6 Вт					Светодиодный светильник типа L-school 16/1500/Д				
U , В	190	200	210	220	230	200	210	220	230	240
P , Вт	4,33	4,54	5,00	5,43	5,76	15,5	15,5	15,5	16,0	16,0
Q , вар	13,9	14,9	17,0	18,1	20,5	-5,0	-5,5	-5,5	-6,5	-7,5

Исследование светодиодной лампы 6 Вт [2] светодиодных источников света показывает, что отклонения напряжения от номинального значения влияет на коэффициент активной мощности, что приводит к увеличению потребления не только активной мощности, но и реактивной. При понижении напряжения на зажимах светодиодной лампы на 14% (190 В) от номинального значения, реактивная мощность превышает активную мощность в 3,2 раза. А при повышении +5% (230 В) реактивная мощность превышает активную в 3,6 раз.

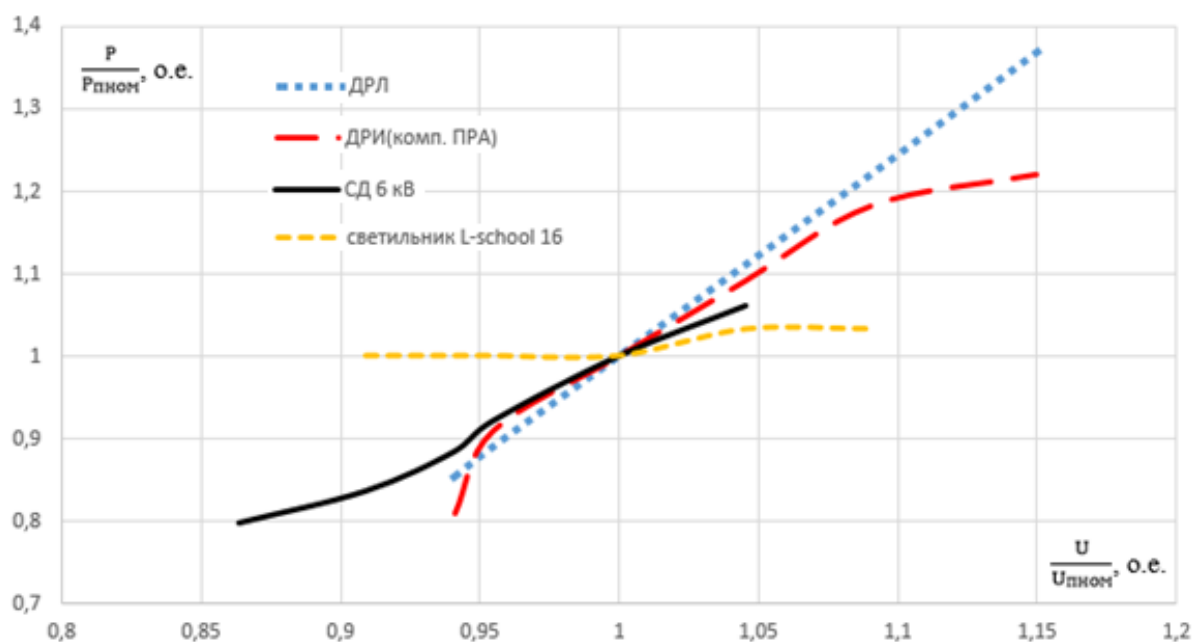


Рисунок 2. Зависимость относительной активной мощности различных источников света от относительного подведенного напряжения

Эксперимент, описанный в [4] показывает, что при использовании комплекта «драйвер – светодиоды», изменение напряжения в допустимых

пределах практически не влияет на величину потребляемой активной мощности. Так же исследуемые приборы освещения не потребляли, а генерировали реактивную мощность, что не было указано в паспорте световых приборов. При этом изменение напряжения от 200 до 240 В генерируемая реактивная мощность увеличилась на 50%.

На рисунках 2 и 3 представлены графические зависимости активной и реактивной мощностей от напряжения, построенные по данным таблиц 2, 3 и 4.

