

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ
И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«СЕВАСТОПОЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ИНСТИТУТ ЯДЕРНОЙ ЭНЕРГИИ И ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Н.А. Куликова, О.Н. Титаренко

ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ РЕЖИМЫ И ТЕХНОЛОГИИ

Учебно-методическое пособие
по выполнению расчетно-графических работ по дисциплине
для студентов заочной формы обучения
по направлению 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»
профили: Электроснабжение;
Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии

Севастополь
СевГУ
2018

УДК 620.9.004.18(076.2)
К903

Р е ц е н з е н т ы:

Е.В. Гусева - к.т.н., доцент, зав. кафедрой
«Электроэнергетические системы атомных станций»

В.Г. Слюсаренко - к.т.н., доцент кафедры
«Возобновляемые источники энергии и электрические системы и сети»

Ю.И. Рясков - к.т.н., доцент кафедры
«Возобновляемые источники энергии и электрические системы и сети»

Куликова Н.А.

К903 Энергосберегающие режимы и технологии: учеб.-метод. пособие по выполнению расчетно-графических по дисциплине / Н.А. Куликова, О.Н. Титаренко. – Севастополь: СевГУ, 2018. – 47 с.: ил.

Приведены необходимые организационно-методические указания по изучению вопросов энергосбережения, а также теоретические материалы для индивидуального выполнения контрольных работ, закрепления освоенных знаний и использования их при дипломном проектировании и в дальнейшей инженерной деятельности.

Предназначено для студентов заочной формы обучения по направлению: 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника», профили: Электроснабжение; Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии.

УДК 620.9.004.18(076.2)

Рассмотрено и одобрено на заседании кафедры «Возобновляемые источники энергии и электрические системы и сети» Института ядерной энергии и промышленности ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет», протокол № 10/16 от 19 октября 2016 г.

© Куликова Н.А., Титаренко О.Н., 2018
© ФГАОУ ВО «Севастопольский
государственный университет», 2018

ОГЛАВЛЕНИЕ

1 Общие сведения	4
2 Цель подготовки	5
3 Содержание учебного материала	6
4 Организационные указания по изучению дисциплины	11
5 Общие сведения и определения	11
6 Задания по выполнению расчетно-графической работы	21
Расчетно-графическая работа № 1	21
Расчетно-графическая работа № 2	25
Расчетно-графическая работа № 3	28
7 Методические указания к расчетно-графической работе	31
8 Учебно-методические материалы по дисциплине	46

1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

1.1. Роль и значение дисциплины

Курс "Энергосберегающие режимы и технологии" относится к числу дисциплин, изучаемых при подготовке специалистов по специальности "Электротехнические системы электропотребления" в объеме, обеспечивающем самостоятельное решение задач при выполнении обязанностей по первичной должности.

В дисциплине "Энергосберегающие режимы и технологии" изучаются энергосберегающие режимы работы систем электропривода, энергосбережение в электрических сетях и трансформаторных установках, а также энергосбережение в электротехнологичных и осветительных установках.

В дисциплине рассматриваются направления реализации энергосбережения, вопросы выбора рациональных режимов работы и эксплуатации технологических установок. Значительное внимание уделено современным системам электропривода и вопросам регулирования качества электроэнергии.

Материалы курса используются при выполнении дипломного проекта.

1.2. Цель и задачи преподавания дисциплины

1.2.1. Цели преподавания дисциплины

Освоение методов:

- энергоэкономического анализа;
- расчета потерь энергоресурсов;
- расчета экономии энергоресурсов при внедрении энергосберегающих мероприятий в системах энергосбережения и при потреблении энергоресурсов на промышленных предприятиях;
- экономического обоснования энергосберегающих мероприятий.

Кроме того, целью является освоение энергетических характеристик оснащенности и технологических процессов

1.2.2. Задачи преподавания дисциплины

1. Научить студентов пользоваться научно-технической литературой и осуществлять поиск методов сохранения энергоресурсов в системах энергоснабжения.

2. Научить студентов методам расчетов потерь и затрат энергоресурсов, энергоемкости продукции работ и услуг, а также сбережения энергоресурсов при внедрении нововведений.

3. Формировать у студентов умение видеть перспективы развития энергосбережения на промышленных предприятиях.

2. ЦЕЛЬ ПОДГОТОВКИ

Целью подготовки является изучение методов и средств повышения эффективности использования энергоресурсов в промышленности.

Изучение курса базируется на широком использовании представлений и теоретических положений дисциплин: «Теоретические основы электротехники», «Электрические сети и системы», «Электроснабжение промышленных и коммунальных объектов», «Электрические машины», «Основы электропривода», «Потребители электроэнергии» и др.

Материалы курса используются при выполнении дипломного проекта и дальнейшей инженерной деятельности.

Изучение дисциплины должно обеспечить студенту знания в области:

- терминологии в области энергосбережения;
- методов энергоэкономического анализа;
- исследовательских приемов эффективности использования энергоресурсов на промышленных предприятиях;
- энергетических характеристик оснащенности и технологических процессов;
- методов расчета потерь энергоресурсов;
- методов расчета экономии энергоресурсов при внедрении энергосберегающих мероприятий в системах энергосбережения и при потреблении энергоресурсов на промышленных предприятиях, а также методов экономического обоснования энергосберегающих мероприятий.

Во время изучения дисциплины студенты должны приобрести навыки и умение:

- работы с научно-технической литературой и поиска методов сохранения энергоресурсов в системах энергоснабжения и во время их потребления на промышленных предприятиях;
- ведение расчетов потерь и затрат энергоресурсов, энергоемкости продукции работ и услуг, а также сбережение энергоресурсов при внедрении нововведений;
- грамотного на соответствующем уровне, предложения пропозиций относительно разработки и внедрения методов энергосбережения на промышленных предприятиях.

3. СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

Вступление, общие положения.

Краткие исторические сведения. Цель и задача курса, его место и связь с другими дисциплинами. Основные термины. Список литературы.

Часть I. Энергосберегающие режимы работы систем электропривода

1.1. Экономические режимы работы электродвигателей

Связь величины КПД и коэффициента мощности с уровнем нагрузки и со скоростью вращения.

1.2. Методы повышения экономичности систем электропривода

Методы повышения экономичности систем электропривода: повышение нагрузки электрических машин; ограничение холостого хода машин и механизмов; замена недогруженных электродвигателей двигателями меньшей мощности; использование синхронных электродвигателей; устранение промежуточных передач; применение безредукторных систем электроприводу, а также линейных электродвигателей; выбор оптимального передаточного числа редуктора; выбор рациональных типов систем многодвигательного привода и т.д.

1.3. Техничко-экономические характеристики систем электропривода

Техничко-экономические характеристики основных систем электропривода привести в виде таблицы с такими графами: название (сокращенное название); механическая характеристика; КПД; коэффициент мощности; диапазон регулирования скорости; возможности плавного пуска; рациональные области использования. Примечания: наличие серийного выпуска в России, странах СНГ, соотношение уровня стоимости основных компонентов.

1.4. Алгоритм выбора систем электропривода

Алгоритм выбора систем электропривода. Пример: Выбор системы электропривода ленточных конвейеров.

1.5. Энергосберегающие режимы работы механизмов с «вентиляторной» нагрузкой

Основные характеристики турбомашин. Термины. Закон пропорциональности. Производительность турбомашин. Мощность и КПД турбомашин.

1.6. Методы регулирования производительности турбомашин

Методы регулирования производительности турбомашин: дросселирование, регулирование ступенями (при параллельной работе на один трубопровод), регулирование скорости турбомашин, изменение положения лопаток колеса направляющего аппарата.

Анализ перспективности.

Расчет потерь и КПД при разных способах регулирования.

1.7. Энергосбережение в вентилляторных установках. Энергосберегающие технологии вентилирования

Основные положения: типы вентиляторов, их характеристики и рациональные области использования. Выбор типа электропривода.

Методы уменьшения потерь энергии в вентиляторных установках: замена старых вентиляторов новыми, более экономичными; внедрение экономичных средств регулирования производительности вентиляторов; блокирование вентиляторов тепловых занавесов (заслонов) с устройствами открывания и замыкание заслонок; отключение вентиляционных установок во время обеденных перерывов, перемены изменений и т.д.; устранение эксплуатационных дефектов и отклонений от проекта; внедрение автоматического управления вентиляционными установками.

1.8. Выбор технологии вентилирования

Выбор технологии вентилирования: локальная (местная, индивидуальная) или общая с учетом потерь в вентиляционных сетях. Основа выбора технологии вентилирования - БНиП и экономические расчеты с учетом удельных затрат, продолжительности работы вентиляторной установки и стоимости оборудования.

1.9. Экономия энергоресурсов в компрессорных установках

Основные типы и характеристики компрессоров и рациональные области их использования. Выбор типа привода. Мощность компрессора. Методы уменьшения затрат энергии: регулирование производительности компрессора при колебаниях расхода сжатого воздуха; автоматизация открытия впускных клапанов; отключение лишних компрессоров при снижении расхода сжатого воздуха; снижение номинального рабочего давления компрессора; проведение в поршневых компрессорах прямооточных клапанов; подогревание сжатого воздуха перед пневмоприемниками; замена старых компрессоров новыми с более высоким КПД; отключение отдельных участков или всей сети сжатого воздуха.

1.10. Энергосберегающие технологии производства, передача и использование сжатого воздуха

Выбор технологии производства, передача и использование сжатого воздуха. Основа выбора технологии — БНиП и экономические расчеты с учетом удельных затрат, продолжительности работы компрессорной установки и стоимости оснащения. Газоперекачивающие станции магистральных газопроводов: традиционный подход и разрешение проблемы «пиковых» нагрузок энергосистемы России.

