

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования

«Вологодский государственный университет»  
(ВоГУ)

### **Энергосбережение и качество электрической энергии**

Методические указания к выполнению самостоятельной и  
контрольной работы №1.

**Направление подготовки:** 13.03.02 – ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА И  
ЭЛЕКТРОТЕХНИКА

**Профиль подготовки:** электроснабжение

**Квалификация (степень) выпускника:** бакалавр

**Форма обучения:** заочная по индивидуальным планам обучения

**Институт:** машиностроения, энергетики и транспорта

**Кафедра:** электрооборудования

Вологда

2019

## ВВЕДЕНИЕ

Вопросы энергосбережения в настоящее время выходят на одно из ведущих мест во всем мире, что связано, прежде всего, с экономической, социально-политической, экологической ситуацией развитых топливдобывающих стран. Об этом свидетельствует то обстоятельство, что за последние годы при возросшем экономическом подъеме многих стран темпы прироста мирового энергопотребления резко сократились и составляют в промышленно-развитых странах не более 1 % в год. В нашей стране в связи с затянувшимся экономическим кризисом картина совершенно другая: спад экономики в 1992–99 гг. не привел к существенному снижению энергозатрат как в абсолютном, так и относительном выражении. Это связано с рядом объективных и субъективных факторов. Вот некоторые из них:

- цены и тарифы на энергоресурсы не отражают объективного состояния внутренней и мировой экономики и в значительной степени определяются социально-экономическими и конъюнктурными соображениями;

- недостаточное развитие нормативно-правовой базы и методического обеспечения по вопросам энергосбережения;

- недостаточное государственное регулирование в области организации и регламентации взаимоотношений между производителями и потребителями энергоресурсов, в том числе с учетом существующих в нашей стране естественных монополий, таких как РАО ЕЭС России, Газпром и пр.;

- отсталое общественное сознание и низкая квалификация у руководящего и технического персонала предприятий и организаций в вопросах рационального использования энергоресурсов;

- отсутствие экономических механизмов и стимулов у организаций и персонала при решении вопросов энергосбережения;

- отсталая материально-техническая база предприятий и сложность замены энергоемкого оборудования на более энергоэффективное ввиду недостатка финансовых средств;

- отсутствие конкуренции у предприятий по снижению энергоемкости выпускаемой продукции в связи с недостаточным развитием рыночных отношений в России и слабой интеграции в мировую экономику.

В значительной степени усложняет решение проблем рационального использования энергоресурсов низкая эффективность работы АО-энерго. Так в ряде энергосистем наблюдаются завышенные расходы энергоресурсов на собственные и хозяйственные нужды, большие отно-

сительные значения потерь электроэнергии при ее передаче ввиду недостаточной загрузки ЛЭП и трансформаторов, неэффективное использование собственных энергетических мощностей, в результате чего себестоимость произведенной электроэнергии может оказаться выше стоимости электроэнергии, получаемой с ФОРЭМ.

Нерациональное использование ТЭР АО-энерго и потребителями усиливает противоречия между потребителями и производителями электрической и тепловой энергии ввиду необоснованного удорожания тарифов на энергоресурсы и связанного с этим снижения платежеспособного спроса на энергию потребителей.

При существующей системе взаимоотношений АО-энерго не заинтересованы в экономии ТЭР у потребителей, во внедрении системы автоматизированного учета энергопотребления, в переходе на дифференцированный учет электроэнергии по уровням напряжения и зонам суток.

Таким образом, в сложившейся ситуации необходим поиск путей совершенствования рационального использования ТЭР всеми участниками процесса выработки-потребления энергии и развития взаимовыгодных отношений между ними, основанных на применении более совершенных технологий и энергетического оборудования, на развитии нормативно-правовой базы по энергосбережению, на разработке методик проведения энергетических обследований и нормирования потерь электроэнергии.

Одним из важнейших аспектов энергосбережения является обеспечение качества электрической энергии и оценка его влияния на технико-экономические показатели АО-энерго и потребителей. Управление качеством энергии является приоритетным направлением по обеспечению экономичности и надежности электрических сетей энергоснабжающих организаций и потребителей. Решение вопросов качества электроэнергии требует развитие методической и технической базы по контролю показателей качества электроэнергии. Необходимо создание более совершенных технических средств по управлению качеством электроэнергии, совершенствование договорных отношений и повышение ответственности сторон за соблюдение требований, предъявляемых к качеству электроэнергии.