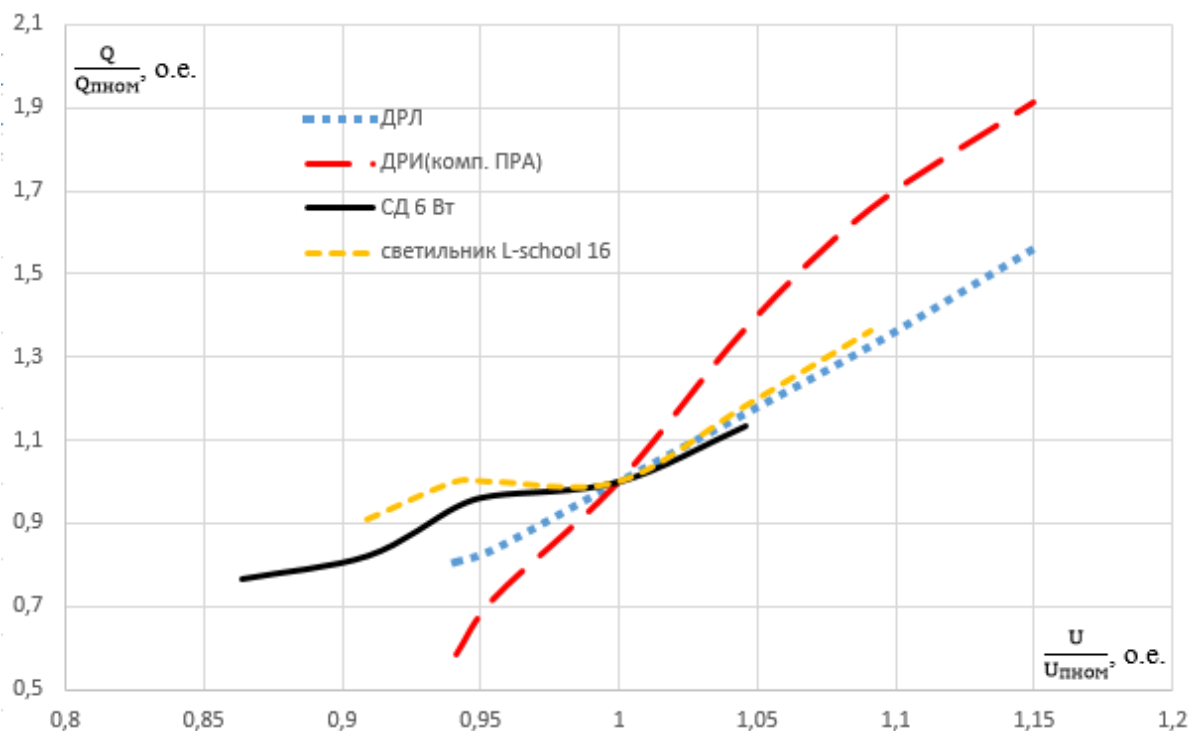


Рисунок 3. Зависимость относительной активной мощности различных источников света от относительного подведенного напряжения

Из графиков видно, что светодиодные источники света обладают большей устойчивостью к изменению напряжения, чем лампы типа ДРЛ и ДРИ активная и реактивная мощность светодиодных источников света обладают наименьшей чувствительностью к изменению напряжения. Согласно исследованиям, представленным в [1], влияние напряжения на потребление активной и реактивной мощностей индивидуально для каждого светодиода. Однако, после нагрева лампы до устойчивой температуры, что занимает около 30 минут, колебания напряжения в диапазоне $\pm 10\%$ приводят к изменению активной потребляемой мощности всего на 2-4 % независимо от того, какой тип светодиода используется.

Вывод

1. Активная и реактивная мощности газоразрядных ламп высокого давления типа ДРЛ и ДРИ зависит от уровня питающего напряжения, что влияет на эффективность работы таких источников света.

2. Колебания напряжения в допустимых пределах практически не влияют потребление активной мощности светодиодных источников света. Но оказывают влияние на коэффициент мощности, что приводит к изменению реактивной мощности. Светодиодные светильники могут, как потреблять, так и

генерировать реактивную мощность, что необходимо учитывать при расчете компенсации реактивной мощности.

Литература

1. Bichik, A. Impact of Voltage Variation on Domestic and Commercial Loads. Master's thesis. Aalto University. 2016.
2. Таваров, С. Ш. Влияние отклонения напряжения на электрические величины осветительных ламп / С. Ш. Таваров, Г. Х. Маджидов // Международный научно-исследовательский журнал. 2016. № 11 (53). С. 117–119
3. Оценка и повышение эффективности работы осветительных установок промышленных предприятий /В. А. Анищенко [и др.]. – Минск: БНТУ, 2014. – 218 с.
4. Радкевич, В. Н. Характеристики электропотребления светодиодных световых приборов и их учет при расчете электрических сетей //В.Н. Радкевич, Я. В. Михайлова. – Энергетика. Изв. ВУЗов и энергетических объединений СНГ. - Том 59, 2016. – 4. С. 289–300.

УДК 621.3

СВЕТОДИОДЫ LED ПО ТЕХНОЛОГИИ COB

Лапшевич В.П., Сехович Е.П.

Научный руководитель - к.т.н. Горностай А.В.

Освещение – важное условия для работы и комфорта человека. Долгое время применялись в качестве источников света лампы накаливания, потом люминесцентные лампы, для мощных прожекторов и фонарей использовали галогеновые лампы, ДРЛ и ДНаТ. В XXI веке произошла смена поколений осветительных приборов, и рынок более чем на половину занимают светодиодные светильники, их часто называют на LED-светильниками или лампами. В зависимости от конструкции и мощности они представляют собой либо светодиодные COB-матрицы, либо сборки из отдельных светодиодов.

Первые LED-светильники и лампы строились на базе 5-мм выводных светодиодов. Они не отличались высокой энергоэффективностью, ценой и надежностью, но это была первая ступень в развитии нового источника света. Долгое время такие светодиоды применялись в качестве индикаторов бытовой и промышленной техники и в качестве излучателей для носимых фонариков.

Позже их заменили светодиоды, выполненные в безвыводных корпусах, так называемые SMD (surface mounted device, рус. приборы для поверхностного монтажа). Если 5 мм светодиоды монтировались в плату через отверстия, то SMD запаиваются прямо на поверхность платы, что ускоряет их сборку и снижает стоимость светильника. У них вместо ножек расположены контактные металлические площадки, от 2 и более штук, в зависимости от количества цветов и кристаллов в одном корпусе.

В общем случае выделяют три типа светодиодов:

1. Выводные (3, 5, 10 мм – диаметр колбы и прочие).
2. SMD светодиоды.
3. COB светодиоды – это матрицы из кристаллов расположенных на плате под единым слоем люминофора. Расшифровывается, как **Chip-On-Board**, рус. чипы на плате. Их внешний вид показан на рисунке 1.



Рисунок 1 – Внешний вид светильника на светодиодах COB

Светодиоды такого типа призваны решить несколько проблем, которые возникают при использовании светодиодов старых типов. К примеру, обычные светодиоды большой мощности обладают слепящим свойством. Такую проблему решают SMD светодиоды, при этом возникает другая. Свет

недостаточно распределен, и привыкнуть к такому свету может быть достаточно трудно. С одной стороны, уловить эту разницу очень сложно, но с другой, для мозга это создает некоторые трудности восприятия. Это пройдет, как только он приспособится к такому освещению. Это может занимать разное время для разных людей. В среднем несколько дней. Однако, даже приспособившись, свет будет все равно казаться немного нереалистичным.