1.11. Энергосберегающие режимы работы насосных установок

Основные типы и характеристики насосов и рациональные области использования. Выбор типа привода. Мощность двигателя насоса.

Методы уменьшения затрат электроэнергии на насосных установках: повышение КПД насосов; улучшение режимов нагрузки насосов и усовершенствование регулирования их работы; уменьшение сопротивления трубопровода; снижение расхода и потерь жидкости.

1.12. Энергосберегающие технологии и использования жидкости

Выбор технологии передачи и использования жидкости. Основа выбора технолого-экономические расчеты с учетом последующих затрат, продолжительности работы насосной установки и стоимости оснащения.

Перекачивающие станции магистральных нефтепроводов.

1.13. Энергосбережение в подъемно-транспортных установках

Основные положения. Выбор рационального привода крановых механизмов, подъемников, электрифицированного транспорта, конвейерных установок.

Методы уменьшения потерь энергоресурсов.

Внедрение режима рекуперативного торможения; выбор рационального диапазона регулирования скорости привода; выбор экономически целесообразного передаточного числа редуктора; внедрение планового и экономичного пуска; уменьшение продолжительности холостого хода.

1.14. Энергосбережение в технологических установках и станках

Методы уменьшения потерь в технологическом оснащении: своевременное и качественное смазывание; внедрение качественных режимов металлообработки; замена строгания фрезерованием; работа на станках только острым инструментом; внедрение безредукторных систем привода; устранение лишних механических передач; замена подшипников скольжения на шариковые подшипники; уменьшение припусков заготовок и т.д.

Рациональные системы привода станочного оснащения.

Часть II. Энергосбережение в электрических сетях и трансформаторных установках

2.1. Энергосбережение в трансформаторных установках

Определение рационального напряжения в электрической сети. Расчет потерь энергии в трансформаторах (двух- и трехобмоточных). «Экономичный» режим работы трансформаторов. КПД и коэффициент мощности трансформаторов.

2.2. Методы оптимизации режимов работы трансформаторов

Методы оптимизации режимов работы трансформаторов: увеличение коэффициента нагрузки; ограничение режимов холостого хода; снижение установленной мощности и т.д.

2.3. Энергосбережение в электрических сетях

Определение потерь в электрических сетях. Коэффициент мощности. Основные методы энергосбережения в электрических сетях: повышение напряжения; повышение коэффициента мощности; реконструкция электрической сети; резервирование линий электропередач. Выбор рационального сечения проводов и кабелей. Качество электроэнергии.

2.4. Компенсация реактивной мощности

Инструкция по компенсации реактивной мощности в электрических сетях потребителей электрической энергии. Методы уменьшения затрат реактивной мощности потребителями электроэнергии.

Источники реактивной мощности. Выбор типа, мощности и места установки компенсирующих устройств.

Режимы работы и регулирование мощности компенсирующих устройств.

Часть III. Энергосбережение в электротехнических и осветительных установках

3.1. Энергосберегающие режимы работы дуговых сталелитейных печей

Удельные затраты энергии на получение 1 т стали в дуговой сталелитейной электропечи. Методы уменьшения потерь электроэнергии.

3.2. Оптимизация режимов работы печи

Увеличение садки и усовершенствование подготовки шихты; снижение электрических и тепловых потерь печи; сокращение потерь печи; оптимизация электрических технологических режимов работы печи.

3.3. Энергосбережение в электрических печах сопротивления

Определение затрат электроэнергии в электропечах сопротивления; затраты на нагревание (целесообразные) и затраты на компенсацию затрат. Методы компенсации потерь.

3.4. Усовершенствование режимов работы электрических печей сопротивления

Снижение тепловых потерь и улучшение теплоизоляции печей; уменьшение потерь на аккумуляцию тепла и применение предшествующего нагревания изделий; усовершенствование электрических и технологических режимов работы печей и т.д.

3.5. Энергосберегающие режимы работы сварочного оборудования

Удельные затраты электроэнергии на электросварку. Основные мероприятия по сокращению удельных затрат энергии на сваривание.

3.6. Энергосберегающие технологии сваривания

Оптимальный выбор электросварки; устранение или сокращение холостой работы сварочного оснащения; усовершенствование технологии электросварки, оптимизация параметров вторичной сети сварочной установки и т.д.

3.7. Энергосбережение в установках электролиза

Затраты энергии на электролиз в металлургии, основные методы их уменьшения.

3.8. Энергосбережение в осветительных установках

Выбор типа ламп и светильников. Соблюдение графиков подключения освещения. Уменьшение установленной мощности осветительной установки. Очищение поверхности светильников.

Поддержание номинального уровня напряжения в осветительной сети.

3.9. Энергосберегающие технологии освещения

Энергосберегающие типы осветительного оснащения. Энергосберегающие типы ламп и осветительного оснащения. Решающими факторами во время изделия типа осветительного оснащения должны быть его экономические показатели.

4. ОРГАНИЗАЦИОННЫЕ УКАЗАНИЯ ПО ИЗУЧЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

При изучении курса "Энергосберегающие режимы и технологии" студентам необходимо составлять конспект, в который полезно выписывать основные законы, определения и формулы.

Конспект окажет большую помощь при выполнении расчетных работ и при подготовке к экзаменам.

Для теоретического изучения курса рекомендуется пользоваться литературой.

После усвоения теории по одной теме нужно разобрать (по задачнику, указанному в библиографическом списке) решения задач, относящихся к этой теме, и самостоятельно решить несколько задач.

Решение задач способствует лучшему пониманию и закреплению теоретических знаний. Для решения задач можно пользоваться сборниками задач.

Контрольная работа тоже служит для этой цели. Ее следует рассматривать не как дополнительную нагрузку, а как одну из форм изучения и повторения курса. Изучение курса "Энергосберегающие режимы и технологии" представляет некоторые трудности, ибо о процессах, происходящих в различных электротехнических устройствах, можно судить только по наблюдениям за показаниями измерительных приборов. Теория этих процессов излагается на математической основе; следовательно, изучение дисциплины требует от студента умения свободно пользоваться аппаратом высшей математики.

При решении задач по дисциплине главное внимание следует уделять разбору происходящих в них процессов. Простое запоминание формул, характеристик, уравнений недостаточно для понимания происходящих в цепях и устройствах явлений. В процессе изучения дисциплины студентам следует иметь в виду, что все разделы программы являются в равной мере важными и, нет тем и вопросов, которыми можно пренебречь. Как и в любой другой науке, нельзя приступать к изучению последующих глав, не усвоив предыдущих. Теоретический материал каждой темы имеет существенное практическое назначение.

5. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Энергосбережение - это комплекс мероприятий, направленных на рациональное использование энергетических ресурсов. В результате снижается потребность в топливно-энергетических ресурсах на единицу конечного продукта и уменьшается неблагоприятное влияние на окружающую среду.

Механизм воплощения энергосбережения в жизнь - реализация законодательных, организационных, экономических, технических и информационных мероприятий, направленных на эффективное использование энергетических ресурсов и улучшения состояния окружающей среды.

Кроме понятия «энергосбережение» существуют ещё энергоэффективность, энергоменеджмент, энергоиспользование, энергоаудит, энергоконсалтинг...

Энергоэффективность - свойство оборудования, технологии или производства, характеризующее меру использования энергии на единицу конечного продукта. Энергоэффективность оценивается с помощью показателей как количественно (кВт-ч, тонны условного топлива, кДж на единицу конечного продукта), так и качественно (низкая, высокая).

Энергоменеджмент - управление рациональным использованием энергии на всех стадиях ее производства, передачи, распределения и потребления, включая комплексное оптимальное решение технических, экономических и экологических проблем, связанных с этим процессом.

Энергоиспользование - комплекс действий персонала объекта, работы его оборудования и технологий, связанных с процессами от производства энергии - к ее потреблению.

Энергоаудит - составная часть энергоменеджмента, сориентированная на обследование объекта с точки зрения его энергоиспользования (выявление фактов нерационального использования энергии, определение мер по энергосбережению, оценки технических и экономических возможностей относительно их реализации). Этот вид деятельности направлен на уменьшение потребления энергетических ресурсов субъектами хозяйствования за счет повышения эффективности использования энергии.

Энергоконсалтинг - консультационная деятельность, направленная на разъяснение преимуществ реализации энергосбережения; на предоставление практической помощи в решении энергетических проблем заказчика; на выбор и обоснование энергоэффективных решений; на популяризацию знаний, обучение персонала.

Энергосервисная компания осуществляет энергоконсалтинговую деятельность в объединении с поиском инвесторов для реализации конкретных проектов энергосбережения или сама выступает как такой инвестор.

Поскольку общее определение энергии - это мощность за единицу времени, то единица измерения электрической энергии представляет собой киловатт за час (кВт-ч). Основными величинами и параметрами, с помощью которых можно охарактеризовать электрическую энергию, описать ее качество, есть общеизвестные: электрическое напряжение - U , (В); электрический ток - I , (А); полная, активная и реактивная мощности - S , P , Q в киловольт-амперах (кВ-А), киловаттах (кВт) и киловольт-амперах реактивных (квар), соответственно; коэффициент мощности $\cos\phi$, частота - f , (Гц).

Электрическая энергия имеет ряд особенностей:

- она непосредственно не подлeжит визуальному восприятию;
- легко превращается в иные виды энергии (например, в тепловую, механическую);
- достаточно просто и с большой скоростью передается на большие расстояния;
- возможный ее раздел (деление) в электрических сетях;
- проста в использовании с помощью машин, установок, приборов;
- позволяет изменять свои параметры (напряжение, ток, частота);
- удобна для контроля и управления;
- качество ее определяет качество работы оборудования, которое потребляет эту энергию;
- качество энергии в месте производства не может служить гарантией ее качества в месте потребления;
- неразрывность во временном измерении процессов производства и потребления энергии;
- процесс передачи энергии сопровождается ее потерями.