В рамках выполнения задания , студент совершенствует свои знания в области энергосбережения и качества электроснабжения, что

## **О самостоятельной работе в рамках СРС.**

В 2011 году в России введены в действие федеральные государственные образовательные стандарты (ФГОС) высшего профессионального образования (ВПО). Эти стандарты призваны стать «проводниками» перспективных отечественных, международных и европейских тенденций реформирования и развития высшего образования, исходя из стратегических интересов и культурно-образовательных традиций России. В концептуальные основания стандартов ВПО нового поколения вошли важные отличительные признаки-идеи, отражающие связь проектируемых новых норм для отечественной высшей школы с ведущими общемировыми тенденциями в развитии высшего образования и придающие новым российским образовательным стандартам и программам «международное измерение». Одним из таких основных отличительных признаков является возрастание ответственности преподавателей и студентов за эффективность образовательного процесса и собственной деятельности.

Самостоятельная работа студентов — планируемая учебная, учебно-исследовательская или научно-исследовательская работа студентов, выполняемая во внеаудиторное (или аудиторное) время по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия (при частичном непосредственном участии преподавателя, оставляющем ведущую роль и контроль за работой студентов). Самостоятельная работа студентов - это вид учебно-познавательной деятельности, состоящей в индивидуальном, распределенном во времени выполнении студентами комплекса усложняющихся заданий при консультационно-координирующей помощи преподавателя, ориентированной на самоорганизацию деятельности обучающихся в условиях содержательно-смыслового структурирования их личностного времени. Исходя из изложенного выше, можно сформулировать основные цели и задачи самостоятельной работы студентов. Основная цель самостоятельной работы студентов состоит в овладении фундаментальными знаниями, профессиональными умениями и навыками деятельности по профилю, опытом творческой, исследовательской деятельности

Задачами организации самостоятельной работы студентов являются:

- Развитие способности работать самостоятельно, формирование самостоятельности мышления и принятия решений.
- Развитие активности и познавательных способностей студентов, развитие исследовательских умений
- Стимулирование самообразования и самовоспитания
- Развитие способности планировать и распределять свое время Кроме того, эта самостоятельная работа неразрывно связана с формированием таких важных компетенций, как способность применять знания на

практике и способность находить, обрабатывать и анализировать информацию из разных источников. Среди функций самостоятельной работы студентов в общей системе обучения выделяют следующие:

- Развивающая (повышение культуры умственного труда, приобщение к творческим видам деятельности, формирование интеллектуальных способностей студентов);
- Информационно-обучающая
- Стимулирующая (формирование мотивов образования, самообразования)
- Воспитывающая (формирование личностно-профессиональных качеств специалиста)

В данном случае, реализация самостоятельной работы выполнена через метод проектов. Для реализации этого метода важно выбрать тему, взятую из реальной жизни, значимую для студента, для решения которой необходимо приложить имеющиеся у него знания и новые знания, которые еще предстоит получить. Выбор темы преподаватель и студент осуществляют совместно, раскрывают перспективы исследования, вырабатывают план действий, определяют источники информации, способы сбора и анализа информации. В процессе исследования преподаватель опосредованно наблюдает, дает рекомендации, консультирует. После завершения и представления проекта студент участвует в оценке своей деятельности

## Самостоятельная работа №1

В рамках выполнения данной работы, вам требуется решить несколько задач.

### Задача 1

Определить коэффициент полезного действия системы движения троллейбуса, который имеет массу вместе с пассажирами  $A$  т, пробегает перегон длиной  $B$  км за  $C$  мин. Токовая нагрузка тягового двигателя постоянного тока равна  $D$  А, напряжение сети – 550 В.

Вариант выбирается согласно списка в классном журнале.