На **СОВ светодиоды** возлагают надежды на этот счет, надеясь с их помощью решить проблему неравномерного освещения. Обладая самой большой мощностью, такие светодиоды выдают самый сильный световой поток. Что интересно, большая яркость, равномерность рассеивания тепла и улучшенная цветопередача обеспечиваются более простой конструкцией, поэтому они широко применяются в обливных прожекторах, светодиодных трубках, лампах и светильниках точечного подсвета. СОВ светодиоды на керамической плате отличаются высокоэффективным теплоотводом и предоставляют дополнительную изоляцию.

Технология производства **СОВ светодиодов** достаточно сложна и состоит из следующих этапов:

1. Обработка основы клеящим составом.
2. Непосредственное размещение кристаллов на основу.
3. Застывание клеящего состава.
4. Снятие постороннего сора плазменной очисткой.
5. Подключение платы к очень тонким (микронным) кристаллическим контактам.
6. Нанесение смеси люминофора и силикона на основу с контактами.
7. Застывание силиконово-люминофорной смеси.

Основным нюансом, который продолжительное время не давал воплотить в жизнь СОВ-технология, был как раз этот тончайший равномерный слой склеивающего состава. Одним словом, добиться такой технологической толщины слоя, достаточно большой чтобы кристаллы не отваливались, и чтобы был необходимый тепловой контакт кристалла и основы.

Проблема была решена в середине 2009 года китайскими учеными, которые реализовали магнетронно-распылительный способ (magnetron sputtering), при котором слой наносится с точно заданной толщиной. Тепловой же контакт основы и кристалла на выходе гораздо лучше, чем при SMD-технологии.

Новейшая технология называется Multi Chip-onBoard или MCOB (перевод — многочисленные кристаллы на плате) обеспечивает производство матриц со светодиодами, обладающих высокой мощностью.

Можно выделить следующие особенности **СОВ светодиодов**:

- их достаточно легко ремонтировать;
- себестоимость СОВ светодиодов значительно ниже;
- равномерно распределенный свет более приятен для глаза, да и помогает во многих работах, когда не требуется концентрированного света;
- большая мощность, большая яркость и лучшая цветопередача.
- срок службы не менее высок, чем у других светодиодов;

- работать такие светодиоды смогут в широком температурном диапазоне, вплоть до 100°C;
- легкий монтаж и простота использования.

Пример внешнего вида матрицы COB светодиодов показан на рис. 2. Заявленная мощность такой матрицы достигает 100 Ватт, что при применении современных технологий в производстве и нормальное отведение тепла позволяют добиться светоотдачи матрицы в 100–150 лм/Вт. Осветительный контур обычно прямоугольный или круглый с размером от 1 до 3 см. Но можно найти и довольно крупные матрицы размера примерно 4 на 9 см. Это матрицы наружного (уличного) света. При таких габаритах не обладают ненужным ослепляющим свойством.

Производитель обычно указывает срок службы матриц COB до 300 тысяч часов, а изделий с высокой мощностью – до 50 тысяч часов непрерывной работы. Производители мощных светодиодов говорят о сроке службы своей продукции 50 000 часов. Чтобы проверить работу светодиода с заявленным сроком службы в 500 тысяч часов, нужно чтобы он работал 6 лет, в течении этого промежутка времени современная наука сделает новые открытия и эти испытания будут никому не нужны. Поэтому по результатам математического моделирования моделей, прошедших испытания в чрезвычайных условиях, делаются выводы о длительности службы светодиода.



Рисунок 2 – Внешний вид матрицы на светодиодах COB

Самый часто встречающийся пример использования технологии COB – это прожектора заливающего света, которые ставят для освещения рекламных стендов. Например, российская организация «Оптоган» выпускает COB-матрицы серии ОСМ.

Достаточно широко COB технологии используются за границей (Китай, США, страны западной Европы). Наибольшее применение COB-технологии нашли в Швейцарии, в которой благодаря этой технологии по подсчетам специалистов к 2035 году закроется последняя атомная электростанция. В настоящее время там производят 40% «атомной» электроэнергии. В Базельском крупнейшем гипермаркете Manor семь надземных этажей и один подземный этаж полностью освещен трековыми прожекторами швейцарского производителя RD-Leuchten AG. Светоотдачу в таких светильниках выполняют матрицы COB производства Bridgelux. Применение этой технологии сократило

потребление электроэнергии в 2 раза по сравнению с экономичным люминесцентным освещением.

Литература

1. Обзор LED светодиодов по технологии COB: [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://led-obzor.ru/led-svetodiodyi-cob#i-3>

УДК 621.311

НАКОПИТЕЛИ ЭНЕРГИИ

Лычковский С.Н.

Научный руководитель – старший преподаватель Ярошевич Т.М.

Как известно, в энергосистеме существует баланс мощностей - мощность потребленной электроэнергии, в любой момент времени должна быть равна генерируемой мощности.

Режим потребления электрической и тепловой энергии, для различных потребителей разный. Потребление энергии зависит от технологического процесса и производства, от времени суток, месяца и года. Например, на одном предприятии потребление энергии в летнее время уменьшается, из – за снижения осветительных и отопительных нагрузок, а на другом предприятии, наоборот, увеличивается расход электроэнергии из – за резкого увеличения нагрузок на производство, например, холода и создания требуемых условий окружающей среды в помещении.