Электрическую энергию передает электромагнитное поле проводника, этот процесс имеет волновой характер. Причем часть электроэнергии, которая передается, расходуется в самом проводнике, то есть теряется. Отсюда вытекает понятие «потери электроэнергии». Потери электроэнергии есть во всех элементах электрической системы: генераторах, трансформаторах, линиях электропередачи и т. п., а также в электроприёмниках (электрических двигателях, электротехнологических устройствах и агрегатах).

Пусть коэффициент полезного действия тепловой электростанции равен 33%. Это означает, что со 100 цистерн топлива, которое поступило на тепловую электростанцию, больше чем 66 цистерн выбрасывается в окружающую среду в виде тепла. Если еще учесть затраты энергии на добычу топлива, его транспортирование, транспортирование электрической энергии, то оказывается, что со 100 цистерн топлива полезно используется только 20, а 80 цистерн выброшено в окружающую среду. Соотношение полезно использованной и затраченной энергии просто требует радикального изменения этих величин.

Общая потеря электроэнергии складывается из двух частей: номинальных потерь, которые определяются условиями работы при номинальных режимах и оптимальном выборе параметров системы электроснабжения, и дополнительных потерь, обусловленных отклонением режимов и параметров от номинальных значений. Экономия электроэнергии в системах электроснабжения основывается на минимизации как номинальных, так и дополнительных потерь.

Мероприятия по эффективному использованию электрической энергии следует выбирать, исходя из принципа достижения минимума затрат

при выполнении условий надежности системы электроснабжения и качества электрической энергии. Необходимо выполнять малорасходные мероприятия по снижению потерь и повышению уровня эксплуатации элементов системы электроснабжения.

Основным направлением в области энергосбережения является экономия электроэнергии при ее передаче, распределении и использовании. Реальное энергосбережение затрагивает вопросы работы электроснабжающих сетей, преобразователей энергии всех типов и технологических механизмов.

Энергосберегающими мероприятиями при передаче электроэнергии являются:

- рациональный выбор уровня напряжения питающей сети и рода тока (постоянный или переменный);
- принятие экономически целесообразного сечения проводов и кабелей;
- повышение коэффициента мощности;
- приближение источников питания к потребителям;
- оптимизация графиков нагрузок и т.д.

Эффективность энергосберегающих мероприятий потребителей электроэнергии может быть значительно выше, т.к. более 90 % вырабатываемой энергии потребляется системами электропривода, электротехнологическими и осветительными установками. Самые крупные резервы энергосбережения заложены в совершенствовании электропривода, на долю которого приходится около 60 % всей потребляемой электроэнергии. В некоторых отраслях промышленности потребление электроэнергии электроприводом доходит до 80 %. Уменьшение скорости двигателя до скорости рабочего механизма помогает экономить энергию и улучшает управление технологическим процессом. В то же время об экономичности привода говорить рано, хотя бы в силу малых фактических значений коэффициентов загрузки привода.

Электропривод, по сравнению с другими типами приводов, обладает рядом преимуществ:

- работа без отходов и бесшумность создаёт комфорт для людей;
- высокий КПД, т.е. выделяется меньше тепловых потерь. Вследствие этого уменьшены габариты и площадь охлаждения;
- электропривод регулируемый и обратимый.

Электроприводы со сложным, тонко управляемым технологическим процессом составляют небольшую долю от общего числа. Основная же их часть - простые, обычно нерегулируемые массовые устройства, такие как вентиляторы, насосы, конвейеры, подъёмные краны, механизмы в перерабатывающей промышленности, строительстве и т.д. Именно эти объекты являются основными потребителями электроэнергии и здесь возможна реальная ее экономия.

Рассмотрим процессы, влияющие на энергосбережение в электроприводе и определяющие тенденции его развития:

- рост энергоемких технологий при возрастающей сложности получения энергии, дефиците доступных энергоресурсов. Добыть тонну топлива выработать соответствующее количество электроэнергии примерно вдвое дороже, чем сэкономить. В дальнейшем эта разница растет;
- усложнение технологии, что приводит к увеличению доли регулируемого или управляемого по пуску электропривода. Заканчивается дискуссия о возможных вариантах регулируемого электропривода – практически однозначно выбор делается в пользу электропривода переменного тока;
- возрастающие требования создания условий для безаварийной работы электропривода за счет повышения эффективности управления режимами энергоиспользования электрических машин, энергоснабжающих сетей;
- бурное развитие преобразовательной техники (запираемых тириستоров и силовых транзисторов) и средств управления (микроэлектроники, микропроцессорной техники и т.д.);
- появление доступных каждому инженеру мощных вычислительных средств, открывающие новые возможности рационального проектирования и оптимизации электропривода.

Поэтому актуальной является задача разработки и широкого внедрения энергосберегающих мероприятий и средств промышленного электропривода.

Основные положения государственной политики в области энергосбережения и энергетической эффективности

В современных условиях энергоресурсы составляют основу жизнедеятельности человека в любой сфере производства и потребления. Энергосбережение позволяет существенно снизить затраты и обеспечить эффективность и конкурентоспособность производства товаров и услуг, в том числе в жилищно-коммунальном хозяйстве.

В связи с повышением потребности в энергоресурсах и заметном росте цен на энергетические ресурсы (в РФ – на 8 - 15 % в год в течение последних 8-ми лет) возникает необходимость проведения активной политики в области энергосбережения. Кроме того, актуальность проведения активной политики энергосбережения в России связана с тем, что энергоемкость валового внутреннего продукта страны в 2,5 раза выше среднемирового уровня и в 2,5 - 3,5 раза выше, чем в развитых странах. Более 90 % мощностей действующих электростанций, 83 % жилых зданий, 70 % котельных, 70% технологического оборудования электрических сетей и 66% тепловых сетей было построено еще до 1990 года. Около четверти исполь-

зуемых в настоящее время бытовых холодильников было приобретено более 20 лет назад. В промышленности эксплуатируется 15 процентов полностью изношенных основных фондов.

Сохранение высокой энергоемкости российской экономики приведет к снижению энергетической безопасности России и сдерживанию экономического роста. Выход России на стандарты благосостояния развитых стран на фоне усиления глобальной конкуренции и исчерпания источников экспортно-сырьевого типа развития требует кардинального повышения эффективности использования всех видов энергетических ресурсов.

Энергосбережение и повышение энергетической эффективности следует рассматривать как один из основных источников будущего экономического роста. Однако до настоящего времени этот источник был задействован лишь в малой степени. Существенное повышение уровня энергетической эффективности может быть обеспечено только при комплексном подходе к вопросу энергосбережения.

Поэтому в последние годы на федеральном уровне был принят целый ряд нормативных документов:

- ФЗ от 23 ноября 2009 г. № 261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергоэффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты РФ»;
- Энергетическая стратегия России до 2030 г., утвержденная Распоряжением Правительства России от 13 ноября 2009 года N 1715-р;
- Госпрограмма РФ «Энергосбережение и повышение э/э на период до 2020 года», утвержденная Распоряжением Правительства РФ от 27 декабря 2010 г. № 2446-р с измен. и дополн. от 18.08.11 и 16.02.13 г.;
- Госпрограмма РФ «Энергоэффективность и развитие энергетики», включающая 7 подпрограмм, в т.ч. «Энергосбережение и повышение энергетической эффективности» (Госпрограмма утверждена распоряжением Правительства РФ от 3.04.2013 г. № 512-р).

На региональном уровне, за последние 5 лет каждый регион РФ принял собственную целевую программу энергосбережения и повышения энергоэффективности, оформленную постановлениями правительств региона. Почти все крупные муниципалитеты приняли собственные программы. Всего по настоящий момент в РФ действует более 300 государственных программ энергосбережения различного уровня.

Цели и задачи государственной политики в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности

Стратегической целью государственной политики в сфере повышения энергетической эффективности является рациональное использование энергетических ресурсов на основе обеспечения заинтересованности их

потребителей в энергосбережении, повышении собственной энергетической эффективности и инвестировании в эту сферу.

В соответствии с энергетической стратегией России намечается существенное снижение энергоемкости экономики страны. Это выразится в сокращении к 2030 г. удельной энергоемкости ВВП - более чем в 2 раза.

Целью принятия закона № 261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергоэффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты РФ» является создание правовых, экономических и организационных основ стимулирования энергосбережения и повышения энергетической эффективности.

Государственное регулирование в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности осуществляется путем установления:

- требований к обороту отдельных товаров, функциональное назначение которых предполагает использование энергетических ресурсов
- запретов или ограничений производства и оборота товаров, имеющих низкую энергетическую эффективность
- обязанности по учету используемых энергетических ресурсов;
- требований энергетической эффективности зданий, строений, сооружений;
- обязанности проведения обязательного энергетического обследования.

Ключевые положения государственной программы Российской Федерации «Энергосбережение и повышение энергетической эффективности» на период до 2020 г.

Государственная программа «Энергосбережение и повышение энергетической эффективности на период до 2020 года» включает семь подпрограмм, которые конкретизируют задачи энергосбережения в электроэнергетике, теплоснабжении и системах коммунальной инфраструктуры, в промышленности и других сферах экономики страны. Так Основной целью реализации мероприятий по энергосбережению и повышению энергетической эффективности в государственных (муниципальных) учреждениях является снижение удельного расхода энергии на 1 кв. метр площади объектов этих учреждений на 15 процентов на I этапе (2011 - 2015 годы) и на 27 процентов за весь срок реализации Программы.

Но не проработанность механизмов реализации программных мероприятий определила необходимость существенно скорректировать политику энергосбережения и разработать новые нормативные документы.