Таблица 1. Исходные данные к задаче 1

№ варианта	A (тон)	B(км)	C(мин)	D (А)
1	10	2	5	70
2	11	2.1	6	80
3	12	2.2	6	70
4	13	2.3	7	80
5	14	2.4	7	70
6	15	2.5	7	80
7	16	2.6	7	70
8	10	2.7	7	80
9	10	2.8	8	70
10	11	2.9	8	80
11	12	3	9	70
12	13	3.1	9	80
13	14	3.2	10	70
14	15	3.3	10	80
15	16	3.4	11	70
16	10	3.5	12	80
17	11	3.7	12	70
18	12	1.8	4	80
19	13	2	5	70
20	14	2.1	5	80
21	15	2.2	5	70
22	16	2.3	6	80
23	14	2.4	7	70
24	12	2.5	7	80
25	15	2.6	7	70
26	09	3.4	11	70
27	14	3.5	12	80
28	11	3.7	12	70
29	10	1.8	4	80
30	12	2	5	70

## Задача 2

Определить коэффициент полезного использования энергии для условий задачи 1 если дополнительно включена система отопления салона, потребляемый ток которой равен 10 А.

## Задача 3

Найти срок службы асинхронного двигателя в случае работы его при пониженном А% напряжении и повышенном В% напряжении. Срок службы изоляции двигателя при нормальном напряжении и номинальной нагрузке принять С лет. Коэффициент загрузки двигателя D.

Вариант выбирается согласно списка в классном журнале.

1	10	22	20	0.8
2	12	23	21	0.9
3	14	24	22	0.95
4	15	25	23	0.75
5	17	10	24	0.8
6	18	12	25	0.8
7	19	14	26	0.9
8	20	15	27	0.95
9	21	17	20	0.75
10	22	18	21	0.8
11	23	19	22	0.8
12	24	20	23	0.9
13	25	22	24	0.95
14	10	23	25	0.75
15	12	24	26	0.8
16	14	25	27	0.8
17	15	10	20	0.9
18	17	12	21	0.95
19	18	14	22	0.75
20	19	15	23	0.8
21	20	17	24	0.8
22	21	18	25	0.9
23	22	19	26	0.95
24	23	20	27	0.75
25	24	15	25	0.8
26	15	25	23	0.75
27	17	10	24	0.8
28	18	12	25	0.8
29	19	14	26	0.9
30	20	15	27	0.95

**Задача 4.** Определить потери мощности и годовые потери электроэнергии для сети, представленной на рис. 2.1, нагрузки, показанные на схеме, соответствуют максимальному режиму. График нагрузки приведен на рис. 2.2. Напряжение в питающем узле 1 равно 525 кВ.

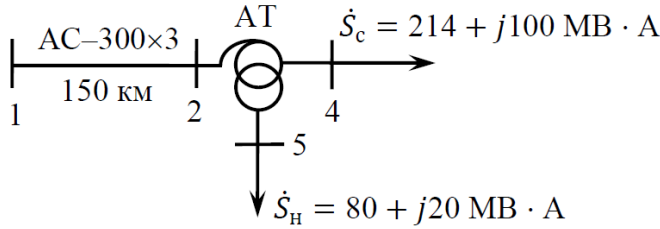


Рис. 2.1. Схема сети

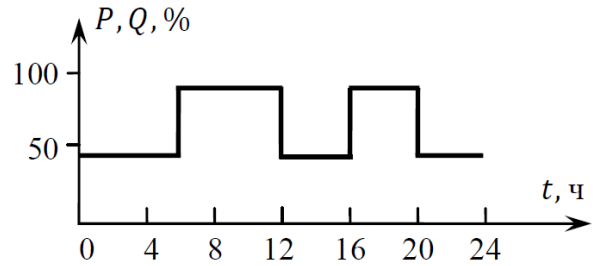


Рис. 2.2. График нагрузки

**Задача 5.** Определить потери энергии за год в трансформаторах типа 2ТРДН-10000/110,  $T_{\max} = 6000$  ч, нагрузка в максимальном режиме  $S_{\text{нагр}} = (15+j10)$  МВ·А. Каталожные данные:  $\Delta P_{\text{кз}} = 60$  кВт,  $\Delta P_{\text{хх}} = 18$  кВт.

**Задача 6.** Определить напряжение в конце воздушной линии 500 кВ в нагрузочном режиме  $\dot{S}_2 = 800 + j300$  и в режиме холостого хода, построить векторные диаграммы токов и напряжений. Схема сети приведена на рис. 3.1. Расчет выполнить без учета потерь на корону.