Изменение потребления энергии в течение определенного отрезка времени отражается с помощью графика нагрузки. Из графиков электропотребления предприятий складывается суммарный график потребления для энергосистемы. Идеальным графиком энергосистемы является прямая линия. При ровном графике электропотребления нагрузка энергосистемы в любое время суток будет равна ее средней величине. Выравнивание графика нагрузки энергосистемы позволяет снизить капитальные затраты на генерирующие мощности электростанций, уменьшить уставленную мощность трансформаторов и сечения проводников питающих линий электропередачи, к уменьшению удельного расхода топлива на выработку электроэнергии и к недоиспользованию основного электрооборудования электростанций.

Регулирование режимов электропотребления промышленных предприятий, упорядочивание графиков работы отдельных агрегатов, варьирование времени ремонтов различных установок, создание запасов сырья с целью изменения времени выполнения некоторых промежуточных операций технологических процессов, применение на предприятии собственных генерирующих источников и тому подобные могут способствовать выравниванию графиков нагрузки электроэнергетической системы.

Эффективной мерой выравниванию графиков нагрузок, осуществляемыми средствами энергетической системы, относится использование накопителей различных видов энергии: в часы провала нагрузки следует запасать электроэнергию, а в часы максимума – использовать ее.

Для того чтобы накопитель обеспечивал дальнейшее использование энергии, он должен включать в себя следующие блоки:

- 1) устройство управление потоком энергии, регулирующее и преобразующее энергию одного рода в другой в соответствии с законом изменения мощности;
- 2) аккумулирующий элемент, непосредственно запаасающий и хранящий энергию.

В энергетике возможно использование нескольких типов аккумулирующих элементов: маховиков, гравитационных установок, конденсаторов, химических и тепловых аккумуляторов, криопроводящих и сверхпроводниковых соленоидов.

Существует два типа устройства управления накопителей энергии: электрическое – управляемый преобразователь; электромеханическое – асинхронизированная синхронная машина, машина постоянного тока или синхронная машина.

Типы накопителей электроэнергии:

Гидроаккумулирующие электростанции (ГАЭС) – старейший тип энергетических установок, получивший широкое применение в энергосистеме разных стран, предназначенных для работы в переменной части графика нагрузки.

Принцип работы ГАЭС: имеются два резервуара с водой, верхний и нижний бьеф, расположенные друг от друга по высоте на несколько десятков метров. В период прохождения провала нагрузки насосная установка ГАЭС перекачивает воду из нижнего бьефа в верхний и происходит ее заряд. Во время прохождения максимума нагрузки ГАЭС работает как обычная гидростанция.

Для ГАЭС характерно, что:

- с увеличением напора снижаются удельные капиталовложения;
- при строительстве ГАЭС с проектной мощностью свыше 2800 МВт, вращающие агрегаты принимают нагрузку в течение нескольких секунд из недогруженного состояния и 1,5 – 2 мин – из нерабочего состояния. Это позволяет ГАЭС выполнять функции частотного и аварийного резерва, кроме того, могут выполнять роль генераторов реактивной мощности при работе в режиме синхронного компенсатора как на холостом ходу, так и в процессе заряда и разряда при перевозбуждении электромашины с отдачей реактивной мощности.

Недостатком ГАЭС, является невысокая удельная энергоемкость, в связи с тем, что при строительстве происходит отчуждение значительных площадей под водохранилище и требуется значительный перепад высот. Значит, существуют специальные требования к месту установки ГАЭС. Возможности строительства ГАЭС в Республике Беларусь практически исчерпаны.

Воздухоаккумулирующие газотурбинные электростанции

Газотурбинные установки (ГТУ) можно использовать в энергосистеме для покрытия пиков нагрузок, аварийного резервирования и для электроснабжения удаленных потребителей. ГТУ часто устанавливают на действующих тепловых электрических станциях.

Газотурбинные электростанции (ГТЭС) могут комплектоваться из двух ГТУ на газовых турбинах и авиационными двигателями. Авиационные двигатели превосходят стационарные ГТУ по времени запуска, надежности и удельной стоимости, но уступают по удельному расходу топлива и по КПД.

Преимущества ГТЭС:

- сокращение капиталовложений в линии электропередач (ЛЭП) от базовых электростанций;

- уменьшение потерь электроэнергии в ЛЭП.

Недостаток ГТУ:

- невысокий КПД установок;
- высокая стоимость топлива, так как приходится импортировать;
- необходимость в проведении защитных мер от загрязнения окружающей среды;
- невозможность учувствовать в заполнении провалов нагрузки.

Однако, для того чтобы уменьшить расход топлива, можно сочетать ГТУ с пневматическими аккумуляторами.

Принцип действия воздухоаккумулирующей газотурбинной электростанции (ВАГТЭС) следующий: в часы прохождения она работает в режиме накопления энергии – воздух с помощью компрессора закачивается в специальное хранилище. В период прохождения пика нагрузки сжатый воздух подается из хранилища в камеру сгорания ГТУ.

Недостатком пневматических установок: специальные требования к их месту установки; невысокий КПД; значительные эксплуатационные расходы.

Магнитогидродинамические электростанции

Магнитогидродинамическое (МГД) генерирование электроэнергии – это получение электричества непосредственно от газового потока, не требующее при этом применение обычных турбин и электрогенераторов. МГД - электростанции целесообразно использовать как пиково – аварийные. Они работают в режиме выдачи 2 – 4 ч в сутки, в остальное время происходит накопление газообразного кислорода в специальных хранилищах.

Достоинство МГД – установок, оптимальные удельные капиталовложения.

Недостатком МГД – электростанций является более узкий диапазон применения МГД – установок, чем у накопителей, а также худшие маневренные свойства.

Тепловые накопители электроэнергии

Тепловые накопители энергии – устройства, в которых путем повышения температуры или изменения состояния рабочего тела вследствие нагревания запасается энергия.