Распоряжением Правительства России РП-512 от 3-го апреля 2013 г. принята государственная программа «Энергоэффективность и развитие

энергетики», включающая подпрограмму «Энергосбережение и повышение энергетической эффективности».

Основным целевым индикатором программы является снижение энергоемкости ВВП (т. у. т./млн. рублей).

Объем финансовых ресурсов, необходимый для реализации государственной программы составляет 28 трлн руб., в т.ч. за счёт бюджета (федерального и региональных) только 667 млрд руб. Остальные средства планируется привлечь из внебюджетных источников.

Важнейшими мероприятиями данной подпрограммы являются:

- Предоставление субсидий из федерального бюджета бюджетам субъектов Российской Федерации на реализацию региональных программ в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности.
- Развитие механизмов финансовой поддержки реализации проектов в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности.
- Предоставление государственных гарантий по кредитам на реализацию проектов по энергосбережению и повышению энергетической эффективности, привлекаемым организациями.

Приоритетами государственной политики в сфере реализации подпрограммы являются:

- обеспечение рационального и экологически ответственного использования энергии и энергетических ресурсов;
- создание благоприятной экономической среды для энергосбережения и повышения энергетической эффективности;
- поддержка стратегических инициатив в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности.

В соответствии с заданными приоритетами определена следующая цель реализации подпрограммы: формирование целостной и эффективной системы управления энергосбережением и повышением энергетической эффективности.

В ходе реализации подпрограммы предполагается достижение следующих ожидаемых конечных результатов к 2020 году:

- снижение энергоемкости валового внутреннего продукта Российской Федерации за счет реализации подпрограммы на 13,5 % к 2007 году в зависимости от сценарного развития отраслей экономики;
- увеличение в два раза ежегодного объема финансирования подпрограммы за счет средств внебюджетных источников к объему финансирования за счет средств консолидированного бюджета России;
- снижение удельного расхода энергетических ресурсов в государственном и муниципальном секторе до 46 кг у.т./ кв. м в год;
- средний удельный расход энергетических ресурсов в жилищном фонде - 31,2 кг у.т./ кв. м в год.

Система энергетического менеджмента и организационные меры энергосбережения

Сегодня предприятия в России сталкиваются со многими проблемами. Изменения в законодательстве, высокая инфляция, колебания валютного курса, необходимость учиться вести бизнес в новых условиях - это только некоторые вопросы, требующие своего решения. “Выживание” - вот ключевое слово для многих предприятий и менеджеров, постоянно сталкивающихся с все новыми условиями и проблемами. Как вписывается проблема энергоэффективности в данную ситуацию?

Признание важности энергии как одного из видов ресурсов, который требует такого же менеджмента как любой другой дорогостоящий ресурс, а не как накладных расходов предприятия, является главным первым шагом к улучшению энергоэффективности и снижению энергозатрат.

Системный подход к энергетическому менеджменту

Как только важность энергетического менеджмента для предприятия осознана, необходимо рассмотреть следующие элементы:

- **Текущее состояние энергетического менеджмента.**
- **Энергетическая политика:** зачем вам необходима официальная заинтересованность в энергоменеджменте на предприятии.
- **Организационные аспекты:** как интегрировать энергоменеджмент в официальные и неофициальные структуры менеджмента вашего предприятия.
- **Мотивация:** как создать эффективные взаимоотношения с потребителями энергии и стимулировать их беречь энергоресурсы.
- **Информационные системы:** какова подходящая и эффективная информационная система.
- **Маркетинг:** где и каким образом пропагандировать и рекламировать энергетический менеджмент и ваши достижения
- **Инвестирование:** как выбрать проекты и обосновать вложения в повышение энергоэффективности и как наглядно показать целесообразность таких вложений руководству предприятия
- **Финансирование:** каковы возможные варианты финансирования мероприятий энергоменеджмента.

Международные и отечественные стандарты в области энергоменеджмента

ISO (International Standardization Organization) – международная неправительственная организация, объединяющая национальные органи-

зации по стандартизации из 160 стран-членов (штаб-квартира находится в Женеве).

Весной 2008 г. инициировано создание Технического комитета ИСО/ТК 242 «Energy Management» («Энергоменеджмент»).

Предназначение и цель ИСО/ТК 242 – разработка международного стандарта ISO 50001 «Energy management systems – Requirements with guidance for use» (Системы энергоменеджмента – Требования с руководством по использованию):

1. Стандарт будет совместим со стандартами других систем менеджмента, разработанных ISO и пригодных для сертификации;
2. Стандарт будет основан на общих элементах таких стандартов.

Участие России в разработке ISO 50001

Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии (Росстандарт), представляющее Россию в ИСО, в 2008 году не проголосовало на стадии предложения новой рабочей темы (NWIP) за участие нашей страны в разработке стандарта ISO 50001.

При Комитете РСПП по техническому регулированию, стандартизации и оценке соответствия с участием Комитета по энергетической политике в соответствии с решением Бюро Правления РСПП от 28.11.2008 г. была сформирована собственная Рабочая группа по участию в подготовке ISO 50001 (во главе с Романовым Г.А.).

Цель стандарта – интегрировать энергоэффективность в текущие управленческие практики организаций.

Задачи стандарта ISO 50001:

- нацелен на оказание практической помощи и поддержки энергоменеджерам,
- призван снабдить организации, независимо от их размера и осуществляемого ими вида деятельности, полноценной стратегией действий, как в менеджерской области, так и в технических аспектах, чтобы те могли реально повысить свою энергоэффективность (энергоперформанс, «energy performance»), увеличить использование возобновляемых источников энергии и сократить эмиссии парниковых газов.

Требования стандарта к системам энергетического менеджмента

1. Стандарт будет применим любой организацией независимо от ее размеров и отраслевой принадлежности, которая желает:

- гарантировать, что она соответствует своей энергополитике;
- демонстрировать такое соответствие другим заинтересованным сторонам (бизнес-партнерам);
- получить подтверждение соответствия своей системы энергоменеджмента со стороны Органа по сертификации.

2. Стандарт является универсальным, т.к. использует подход “один размер, пригодный для всех” (“one-size-fits-all”).

3. Требования сформулированы как предписывающие, т.е. определяющие “то, что должно быть сделано, не определяя, как это сделать”.

4. Метод достижения каждого из этих требований организация определяет сама, исходя из ее собственных нужд и потребностей, опираясь на собственный опыт.

5. Такой гибкий подход требует от организации, применяющей стандарт, самой учитывать специфику, связанную с такими аспектами как характер выпускаемой ею продукции или оказываемых услуг, сложность технологических и бизнес-процессов, компетентность своего персонала и т.д.

В результате у различных организаций, в зависимости от их размера, структуры и вида деятельности могут быть различные способы и пути выполнения требований стандарта.

6. ЗАДАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКОЙ РАБОТЫ

Расчетно-графическая работа № 1

При выполнении расчетно-графической работы в соответствии со своим вариантом студенту необходимо решить предложенные задачи по каждой теме дисциплины.

Оформление работы.

Все материалы по расчетно-графической работе представляют в виде пояснительной записки, которая выполняется на одной стороне листа формата А-4, причем расстояние от краев листа до границы текста должны соответствовать слева - 20 мм, справа - 20 мм, сверху - 20 мм и снизу – 30 мм. Оформление, обозначение элементов, величин и единиц измерения должны соответствовать ЕСКД.

Задание №1

Тема: Энергосбережение в системах электропривода

Цель: Выполнить индивидуальные задания по определению экономии электроэнергии в системах электропривода

Перечень вопросов, подлежащих закреплению по данной теме.

1. Расчет энергосбережения в системе электропривода в результате модернизации механической установки, в результате которой уменьшилось ее время холостого хода, и повысился коэффициент загрузки.

2. Расчет эффективности применения ограничителей холостого хода в токарных станках с электроприводом.

3. Расчет рентабельности замены двигателя большей мощности на двигатель меньшей мощности.

Задача №1.1

Двигатель механической установки работает под нагрузкой $T_{н1}$ – время, при этом время х.х. – $T_{х1}$ и со средним значением коэффициента загрузки $K_{з1}$. В результате модернизации механической установки удалось уменьшить время х.х. до $T_{х2}$, а коэффициент загрузки повысили до $K_{з2}$. Суточное потребление электроэнергии до модернизации составляло W_{y1} , число часов работы установки в год – n . Определить ожидаемую годовую экономию электроэнергии.

Исходные данные, по вариантам приведены в табл. 1.1.