**Задача 7.** Определить токи в ветвях сети линии с двухсторонним питанием с разными напряжениями по концам передачи:  $U_A = 115$  кВ,  $U_B = 110$  кВ. Схема замещения сети приведена на рис. 4.5, токи указаны в килоамперах, сопротивления — в омах.

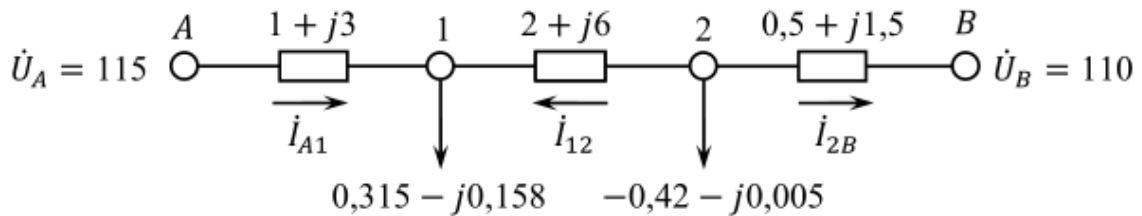


Рис. 4.5. Схема замещения сети



## Задача 8

Определить мощность компенсирующего устройства, необходимого для обеспечения допустимых уровней напряжения у потребителя. Схема сети и ее параметры приведены на рис. 1, мощность нагрузки задана в максимальном режиме. Расчет выполнить без учета потерь мощности.

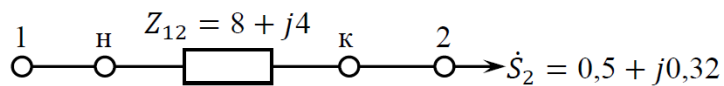


Схема сети

## Задача 9

На подстанции установлено два трансформатора ТРДЦН-63000/220, которые питаются по двум воздушным линиям сечением АС-400 и длиной 100 км. Нагрузка подстанции в максимальном режиме 100 МВт,  $\cos\varphi=0,9$ .

Определить потери энергии за год и КПД электропередачи по энергии, если задан годовой график нагрузки по продолжительности.

Годовой график по продолжительности

t, ч	0-2100	2100-4000	4000-6400	6400-8760
P, отн.ед.	1	0,7	0,5	0,3

## Задача 10

Выбор системы АСКУЭ для указанного объекта

1. Выбор и внедрение мероприятий по энергосбережению выбранного объекта в рамках выполнения ВКР. Работа должна включать в себя следующие разделы:
  1. Назначение системы АСКУЭ
  2. Выбор системы АСКУЭ
  3. Интеграция системы АСКУЭ в выбранный объект.
  4. Нормативно-правовое регулирование энергосбережения
  5. Обзор мероприятий по выбранному объекту проектирования, которые возможны к реализации.
  6. Выбор основных энергосберегающих технологий
  7. Технико-экономический расчет и экономический эффект от внедрения.

При выполнении работы в рамках ВКР, предоставить электрическую схему и задание на ВКР. Если тема ВКР не выбрана, задание выдается

преподавателем на установочной лекции.

1	Цех пром. предприятия
2	Микрорайон
3	Сельскохозяйственный район
4	Поселок жилого типа
5	Промышленное предприятие
6	Цех пром. предприятия
7	Микрорайон
8	Сельскохозяйственный район
9	Поселок жилого типа
10	Промышленное предприятие
11	Цех пром. предприятия
12	Микрорайон
13	Сельскохозяйственный район
14	Поселок жилого типа
15	Промышленное предприятие
16	Цех пром. предприятия
17	Микрорайон
18	Сельскохозяйственный район
19	Поселок жилого типа
20	Промышленное предприятие
21	Цех пром. предприятия
22	Микрорайон
23	Сельскохозяйственный район
24	Поселок жилого типа
25	Промышленное предприятие
26	Микрорайон
27	Сельскохозяйственный район
28	Поселок жилого типа
29	Промышленное предприятие
30	Цех пром. предприятия

## **Задание на контрольную работу.**

В помещении цеха по древесной обработке работают следующие потребители энергии:

2 электрических рубанка, 2 дисковые пилы, Шлифовальная машина, 2 Фрезера, Торцовочная пила

Освещение цеха – 6 светильников по 4200лм.