Аккумуляция тепловой энергии имеет четыре основные области применения в энергосистеме:

- аккумуляция теплоты у потребителя для кондиционирования воздуха и нагрева воды;
- аккумуляция теплоты на электростанции для подогрева питательной воды;
- аккумуляция теплоты на электростанции в виде пара, расплавленных солей и т.п.;
- аккумуляция теплоты для горячего водоснабжения и отопления на стороне потребителя.

Теплоаккумулирующие установки могут работать в трех режимах:

- 1) без накопления – часть пара, направляемого в турбину, забирается и используется для подогрева питательной воды котла, благодаря чему повышает общий КПД рабочего цикла;

2) накопления – забирается большая часть пара, чем в первом, причем выходная электрическая мощность установки уменьшается, а избыточный пар используется для подогрева воды в накопителе теплоты;

3) выдачи – горячая вода из накопителя при отключении ее нагревателей используется в качестве питательной воды котла.

Преимуществом тепловых накопителей, является возможность использовать их непосредственно на тепловых и атомных электростанциях, используя их теплотехническое оборудование.

Недостатками тепловых накопителей являются:

- ограниченный КПД;
- небольшое время хранения, связанное с теплопередачей и конвекцией теплоты с поверхности рабочего тела
- значительное время реверса.

Накопители электрической энергии

К накопителям электрической энергии относятся:

- топливные элементы (ТЭ);
- электрохимические аккумуляторные батареи (ЭАБ);
- сверхпроводниковые индуктивные накопители (СПИН);
- емкостные накопители (ЕН).

Электрохимические аккумуляторные батареи – один из самых распространённых типов накопителей.

ЭАБ состоит из многих элементов, соединенных последовательно и параллельно. Заряд ее происходит во внепиковые часы, а разряд – в часы пиков нагрузки. В процессе заряда электроэнергии электрохимическим путем преобразуется в химическую. При разряде накопленная энергия высвобождается в процессе обратной реакции.

ЭАБ имеют значительное КПД. Недостатком ЭАБ – ограниченное число зарядно – разрядных циклов, малое время хранения энергии и отрицательное экологическое воздействие.

Топливные элементы, можно отнести к химическим накопителям энергии. Аккумуляция энергии осуществляется за счет использования внепиковой энергии для производства синтетического топлива, накопления этого топлива и последующего его применения в периоды пика нагрузки для выработки электроэнергии в ТЭ, газовых турбинах или котлах. Водород можно хранить в баках при высоких давлениях. В период пиков путем понижения давления и повышения температуры гидридов металла высвобождается водород и используется в ТЭ. Преобразователь переменного тока в постоянный, ранее использующий как выпрямитель для электролиза, теперь работает как инвертор и передает накопленную энергию в сеть.

Недостатками накопителя энергии, основанного на применении ТЭ, является невысокий КПД и ограниченное время хранения энергии.

Емкостной накопитель энергии представляет собой достаточно мощную батарею из конденсаторов на напряжении в десятки киловольт, выдерживающих токи в несколько килоампер. Это позволяет использовать батарею в качестве АЭ накопителя энергетического назначения. Емкостные

накопители не имеют отрицательного экологического воздействия, и он может быть установлен в любом месте.

Недостатками ЕН является: большое число контактных соединений, может оказать отрицательное воздействие на надежность всего устройства и необходимость изменения полярности батарей при переключении из заряда в разряд.

Сверхпроводниковые индуктивные катушки соединены с сетью через 12 – пульсный преобразователь, состоящий из двух тиристорных мостов и трансформаторов, первичная обмотка которого соединена в треугольник, а две вторичные – в треугольник и звезду. Она потребляет мощность из сети переменного тока, работая в течение одного полупериода как нагрузка, в течение следующего полупериода выдает мощность обратно.

Преимуществом СПИН является:

- высокий КПД;
- высокая плотность запасаемой энергии;
- незначительное экологическое влияние.

При использовании того или иного накопителя электроэнергии в качестве устройства для выравнивания графиков нагрузки необходимо проведения комплекса научно – исследовательских работ. Следует определить:

- экономический эффект накопителей энергии;
- экономию топлива;
- снижение потерь энергии;
- уменьшение капиталовложений;
- повышение надежности электроснабжения потребителей;
- выбор места установки накопителей;
- уменьшение вредного влияния на окружающую среду и т.д.

Литература:

1. Астахов Ю.Н. Накопители энергии в электрических системах / Ю.Н. Астахов, В.А. Веников, А.Г. Тер – Газарян: Москва «Высшая школа», 1989. 159с.
2. Радкевич, В.Н. Электроснабжение промышленных предприятий: учеб. пособие/ В.Н. Радкевич, В.Б. Козловская, И.В. Колосова. – Минск: ИВЦ Минфина, 2015. – 589 с.

УДК 621.3

СИЛОВЫЕ ЭЛЕГАЗОВЫЕ ТРАНСФОРМАТОРЫ

Ходжиев Равшан

Научный руководитель – к.т.н., доцент Константинова С.В.

С развитием энергетической отрасли к оборудованию предъявляются повышенные требования в различных аспектах. Современное оборудование по высокотехнологичности, безопасности и эффективности значительно превосходит предыдущих технологий. На данный момент, доля применения современных, инновационных разработок на практике мала, несмотря на целый ряд их преимуществ и достоинств. Сегодня к технике предъявляются все более высокие требования, поэтому проблема замены устаревшей техники на современную является актуальной. В настоящее время значительная часть силовых масляных трансформаторов, устарела или исчерпала свой ресурс и требует замены на современные высокотехнологичные, пожаро – и взрывобезопасные трансформаторы. К таким трансформаторам относят силовые элегазовые трансформаторы (рисунок 1.) .