Т а б л и ц а 1.1

Исходные данные для задачи №1.1

Параметры	№ варианта									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$T_{н1}$, ч/сут	13	12	14	10	8	10	8	6	4	7
$T_{х1}$, ч/сут	11	12	10	8	7	10	10	9	8	6
$K_{з1}$, о.е.	0,37	0,3	0,4	0,2	0,27	0,35	0,42	0,28	0,32	0,24
$T_{х2}$, ч/сут	7	5	5	4	5,5	6	7,5	7	6	4
$K_{з2}$, о.е.	0,85	0,7	0,85	0,6	0,7	0,8	0,85	0,8	0,75	0,75
W_{y1} , кВтч/сут	3625	3500	3600	3700	3675	3765	3565	3225	3265	3575
n	275	250	260	270	280	290	300	255	265	285

Продолжение таблицы 1.1

Параметры	№ варианта									
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
$T_{н1}$, ч/сут	10	10	12	14	8	12	12	11	10	11
$T_{х1}$, ч/сут	14	12	10	8	8	12	10	13	10	10
$K_{з1}$, о.е.	0,4	0,45	0,5	0,55	0,43	0,6	0,3	0,4	0,35	0,42
$T_{х2}$, ч/сут	12,5	8,4	7,2	6,1	7,3	10,5	8,3	11,2	7,3	8,7
$K_{з2}$, о.е.	0,73	0,59	0,81	0,89	0,75	0,81	0,64	0,74	0,62	0,81
W_{y1} , кВтч/сут	4215	4810	5220	5440	5680	5895	6115	6335	6575	6723
n	275	250	260	870	280	300	305	285	210	240

Продолжение таблицы 1.1

Параметры	№ варианта									
	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
T_{H1} , ч/сут	10	12	8	12	13	10	8	14	11	10
T_{X1} , ч/сут	14	10	8	12	11	10	7	8	10	12
$K_{\Sigma 1}$, о.е.	0,3	0,35	0,39	0,5	0,4	0,37	0,39	0,44	0,35	0,41
T_{X2} , ч/сут	12,3	6,8	6,4	10,1	9,6	8,4	6,5	6,2	8,1	10,2
$K_{\Sigma 2}$, о.е.	0,6	0,71	0,75	0,7	0,68	0,73	0,76	0,65	0,71	0,73
W_{y1} , кВтч/сут	6800	6900	7115	7200	7450	7655	7780	7850	7910	8200
n	260	270	280	290	300	305	300	290	280	275

Задача №1.2

Механическое устройство с ЭД работает с нагрузкой P_{H1} и с продолжительностью периода х.х. T_{X1} , при этом КПД устройства η , $K_{T1} = 0,77$. Определите часовую экономию электроэнергии, а если нагрузка увеличилась до P_{H2} , а временный коэффициент до K_{T2} . Исходные данные приведены по вариантам в табл. 1.2.

Т а б л и ц а 1.2

Исходные данные для задачи №1.2

№ вариант	1/11	2/12	3/13	4/14	5/15	6/16	7/17	8/18	9/19	10/20
параметры										
P_{H1} , % T_{PH}	30/40	35/25	27/50	32/28	25/45	45/30	41/46	59/66	44/55	33/44
T_{X1} , % от длит. цикла	60/50	65/70	70/65	62/60	67/62	55/50	57/58	77/80	64/70	54/60
η , о.е.	0,7	0,75	0,72	0,71	0,81	0,82	0,73	0,74	0,76	0,77
P_{H2} , % от P_{H1}	75/85	85/90	65/70	75/80	85/80	65/70	85/70	75/80	65/70	85/90
K_{T2} , о.е.	0,95/0,8	0,8/0,85	0,85/0,8	0,9/0,85	0,95/0,9	0,8/0,85	0,85/0,8	0,9/0,85	0,95/0,9	0,8/0,75

Продолжение таблицы 1.2

№ вариант	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
параметры										
P_{H1} , % T_{PH}	35	31	37	28	34	27	30	33	41	42
T_{X1} , % от длит. цикла	54	47	60	74	72	64	53	37	65	73
η , о.е.	0,7	0,72	0,81	0,76	0,83	0,85	0,7	0,78	0,75	0,84
P_{H2} , % от P_{H1}	71	74	81	79	73	67	76	83	82	85
K_{T2} , о.е.	0,81	0,9	0,93	0,95	0,82	0,91	0,86	0,81	0,85	0,82

Задача №1.3

Механическое устройство работает с электродвигателем определенного типа. В результате модернизации устройства время холостого хода стало T_x . Число циклов в час N . Определить экономию электроэнергии. Исходные данные по вариантам в табл. 1.3. ($P_{xx} = 0,1P_{ном}$).

Т а б л и ц а 1.3

Исходные данные для задачи №1.3

Параметры	Тип электродвигателя	Тх, с	N	Параметры	Тип электродвигателя	Тх, с	N
№ варианта				№ варианта			
1	4A200L2Y3	15	40	16	4A200L4Y3	10	60
2	4A100S2Y3	14	45	17	4A225M2Y3	15	45
3	4A250S2Y3	13	47	18	4A250S2Y3	17	48
4	4A200M8Y3	12	50	19	4A280M2Y3	14	50
5	4A315M12Y3	11	52	20	4A160S4Y3	14	38
6	4A250S2Y3	17	54	21	4A200M8Y3	12	50
7	4A315S10Y3	16	42	22	4A180S4Y3	11	52
8	4A315M10Y3	15	43	23	4A200M4Y3	17	54
9	4A315M12Y3	14	37	24	4A160S4Y3	16	42
10	4A225M2Y3	13	42	25	4A160M8Y3	15	43
11	4A280M2Y3	12	30	26	4A180M8Y3	14	37
12	4A132M4Y3	15	42	27	4A200M8Y3	13	42
13	4A160S4Y3	11	50	28	4A200L4Y3	11	52
14	4A200L2Y3	16	52	29	4A225M2Y3	17	54
15	4A180S4Y3	14	43	30	4A250S8Y3	16	52

Задача №1.4

Электродвигатель А работает с нагрузкой $P_{\text{нагр}}$. Необходимо проверить целесообразность его замены электродвигателем Б. Исходные данные приведены в табл. 1.4.

Т а б л и ц а 1.4

Исходные данные для задачи №1.4

Параметры № варианта	Тип двигателя $\frac{A}{B}$	$P_{\text{нагр}}$, кВт	Параметры № варианта	Тип двигателя $\frac{A}{B}$	$P_{\text{нагр}}$, кВт
1	A32-4	0,55	16	AK12-52-8Y4	210
	A31-4			AK12-42-8Y4	
2	A42-4	1,6	17	AK13-52-8Y4	320
	A41-4			AK13-42-8Y4	
3	A51-4	3,0	18	AK12-52-10Y4	160
	A42-4			AK12-42-10Y4	
4	A52-4	4,0	19	AK13-52-10Y4	220
	A51-4			AK12-52-10Y4	
5	A61-4	6,5	20	AK13-62-10Y4	340
	A52-4			AK13-52-10Y4	
6	A71-4	13	21	B132M2	6,5
	A62-4			B112M2	

Продолжение таблицы 1.4

7	A62-4	9,5	22	B160M2	13
	A61-4			B 16082	
8	A72-4	19,5	23	B200M2	27,6
	A71-4			B180M2	
9	A51-2	4,0	24	B200L2	34,1
	A42-2			B200M2	
10	A62-2	13,5	25	BAO-71-2	10,6
	A61-2			BAO-62-2	
11	AK12-41-4У4	350	26	BAO-81-2	27,6
	AK12-32-4У4			BAO-72-2	
12	AK312-52-4У4	420	27	BAO-52-4	5,4
	AK12-41-4У4			BAO-51-4	
13	AK13-46-4У4	510	28	BAO-71-4	15,4
	AK312-52-4У4			BAO-62-4	
14	AK313-59-4У4	640	29	BAO-61-4	10,3
	AK313-46-4У4			BAO-52-4	
15	AK12-35-4У4	185	30	BAO-82-4	35,1
	AK12-35-8У4			BAO-81-4	

Расчетно-графическая работа № 2

Задание № 2

Тема: Расчет ожидаемой экономии электроэнергии в сетях и трансформаторах

Цель: Выполнить индивидуальные задания по определению ожидаемой экономии электроэнергии в сетях и трансформаторах.

Перечень вопросов, подлежащих закреплению по данной теме.

1. Расчет потерь мощности, электроэнергии и напряжения в кабельной сети.
2. Расчет возможности замены перегруженного трансформатора.
3. Расчет оптимального режима работы, параллельно включенных трансформаторов.

Задача №2.1

Кабельная сеть напряжением $U_{\text{л}}$ питает трансформаторную подстанцию. Трехжильный кабель имеет площадь сечения жил $S_{\text{к}}$.

Средняя нагрузка трансформаторной подстанции за сутки $I_{\text{с}}$, а коэффициент мощности равен $\cos \varphi_{\text{пс}}$.

Коэффициент формы графика нагрузки по току $K_{\text{ф}}=1,035$.

Определить потери мощности, электроэнергии и напряжения в кабельной сети.

Исходные данные задания приведены в табл. 2.1.

Т а б л и ц а 2.1

Исходные данные для задачи №2.1

№ варианта Параметры	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$U_{\text{л}}, \text{кВ}$	3	3	3	3	3	6	6	6	6	6
$L_{\text{к}}, \text{км}$	3	4	5	6	7	4	5	6	7	8
$S_{\text{к}}, \text{мм}^2$	150	150	35	185	240	35	50	70	95	120
$I_{\text{с}}, \text{А}$	200	280	80	300	280	80	90	150	130	210
$\cos \varphi_{\text{пс}}$	0,84	0,86	0,85	0,87	0,88	0,9	0,88	0,85	0,83	0,84
Материал кабеля	А	М	А	М	А	М	А	М	А	М

Продолжение таблицы 2.1

№ варианта Параметры	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
$U_{\text{л}}, \text{кВ}$	10	10	10	10	10	6	6	6	6	6
$L_{\text{к}}, \text{км}$	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
$S_{\text{к}}, \text{мм}^2$	35	50	70	95	120	25	150	185	240	50
$I_{\text{с}}, \text{А}$	70	120	115	180	170	70	200	305	260	120
$\cos \varphi_{\text{пс}}$	0,85	0,86	0,87	0,88	0,9	0,86	0,85	0,84	0,86	0,87
Материал ка- беля	А	М	А	М	А	М	А	М	А	М

Продолжение таблицы 2.1

№ варианта Параметры	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
$U_{\text{л}}, \text{кВ}$	3	3	3	3	3	10	10	10	10	10
$L_{\text{к}}, \text{км}$	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
$S_{\text{к}}, \text{мм}^2$	50	70	95	120	150	180	185	240	70	95
$I_{\text{с}}, \text{А}$	120	110	210	180	260	190	280	250	150	180
$\cos \varphi_{\text{пс}}$	0,82	0,81	0,80	0,87	0,85	0,86	0,87	0,88	0,89	0,9
Материал кабеля	М	А	М	А	М	А	М	А	М	А

Задача №2.2

Трансформатор типа А работает с перегрузкой X , (%) от номинальной мощности трансформатора, проверить можно ли заменить трансформатор А на трансформатор Б.