Отопление организовано с помощью 5 ИК длинноволновых обогревателей.

Подача свежего воздуха в цех осуществляется двумя центробежными вентиляторами Dundar (мощность 1квт). Отсос таким же вентилятором.

По периметру цеха имеются окна для естественного освещения.

В результате проведенного энергоаудита выявлены следующие недостатки в системе электроснабжения и работы цеха.

1. Проводка не соответствует нагрузкам
2. Освещение цеха включено всегда
3. Приточная вентиляция работает большую часть времени, даже когда она не нужна
4. В период с 18:30 до 22:00 в цеху осуществляются незапланированные работы.
5. Учет электроэнергии осуществляется устаревшим счетчиком.

Для снижения потерь, в цех предлагается внедрить автоматизированную систему управления.

Для этого установлены 4 датчика освещенности, 2 датчика угарного газа и 2 датчика анализа вредных частиц. Так же установлены 2 датчика температуры в разных углах цеха.

Система отопления работает следующим образом, заданы границы включения и отключения обогревателей. При падении температуры на 2 градуса, включается 2 обогревателя, при падении температуры на 5 и более градусов, включаются все обогреватели.

Освещение разбито на 2 секции, и управляется датчиками освещенности по 2 на секцию.

Приточные вентиляторы включаются по пороговому значению датчиков углекислого газа и вредных веществ. Вытяжка включается по показаниям датчика вредных частиц.

Датчики простые, интерфейс состоит из 3-4 контактов - земля, питание, данные 1 . Данные передаются в цифровом формате.

Подробное описание диапазона – в таблице значений.

Для предотвращения несанкционированного доступа, все питающая сеть цеха подключается через релейный модуль. Перед релейным модулем установлен пульт доступа (цифровая клавиатура). При приходе на работу, ответственный за смену вводит код включения питания.

В рамках контрольной работы требуется, в зависимости от варианта разработать систему доступа по коду и один из модулей автоматической системы управления. К примеру, систему управления освещением.

Подключение потребителей осуществляется через реле на 10, 16, 25 А. Релейный модуль 8-10-16 реле на 10А.

Клавиатура ввода слаботочная.

№ Варианта	Код доступа к цеху	Система управления	Показания датчиков для включения	Показания датчиков для выключения
1	5487	Освещением	175	245
2	1298	Притяжной вентиляцией	55	90
3	3987	Отоплением	76	120
4	1394	Выяжкой	87	150
5	9756	Освещением	120	150
6	4513	Притяжной вентиляцией	66	131
7	6891	Отоплением	77	200
8	5997	Выяжкой	88	213
9	5498	Освещением	99	235
10	1327	Притяжной вентиляцией	10	85
11	0027	Отоплением	55	65
12	4465	Выяжкой	220	250
13	9786	Освещением	245	255
14	8755	Притяжной вентиляцией	144	201
15	6421	Отоплением	227	235
16	7964	Выяжкой	230	245
17	9154	Освещением	115	177
18	8645	Притяжной вентиляцией	240	249
19	4489	Отоплением	240	253
20	6441	Выяжкой	221	239
21	8765	Освещением	41	90
22	6512	Притяжной вентиляцией	35	71
23	1195	Отоплением	66	95
24	2889	Выяжкой	78	120
25	6789	Освещением	80	167
27	4896	Притяжной вентиляцией	95	198
28	9785	Отоплением	150	211
29	9714	Выяжкой	104	198
30	6899	Освещением	200	255

Т.е. для варианта 23, нужно разработать систему включения электроприборов по коду 1195 и разработать управление системой отопления. Система отопления состоит из двух датчиков и двух групп обогревателей. Если с датчика температуры получены показания 66 включаем отопление, пока температура не достигнет показателя 95.

Микроконтроллер выбрать самостоятельно из групп Atmega. Реле со

слаботочной частью любые на выбор, подходящие по параметрам нагрузки. Питание контроллера должно бы с подзарядкой.

Сделать примерный экономический расчет разработки системы и эффекта от внедрения.