Трансформаторы с элегазовой изоляцией впервые были разработаны в США фирмой Вестин-гауз в конце 50-х годов. Силовые трансформаторы напряжением до 138 кВ и мощностью до 40 МВА были разработаны в 60-х годах. В Европе элегазовые трансформаторы появились в середине 60-х годов. Однако дальнейшего развития ни в США, ни в Европе они не получили. В Японии первый трансформатор с элегазовой изоляцией напряжением 69 кВ и мощностью 3 МВА был изготовлен в 1969 г. Возрастающие требования пожаробезопасного оборудования и запрет применения негорючих изоляционных жидкостей на основе трихлордифенила в 1972 г., стимулировали развитие элегазовых трансформаторов. Их производство постоянно увеличивалось с началом поставок элегазовых трансформаторов напряжением 69 кВ мощностью 3 и 10 МВА для комплектных элегазовых подстанций в 1979 г. Требования пожаробезопасности мощных высоковольтных подстанций, расположенных в жилых районах могут быть выполнены с установкой элегазовых трансформаторов. Такой трансформатор напряжением 275 кВ мощностью 300 МВА впервые был изготовлен в 1990 г. В 1991 г. элегазовые трансформаторы составляли свыше 8 % в общем производстве силовых трансформаторов.

Элегазовый трансформатор представляет собой герметичную конструкцию, где, в качестве изоляции и охлаждения, применяются не привычные синтетические смолы и трансформаторное масло, а специальное газовое наполнение элегаз. Элегаз, или гексафторид серы (SF₆) неорганическое вещество, инертный газ, тяжелее воздуха. обладает высоким пробивным напряжением, что обеспечивает высокую электрическую прочность. Применяют элегаз как изолятор и теплоноситель в высоковольтной электротехнике, как технологическую среду в электронной промышленности



Рисунок 1.Силовой элегазовый трансформатор

Силовой элегазовый трансформатор является новой научной разработкой, которая повышает безопасность при эксплуатации и обслуживании установок. Трансформаторы с элегазовой изоляцией характеризуются высоким показателем пожарной безопасности, устойчивости к взрывам.

Основные достоинства и преимущества элегазовых трансформаторов по отношению к масляным:

Негорючесть: Применение в силовых элегазовых трансформаторах в качестве изоляции и хладагента негорючего элегаза (гексафторида серы SF₆) является кардинальным решением проблемы пожаробезопасности этого типа трансформаторов, что делает ненужным устанавливать вокруг них противопожарное оборудование, маслосборники и сточные каналы. Тем самым, при применении элегазовых трансформаторов, наиболее эффективно используется пространство на электроподстанции.

Взрывобезопасность: Если при возникновении внутренних неисправностей в элегазовом трансформаторе возникнет электрическая дуга, то вследствие сжимаемости элегаза внутреннее давление в элегазовом трансформаторе повысится намного меньше, чем в масляном трансформаторе. Тем самым, не возникает никакой угрозы для герметичности бака, что полностью исключает опасность его взрыва или возгорания и гарантирует безопасность оборудования на электроподстанции, где установлен элегазовый трансформатор.

Экономичность: В элегазовых трансформаторах есть возможность утилизации тепла от теплообменников для обогрева помещений. Также, при сооружении подземной подстанции с элегазовыми трансформаторами, наземная территория может использоваться под различные цели: офисные здания, парковка для автомобилей и т.д. **Малозумность:** Поскольку элегаз обладает значительно лучшими звукоизолирующими свойствами, чем трансформаторное масло, уровень шума элегазового трансформатора

оказывается намного ниже по сравнению с уровнем шума, создаваемого масляным трансформатором.

Компактность: Поскольку при применении элегазовых трансформаторов отсутствует необходимость установки расширительного бака и устройства сброса давления, становится возможным существенно уменьшить высоту помещения трансформаторной подстанции.

Малая масса: Поскольку удельный вес элегаза меньше, чем удельный вес масла, силовые элегазовые трансформаторы имеют меньшую массу по сравнению с масляными трансформаторами такой же мощности.

Элегазовые трансформаторы в тоже время имеют свои недостатки. Например, при высокой температуре и при повышенном давлении элегаз может перейти в жидкое состояние. С учетом этого, при эксплуатации в условиях с высокой температурой давление не должно превышать допустимых значений. Например, при температуре в 40°C давление элегаза не должно превышать 0,4 МПа. Также гексафторид серы может разлагаться под воздействием электрических разрядов, образуя химически активные и токсичные для человека вещества. Кроме того, существенным недостатком элегазовых трансформаторов является их стоимость, по сравнению с масляными трансформаторами.

Вывод:

Внедрение современного высокотехнологичного оборудования позволяет в целом повысить качество, эффективность и безопасность всей энергетической отрасли, а также обеспечить предъявляемые к нему высокие требования.

Литература

1. [Электронный ресурс] URL <https://cyberleninka.ru/article/n/osobennosti-konstruktsii-transformatorov-s-elegazovoy-izolyatsiey> (Дата обращения: 12.04.2019)
2. [Электронный ресурс] URL <http://forca.ru/stati/podstancii/transformator-s-elegazovoy-izolyatsiey-toshiba.html> (Дата обращения: 12.04.2019)

УДК 621.3

ОСОБЕННОСТИ СВЕТОТЕХНИЧЕСКОГО РАСЧЕТА НАРУЖНОГО ОСВЕЩЕНИЯ

Панасюк Е.М.

Научный руководитель – старший преподаватель Калечиц В.Н.

Наружное освещение используется для обеспечения безопасности дорожного движения в темное время суток. Наружные установки должны обеспечивать достаточную освещенность и равномерное ее распределение по освещаемой поверхности. Также осветительные установки должны быть эффективными, энергоэкономичными и недорогими.