Определить потери мощности и электроэнергии.

Исходные данные и варианты приведены в табл. 2.2.

Задача №2.3

Трансформатор типа Б работает с недогрузкой X , (%) от номинальной мощности трансформатора, проверить можно ли заменить трансформатор Б на трансформатор А. Определить потери мощности и электроэнергии.

Исходные данные и варианты приведены в табл. 2.2.

Т а б л и ц а 2.2

Исходные данные для задач №2.2, №2.3

Параметры №вар.	$X, (\%)$	Трансформатор А	Трансформатор Б
1.	15	ТМ-100/35	ТМ-160/35
2.	20	ТМ-160/35	ТМ-250/35
3.	25	ТМ-250/35	ТМ-400/35
4.	30	ТМ-400/35	ТМ-630/35
5.	35	ТМ-630/35	ТМ-1000/35
6.	40	ТМ- 1000/35	ТМ-1600/35
7.	15	ТМ-1600/35	ТМ-2500/35
8.	20	ТМ-2500/35	ТМ-4000/35
9.	25	ТМ-4000/35	ТМ-6300/35
10.	30	ТМ-160/10	ТМ-250/10
11.	35	ТСЗ-160/10	ТСЗ-250/10
12.	40	ТСЗ-250/10	ТСЗ-460/10
13.	15	ТСЗ-460/10	ТСЗ-630/10
14.	20	ТМ-25/6	ТМ-40/6
15.	25	ТМ-25/10	ТМ-40/10
16.	30	ТМ-40/6	ТМ-63/6
17.	35	ТМ-63/6	ТМ- 100/6
18.	40	ТМ-100/10	ТМ-160/10
19.	15	ТМ-160/10	ТМ-250/10
20.	20	ТМ-250/10	ТМ-400/10
21.	25	ТМ-400/10	ТМ-630/10
22.	30	ТМ-630/10	ТМ- 1000/10
23.	35	ТМ- 1000/10	ТМ- 1600/ 10
24.	40	ТМ- 1600/10	ТМ-2500/10
25.	15	ТМ-63/20	ТМ- 100/20
26.	20	ТМ-630/20	ТМ- 1000/20
27.	25	ТМ- 1000/20	ТМ- 1600/20
28.	30	ТМ- 1600/20	ТМ-2500/20
29.	35	ТМ-2500/10	ТМ-4000/10
30.	40	ТМ-4000/20	ТМ-6300/20

Задача №2.4

На подстанции установлено n трансформаторов мощностью S . Выбрать тип и оптимальный режим работы этих трансформаторов. Исходные данные и варианты заданий приведены в табл. 2.3.

Т а б л и ц а 2.3

Исходные данные для задачи №2.4

№вар. Параметры	1	2	3	4	5	6	7
Количество тр-ров, п	2	3	2	3	2	3	2
Мощность тр-ров, кВА	$S_1=S_2=1000$	$S_1=S_2=S_3=630$	$S_1=S_2=400$	$S_1=S_2=S_3=1000$	$S_1=S_2=160$	$S_1=S_2=S_3=160$	$S_1=S_2=250$
№вар. Параметры	8	9	10	11	12	13	14
Количество тр-ров, п	3	2	3	2	3	2	3
Мощность тр-ров, кВА	$S_1=S_2=S_3=250$	$S_1=S_2=400$	$S_1=S_2=S_3=160$	$S_1=S_2=40$	$S_1=S_2=S_3=40$	$S_1=S_2=100$	$S_1=S_2=S_3=63$
№вар. Параметры	15	16	17	18	19	20	21
Количество тр-ров, п	2	3	2	3	2	3	2
Мощность тр-ров, кВА	$S_1=S_2=1000$	$S_1=S_2=S_3=100$	$S_1=S_2=1600$	$S_1=S_2=S_3=400$	$S_1=S_2=2500$	$S_1=S_2=S_3=1600$	$S_1=S_2=25$
№вар. Параметры	22	23	24	25	26	27	28
Количество тр-ров, п	3	2	2	2	2	2	2
Мощность тр-ров, кВА	$S_1=S_2=S_3=2500$	$S_1=S_2=40$	$S_1=S_2=63$	$S_1=S_2=100$	$S_1=S_2=160$	$S_1=S_2=250$	$S_1=S_2=400$
		№вар.	29	30			
		Параметры					
		Количество тр-ров, п	2	2			
		Мощность тр-ров, кВА	$S_1=S_2=1000$	$S_1=S_2=1600$			

Расчетно-графическая работа №3

Задание №3

Тема: Расчет экономии электроэнергии в электрических печах

Цель: Выполнить индивидуальные задания по определению экономии электроэнергии в электрических печах

Перечень вопросов, подлежащих закреплению по данной теме.

1. Расчет экономии электроэнергии при увеличении массы завалки дуговых сталеплавильных печей.

2. Расчет экономии электроэнергии при уменьшении простоя дуговых сталеплавильных печей.

3. Расчет экономии электроэнергии при различной длительности работы электропечей сопротивления.

Задача №3.1

Электродуговая печь номинальной емкостью m при средней загрузке $q_{\text{ср}}$ имеет удельный расход электроэнергии $\mathcal{E}_n$. Разработанные мероприятия позволяют довести массу завалки печи до q_1 от номинальной емкости. Определить экономию электроэнергии отнесенную к 1 т выплавляемой стали. Тип футеровки (основная (О) или кислая (К)) указан в табл. 3.1.

Т а б л и ц а 3.1

Исходные данные для задачи №3.1

Параметры \ №вар.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Номинальная емкость m , т	1,5	3	8	5	10	15	20	30	40	8
Средняя нагрузка $q_{\text{ср}}$, т	1	2,5	7,5	4,5	9,5	14,5	19,5	29,5	39,5	7,5
Удельный расход электроэнергии $\mathcal{E}_n$, кВт·ч/т	150	350	1200	750	1400	2000	2500	3000	4000	1200
Масса завалки q_1 , %	120	130	150	140	160	120	130	140	150	120
Тип футеровки	О	К	О	К	О	К	О	К	О	К

Продолжение таблицы 3.1

Параметры \ №вар.	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Номинальная емкость m , т	0,5	1,5	3	5	8	10	15	20	30	40
Средняя нагрузка $q_{\text{ср}}$, т	0,39	1,2	2,4	4,4	7,6	9,7	14,3	19,8	29,6	39,3
Удельный расход электроэнергии $\mathcal{E}_n$, кВт·ч/т	80	130	330	800	1150	1500	1900	2400	3200	4100
Масса завалки q_1 , %	130	140	150	145	140	135	130	125	120	115
Тип футеровки	О	К	О	К	О	К	О	К	О	К

Продолжение таблицы 3.1

Параметры \ №вар.	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Номинальная емкость m , т	0,5	1,5	3	5	8	10	15	20	30	40
Средняя нагрузка $q_{\text{ср}}$, т	0,45	1,35	2,7	4,3	7,7	9,6	14,5	19,5	29,3	39,7
Удельный расход электроэнергии $\mathcal{E}_n$, кВт·ч/т	90	145	380	725	1200	1600	1850	2500	3300	4200
Масса завалки q_1 , %	130	140	150	145	140	135	130	125	120	115
Тип футеровки	О	К	О	К	О	К	О	К	О	К

Задача №3.2

Для печи с общим удельным расходом $\mathcal{E}_\phi$ работала с суточным простоем $t_{\text{п1}}$. После механизации загрузки печи время простоя сократилось до

$t_{п2}$. Потери холостого хода печи - P_0 (в табл. 3.2 заданы в долях от номинальной мощности печи P_n). Определить экономию электроэнергии, отнесенные к 1 т. металла.

Т а б л и ц а 3.2

Исходные данные для задачи №3.2

Параметры \ №вар.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Суточный простой $t_{п1}$, ч	6,5	6	5,4	5,1	4,5	7,3	6,8	6,3	6,1	5,8	7,1	4	3,6	3,9	7,3
Суточный простой $t_{п2}$, ч	3,1	2,9	4,4	3,4	2,3	4,5	3,2	2,4	2,3	3,2	1	1,2	1	1	2,3
Потери х.х. печи P_0 , от P_n	0,2	0,3	0,2	0,3	0,2	0,3	0,2	0,3	0,2	0,3	0,2	0,3	0,2	0,3	0,2
Удельный расход $\Delta\phi$	900	600	700	820	630	520	910	654	489	965	327	800	700	710	750

Продолжение таблицы 3.2

Параметры \ №вар.	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Суточный простой $t_{п1}$, ч	4,4	4,1	7,1	6,4	6,1	5,8	5,6	5,3	5,1	5,8	5,6	5,6	6,4	7,0	7,3
Суточный простой $t_{п2}$, ч	3,2	2,7	2,8	3,4	1,5	1,2	1,7	1,1	1,4	1,9	1,8	1,3	2,1	2,5	2,6
Потери х.х. печи P_0 , от P_n	0,3	0,2	0,3	0,2	0,3	0,2	0,3	0,2	0,3	0,2	0,3	0,2	0,3	0,2	0,3
Удельный расход $\Delta\phi$	900	600	700	820	630	520	910	654	489	965	327	800	700	710	750

Задача №3.3

Мощность электропечи сопротивления для нагрева изделий из металла до температуры t_1 увеличена с P_1 до P_2 . Мощность тепловых потерь печи ΔP . Производительность печи n . Определить экономию электроэнергии в год.