В Республике Беларусь для улиц, дорог и площадей нормируются следующие показатели освещения [1]: средняя яркость покрытия, средняя горизонтальная освещенность покрытия. Нормируемые показатели зависят от категории освещаемого пространства. В программе DIALux был произведен расчет для улицы категории А (магистральные дороги, магистральные улицы общегородского значения) с интенсивностью движения транспортных средств в обоих направлениях свыше 1000 и до 3000 ед/ч с общей шириной 15 метров и 4 проезжими полосами. Для дорог данной категории дорог установлены средняя яркость покрытия 1,2 кд/м² и средняя горизонтальная освещенность покрытия 20 лк [1]. Высота осветительной опоры бралась 10 м, длина консоли 2,4 метра и угол ее наклона 15°. При расчете использовались газоразрядные светильники светильник фирмы GALAD и светодиодные светильники фирмы Philips. Результаты расчета сведены в таблицы 1 и 2.

Обеспечить лучшее распределения освещенности наружного освещение можно подбором оптимального шага между осветительными опорами и выбором расположения друг относительно друга. На практике применяются в основном три способа размещения осветительных опор: по обе стороны проезжей части друг напротив друга, по обе стороны проезжей части со сдвигом и по одну сторону проезжей части. Рассматривая представленные ниже визуализации фиктивных цветов и таблицы с результатами, размещение опор по одну сторону дороги малоэффективно (рис.1 а, б, рис. 2 а, б). Например, для газоразрядных ламп с одним светильником на опору при размещении по одну сторону дороги расстояние между светильниками 13 метров (рис.1а), а при размещении таких же осветительных опор по обе стороны дороги – 24 метра (рис.1б), для светодиодных с одним светильником на опору по обе стороны друг напротив друга – 58 метров (рис. 2а), по обе стороны со сдвигом – 54 м, по одну сторону – 33м (рис. 2б)). Размещения опор по одну сторону дороги следует использовать для улиц с меньшей шириной. Наиболее оптимальным способом размещения опор для обеспечения равномерности освещения является размещение по обе стороны со сдвигом, при котором отсутствуют темные полосы, характерный для размещения опор друг напротив друга.

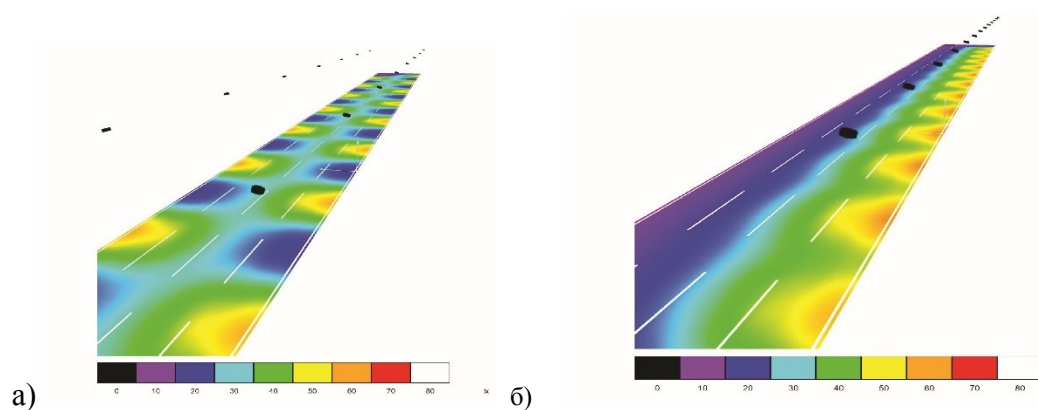


Рис.1 Фиктивные цвета при размещении одного светильника с лампами ДНаТ на опору при расположении опор: а) с двух сторон со сдвигом, б) с одной стороны

Таблица 1

Результаты расчётов освещения с использованием ламп ДНаТ

Расположение	Светильники	Мощность светильника $P_{\text{Вт}}$	Световой поток светильника Φ , лм	Количество светильников	Шаг между опорами h , м	Равномерность яркости		Средняя яркость $E_{\text{ср}}$, лк	Освещенность				
						Общая U_0	Продольная U_1		Средняя $E_{\text{ср}}$, лк	Минимальная E_{min} , лк	Максимальная E_{max} , лк	$E_{\text{min}} / E_{\text{ср}}$	$E_{\text{max}} / E_{\text{ср}}$
По обе стороны дороги друг напротив друга (один светильник на опору)	GALAD ЖКУ02-250-003 Перас	250	30000	16	2430	0,70 0,57	0,60 0,43	1,46 1,17	3427	1810	5856	0,534 0,365	0,315 0,179
По обе стороны дороги со сдвигом (один светильник на опору)		250	30000	16	2430	0,75 0,67	0,61 0,49	1,46 1,17	3427	2013	5753	0,595 0,481	0,361 0,249
По одну сторону дороги (один светильник на опору)		250	30000	13	1320	0,37 0,36	0,92 0,67	1,27 0,83	3221	137,76	6152	0,398 0,377	0,205 0,149

По обе стороны дороги друг напротив друга (два светильника на опору)	GALAD ЖКУ02-150-003 Перас	15 0	1500 0	32	24 30	0,66 0,54	0,64 0,49	1,37 1,09	29 23	18 10	47 45	0,612 0,441	0,383 0,230
По обе стороны дороги со сдвигом (два светильника на опору)	GALAD ЖКУ02-100-003 Перас	10 0	9000	34	22 26	0,70 0,63	0,74 0,66	1,23 1,04	26 22	17 12	34 33	0,648 0,541	0,496 0,369
		15 0	1500 0	26	30 26	0,59 0,64	0,61 0,67	1,50 1,73	32 37	15 20	50 53	0,486 0,550	0,305 0,435
С одной стороны (два светильника на опору)	GALAD ЖКУ02-150-003 Перас	15 0	1500 0	30	16 18	0,31 0,31	0,92 0,89	1,33 1,19	30 26	11 9,38	52 49	0,360 0,358	0,205 0,191
		25 0	3000 0	14	26 30	0,29 0,28	0,64 0,59	1,65 1,53	37 34	11 10	92 91	0,314 0,301	0,125 0,112