Т а б л и ц а 3.3

Исходные данные для задачи №3.3

Параметры \ №вар.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Температура изделия t_1 , °C	400	900	820	600	600	1200	1000	1000	800	1200
Первоначальная мощность P_1 , кВт	20	25	30	18	20	35	35	22	20	40
Конечная мощность P_2 , кВт	32	35	42	30	35	42	42	32	33	55
Мощность тепловых потерь ΔP , кВт	5	11	10	7	7	12	11,5	11,5	10	12
Производительность печи n , Т/год	850	670	900	830	820	950	750	920	850	900
Материал изделия	Al	Ni	St	Медь	Al	Ni	St	Медь	Al	Ni

Продолжение таблицы 3.3

Параметры \ №вар.	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Температура изделия $t_1, ^\circ\text{C}$	610	750	850	900	940	1050	1200	1250	1300	1340
Первоначальная мощность $P_1, \text{кВт}$	26	29	22	32	36	38	41	43	33	45
Конечная мощность $P_2, \text{кВт}$	37	41	32	44	43	50	47	55	42	52
Мощность тепловых потерь $\Delta P, \text{кВт}$	10,5	11,3	9,5	11,7	6	10	5	11	8	6
Производительность печи $n, \text{Т/год}$	630	720	810	900	930	540	760	840	890	650
Материал изделия	Al	St	Медь	Ni	Медь	Ni	St	Медь	Ni	Медь

Продолжение таблицы 3.3

Параметры \ №вар.	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Температура изделия $t_1, ^\circ\text{C}$	1400	1440	500	720	840	870	920	980	1020	1100
Первоначальная мощность $P_1, \text{кВт}$	53	44	19	24	35	37	43	45	50	39
Конечная мощность $P_2, \text{кВт}$	61	54	27	31	41	42	54	52	61	49
Мощность тепловых потерь $\Delta P, \text{кВт}$	7	9	6	6	5	4	10	6	10	9
Производительность печи $n, \text{Т/год}$	770	840	880	910	930	900	880	800	760	680
Материал изделия	Zn	Медь	St	Pb	St	Zn	St	Ni	Медь	St

7. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКОЙ РАБОТЕ

7.1 Методические указания для расчетно-графических задач по теме №1

Тема: Энергосбережение в системах электропривода

Цель: Выполнить индивидуальные задания по определению экономии электроэнергии в системах электропривода

Задача №1.1

Двигатель механической установки работает под нагрузкой $T_{н1}$ – время, при этом время х.х. – $T_{х1}$ и со средним значением коэффициента загрузки $K_{з1}$. В результате модернизации механической установки удалось

уменьшить время х.х. до T_{x2} , а коэффициент загрузки повысили до $K_{з2}$. Суточное потребление электроэнергии до модернизации составляло W_{y1} , число часов работы установки в год - n . Определить ожидаемую годовую экономию электроэнергии.

Решение

Для определения годовой экономии электроэнергии воспользуемся формулой

$$W = (W_{y1} - W_{y2}) \cdot n.$$

Определим значение временных коэффициентов $K_{т1}$ и $K_{т2}$

$$K_{т1} = \frac{T_{н1}}{T_{н1} + T_{x1}};$$

$$K_{т2} = \frac{T_{н1}}{T_{н1} + T_{x2}}.$$

По графику $K_w = f(K_3)$ (рис. 1.1) определим значение коэффициентов увеличения удельного расхода электроэнергии K_{w1} ; K_{w2} .

Найдем W_{y2}

$$K_{w1} = \frac{W_{y1}}{W_{y0}}, \quad K_{w2} = \frac{W_{y2}}{W_{y0}},$$

где W_{y0} - удельный расход энергии при отсутствии холостого хода и загрузке $K_3 = 1$;

W_{y1} - фактическое значение удельного расхода электроэнергии за фиксированный промежуток времени.

Отсюда

$$W_{y2} = K_{w2} \cdot \frac{W_{y1}}{K_{w1}}, \left(\frac{\kappa B m \cdot ч}{сум} \right).$$

Окончательно рассчитаем ожидаемую годовую экономию электроэнергии W , кВт·ч/год.

Задача №1.2

Механическое устройство с ЭД работает с нагрузкой $P_{н1}$ и с продолжительностью периода х.х. $T_{х1}$, при этом КПД устройства - η , $K_{т1} = 0,77$. Определите часовую экономию электроэнергии, если нагрузка увеличилась до $P_{н2}$, а временный коэффициент до $K_{т2}$.

Требуется определить $\Delta \mathcal{E}$.

Решение

Часовую экономию электроэнергии определим по формуле

$$\Delta \mathcal{E} = (\beta_1 - \beta_2) \Delta \mathcal{E}_0.$$

Из графика (рис. 1.2) находим β_1 и β_2 . ($b = \frac{\Delta \mathcal{E}}{\Delta \mathcal{E}_0}$, где $\Delta \mathcal{E}_0$ - удельный расход при максимальном использовании привода, т.е. $K_3 = 1, K_T = 1$).

Выбираем $\alpha = 0,8$ ($\alpha = 0,7 \div 0,9$) – коэффициент, зависящий от типа конструкции рабочей машины;

$$\Delta \mathcal{E}_0 = \frac{1 + a(1 - h)}{h}.$$

Определяем часовую экономию $\Delta \mathcal{E}$, кВт·ч.

Задача №1.3

Механическое устройство работает с электродвигателем типа А или другим двигателем по согласованию с преподавателем. В результате модернизации устройства время х.х. стало T_x . Число циклов в час N . Определить экономию электроэнергии.

Решение

Произведем расчет экономии электроэнергии используя формулу:

$$\Delta \mathcal{E} = e \frac{N \cdot P_n \cdot T_{всп}}{3600},$$
$$a = \frac{P_0}{P_n},$$
$$b = \frac{1}{4 \cdot T_{всп}}.$$

$T_{всп}$ – продолжительность межоперационного цикла (для данной задачи допускаем $T_{всп} = T_x$).

Из диаграмм определения эффективности ограничителей холостого хода определим ε (рис. 1.3).

Находим экономию электроэнергии $\Delta \mathcal{E}$, кВт·ч.

Задача №1.4

Электродвигатель А работает с нагрузкой $P_{нагр}$. Необходимо проверить целесообразность его замены ЭД Б.

Исходные данные: $P_{\text{нагр}}$, кВт.

А	Б
$P_{\text{н}}$, кВт	$P_{\text{н}}$, кВт
n , об/мин	n , об/мин
$U_{\text{н}}$, кВ	$U_{\text{н}}$, кВ
η , %	η , %
$\cos \varphi$	$\cos \varphi$

Требуется определить целесообразность его замены ЭД А на Б.

Решение

Рассмотрим двигатель А.

Рассчитаем номинальную потребляемую реактивную мощность

$$Q_{\text{н}} = \frac{P_{\text{н}}}{\eta} \cdot \operatorname{tg} j_{\text{н}}, \text{ (кВАр)}.$$

Находим реактивную мощность потребляемую на х.х.

$$Q_{\text{х}} = \sqrt{3} \cdot U_{\text{н}} \cdot I_{\text{х}}, \text{ (кВАр)}.$$

$$I_{\text{х}} = \frac{0,3 \cdot P_{\text{н}}}{\sqrt{3} \cdot U}, \text{ (А)}.$$

Коэффициент загрузки равен

$$K_{\text{з}} = \frac{P_{\text{нагр}}}{P_{\text{ном}}}.$$

Для асинхронных двигателей $0,5 \leq \gamma \leq 1$ ($\gamma = \frac{\Delta P_{\text{х}}}{\Delta P_{\text{а.н.}}}$ - расчетный коэффициент, зависящий от конструкции ЭД). Выбираем $\gamma = 0,75$.

Определяем прирост потерь активной мощности

$$\Delta P_{\text{а.н.}} = P_{\text{н}} \left(\frac{1 - \eta_{\text{д}}}{\eta_{\text{д}}} \right) \left(\frac{1}{1 + \gamma} \right) \text{ (кВт)}.$$

Произведем расчет потерь холостого хода

$$\Delta P_{\text{х}} = P_{\text{н}} \left(\frac{1 - \eta_{\text{д}}}{\eta_{\text{д}}} \right) \left(\frac{\gamma}{1 + \gamma} \right) \text{ (кВт)}.$$

Рассчитаем суммарные потери активной мощности

$$\Delta P_{\Sigma 1} = [Q_{\text{х}} (1 - K_{\text{з}}^2) + K_{\text{з}}^2 \cdot Q_{\text{ном}}] \cdot K_{\text{з}} + \Delta P_{\text{х}} + K_{\text{з}} \cdot \Delta P_{\text{а.н.}}, \text{ (кВт)}.$$

$K_{\text{з}}$ – коэффициент повышения потерь для низковольтных потребителей 0,125 кВт/кВАр, для высоковольтных – 0,07 кВт/кВАр.

Рассмотрим двигатель Б.

Рассчитаем номинальную потребляемую реактивную мощность

$$Q_H = \frac{P_H}{h} \cdot \operatorname{tg} j_H, \text{ (кВАр).}$$

Находим реактивную мощность потребляемую на х.х.

$$Q_x = \sqrt{3} \cdot U_H \cdot I_x, \text{ (кВАр),}$$

$$I_x = \frac{0,3 \cdot P_H}{\sqrt{3} \cdot U}, \text{ (А).}$$

Коэффициент загрузки равен

$$K_3 = \frac{P_{\text{нагр}}}{P_{\text{ном}}}.$$

Для асинхронных двигателей $0,5 \leq \gamma \leq 1$. Выбираем $\gamma = 0,75$.