Таблица 2

Результаты расчётов освещения с использованием светодиодных светильников

Расположение	По одну сторону дороги (один светильник на опору)	По обе стороны дороги со сдвигом (один светильник на опору)	По обе стороны дороги друг напротив друга (один светильник на опору)	Светильники	Мощность светильника P , Вт	Световой поток светильника Φ , лм	Кол-во светильников на участке	Шаг между опорами h , м	Равномерность яркости		Средняя яркость $L_{ср}$, кд/м²	Освещенность				
									Общая U_0	Продольна U_1		Средняя $E_{ср}$, лк	Минимальная E_{min} , лк	Максимальная E_{max} , лк	$E_{min} / E_{ср}$	$E_{max} / E_{ср}$
				Philips LED320-4S/757	192	32000	8	54 56	0,49 0,48	0,61 0,58	1,67 1,61	27 26	14 13	47 47	0,524 0,520	0,295 0,283
					192	32000	8	58 60	0,49 0,48	0,60 0,58	1,55 1,50	25 24	9,27 8,58	50 50	0,374 0,358	0,186 0,172

По обе стороны дороги друг напротив друга (два светильника на опору)	Philips LED115/740 DK DF												
		72											
		11500											
		24											
					33 40	0,67 0,56	0,71 0,57						
								1,20 0,99					
								21 17					
								11 7,14					
								36 35					
								0,551 0,416					
								0,318 0,203					
По обе стороны дороги со сдвигом (два светильника на опору)	Philips LED115/740 DK DF												
		72											
		11500											
		24											
					33 40	0,59 0,59	0,77 0,73						
								1,20 0,99					
								21 17					
								17 13					
								25 22					
								0,828 0,769					
								0,692 0,601					

Примечание: в первой строке шаг, при котором соблюдаются установленные нормы [1] и рассчитанные величины, вторая строка – последующий шаг, при котором некоторые показатели выходят за установленные нормы.

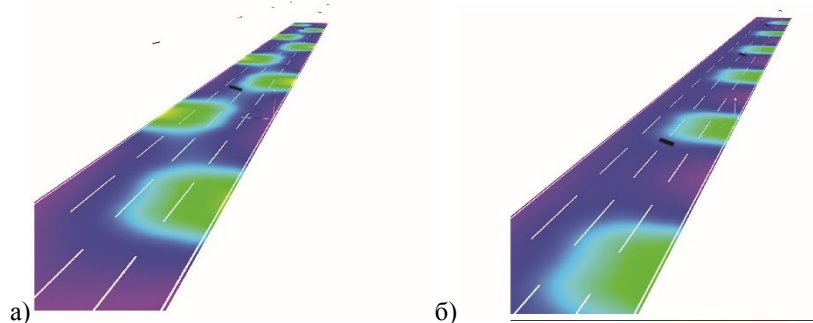


Рисунок 2 Фиктивные цвета при размещении одного светодиодного светильника на опору при расположении опор:

а) с двух сторон дороги со сдвигом б) с одной стороны дороги

Также следует принять во внимание то, что на одной опоре могут размещаться от 1 до 3 светильников, что позволяет эффективнее подбирать варианты освещения с наилучшими светотехническими характеристиками и использовать вместо одного мощного светильника несколько менее мощных.

При эксплуатации светильников с лампами ДНаТ в результате можно добиться более равномерного распределения освещенности по дорожному покрытию. При размещении опор друг напротив друга с одним светильником ДНаТ 250 отношение $E_{min} / E_{cp} = 0,534$ и $E_{cp} / E_{max} = 0,315$, а при размещении двух светильников ДНаТ 150 $E_{min} / E_{cp} = 0,595$ и $E_{cp} / E_{max} = 0,361$. При расположении опор по одну сторону проезжей части с двумя светильниками с лампами ДНаТ освещенность будет сильно неравномерная (рис. 3).

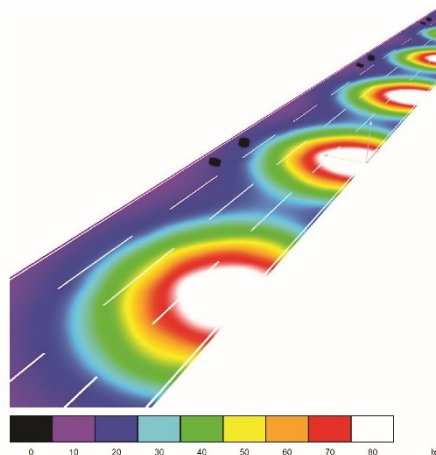


Рисунок 3 Фиктивные цвета при расположении двух светильников с лампами ДНаТ на опору при расположении опор по одну сторону дороги

Схожих показателей наружного освещения можно добиться с помощью различных типов источников света. Наиболее распространённым в Минске источником света является лампы ДНаТ мощностью 250 Вт. Заменой ДНаТ 250 могут послужить светодиодные светильники, у которых срок службы значительно больше газоразрядных ламп и более энергоэкономичные.

Энергопотребление светодиодных светильников значительно меньше, чем светильников с газоразрядными лампами аналогичного светового потока. Но светодиодные светильники более дорогие по сравнению с газоразрядными и более параметрам качества электрической энергии.

Литература

1 ТКП 45-2.04-153-2009 Естественное и искусственное освещение. Строительные нормы проектирования – Минск: Министерство архитектуры и строительства, 2010.– 100 с.