Определяем прирост потерь активной мощности

$$\Delta P_{\text{а.н.}} = P_H \left(\frac{1 - h_d}{h_d} \right) \left(\frac{1}{1 + g} \right) \text{ (кВт).}$$

Произведем расчет потерь холостого хода

$$\Delta P_x = P_H \left(\frac{1 - h_d}{h_d} \right) \left(\frac{g}{1 + g} \right) \text{ (кВт).}$$

Рассчитаем суммарные потери активной мощности

$$\Delta P_{\Sigma 2} = [Q_x (1 - K_3^2) + K_3^2 \cdot Q_{\text{ном}}] \cdot K_3 + \Delta P_x + K_3 \cdot \Delta P_{\text{а.н.}}, \text{ (кВт)}$$

Произведем сравнение $\Delta P_{\Sigma 1} > \Delta P_{\Sigma 2}$, если условие соблюдается, то двигатель Б подходит для замены двигателя А.

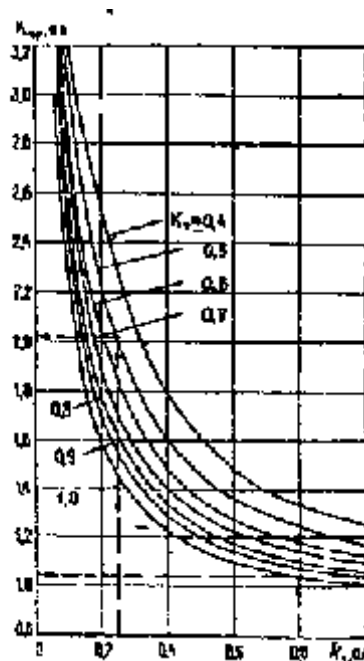


Рис. 1.1. График зависимости $K_w = f(K_3)$

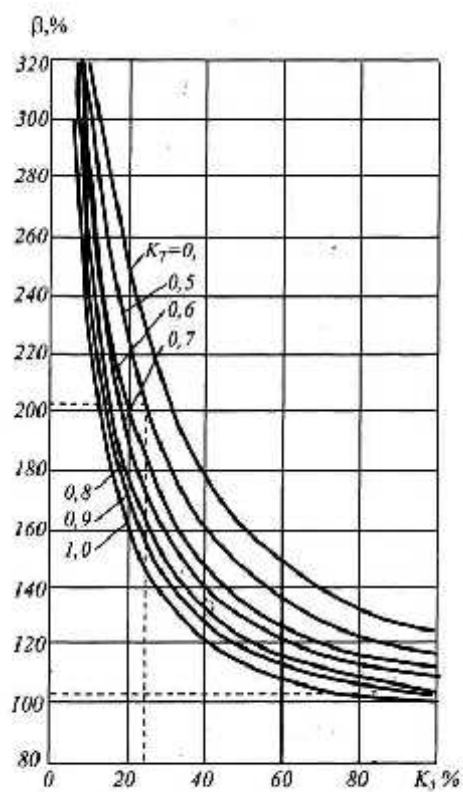


Рис. 1.2. График зависимости $\beta = f(K_3)$

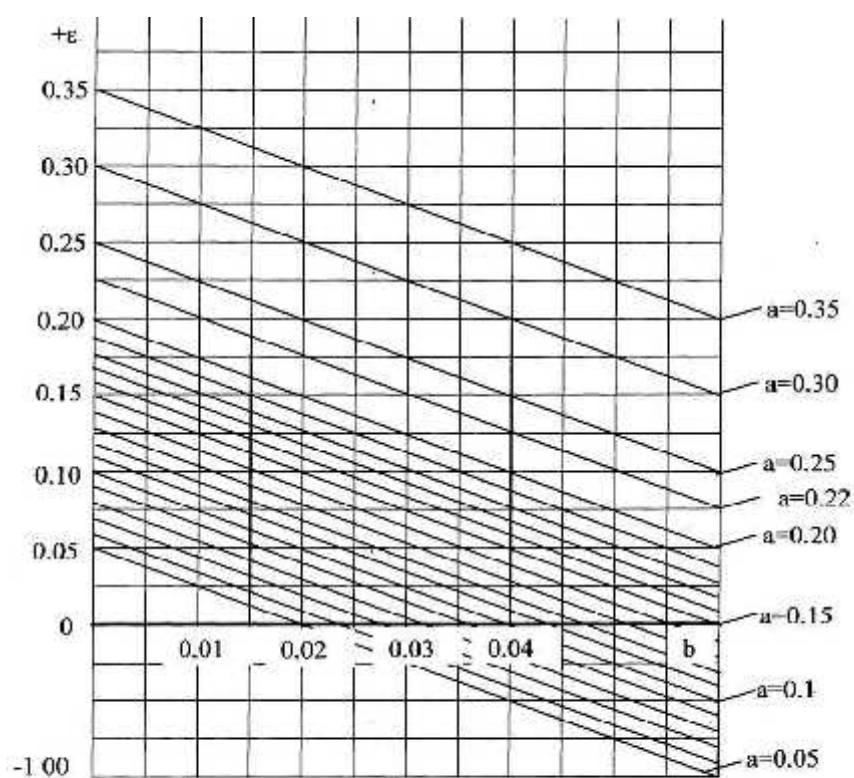


Рис. 1.3. Диаграмма определения эффективности ограничителей холостого хода

7.2. Методические указания для расчетно-графических задач по теме № 2

Тема: Расчет ожидаемой экономии электроэнергии в сетях и трансформаторах

Цель: Выполнить индивидуальные задания по определению ожидаемой экономии электроэнергии в сетях и трансформаторах

Задача №2.1

Кабельная сеть напряжением $U_{\text{л}}$ питает трансформаторную подстанцию. Трехжильный кабель имеет площадь сечения жил $S_{\text{ж}}$. Средняя нагрузка трансформаторной подстанции за сутки $I_{\text{с}}$, а коэффициент мощности равен $\cos \varphi_{\text{пс}}$. Коэффициент формы графика нагрузки по току $K_{\text{ф}}=1,035$. Определить потери мощности, электроэнергии и напряжения в кабельной сети.

Решение:

1. Определим потери активной мощности.

$$\Delta P_{\text{с}} = 3 \cdot I^2 \cdot r,$$

$$r = \rho \frac{\ell}{S}, \text{ Ом.}$$

Для меди $\rho=18,8 \text{ Ом}\cdot\text{мм}^2/\text{км}$, для алюминия $\rho=31,5 \text{ Ом}\cdot\text{мм}^2/\text{км}$.

2. Потери активной энергии

$$\Delta W_{\text{с}} = 3 \cdot K_{\text{ф}}^2 \cdot I_{\text{ср}}^2 \cdot r \cdot T, \text{ кВт}\cdot\text{ч/сут}$$

T – продолжительность учетного периода, ч.

$K_{\text{ф}}$ – коэффициент формы графика нагрузки по току.

3. Потери напряжения в сети определим аналитическим методом, В

$$\Delta U = \frac{\sqrt{3}}{K_{\text{п.н.}}} I (r \cdot \cos \varphi + x \cdot \sin \varphi),$$

φ – угол сдвига векторов тока и напряжения в конце участка сети,

$K_{\text{п.н.}}$ – поправочный коэффициент, в расчетах принимают равным 0,89 – для кабелей, 0,97 – для воздушных линий.

$x_0 = 0,07 \text{ Ом/км}$ для кабельных линий напряжением до 10 кВ, $x_0 = 0,12 \text{ Ом/км}$ для кабельных линий напряжением до 35 кВ.

В % по отношению к номинальному напряжению

$$\Delta U\% = \Delta U \cdot \frac{100}{U_{\text{н}}}.$$

Задача №2.2

Трансформатор типа А работает с перегрузкой X , (%) от номинальной мощности трансформатора, проверить можно ли заменить трансформатор А на трансформатор Б. Определить потери мощности и электроэнергии.

Решение

Замена перегруженных трансформаторов на подстанции на трансформаторы большей мощности производится, если выполняется условие

$$K_{3l} > K_{3l}^B, \quad (1)$$

где K_{3l} - коэффициент загрузки трансформаторов; K_{3l}^B - коэффициент верхнего предела экономически целесообразной загрузки.

Коэффициент загрузки трансформаторов определяется по выражению

$$K_{3l} = \frac{S}{S_{нл}},$$

где S - фактическая полная мощность нагрузки; $S_{нл}$ - номинальная полная мощность трансформатора.

Коэффициент верхнего предела экономически целесообразной загрузки определяется по выражению

$$K_{3l}^B = \sqrt{\frac{(\Delta P_{xl} + 1 - \Delta P_{xl}) \cdot t_{xx} \cdot \mathcal{E}_{эx}}{(\Delta P_{kl} - K_{вт}^2 \Delta P_{kl} + 1) \cdot t_{кз} \cdot \mathcal{E}_{эк}}},$$

где ΔP_x , ΔP_k - паспортные значения потерь соответственно х.х. и к.з.; $\mathcal{E}_{эx}$ и $\mathcal{E}_{эк}$ - удельные затраты на потери электроэнергии соответственно х.х. и к.з. и определяемые по формуле

$$\mathcal{E}_э = \frac{1}{100} \left(A + B \frac{K_m}{t} \right),$$

где A , B - коэффициенты определяемые по таблице (в расчетах можно принять $A = 0,91$, $B = 3880$); K_m - коэффициент, характеризующий отношение нагрузки элемента сети в период максимальной нагрузки к наибольшей нагрузке элемента сети ($K_m = 0,85$); t - продолжительность работы трансформатора в год (составляет $t_{xx} = 8760$ часов), а $t_{кз}$ - продолжительность работы трансформатора в течение наибольших потерь для различных нагрузок (для коммунально-бытовой нагрузки - 2700 часов); $K_{вт}$ - отношение номинальных мощностей заменяемого (l) и заменяющего ($l+1$) трансформаторов

$$K_{вт} = \frac{S_{нл}}{S_{нл+1}},$$

где $S_{нл}$ - номинальная мощность заменяемого трансформатора; $S_{нл+1}$ - номинальная мощность заменяющего трансформатора.

Если условие (1) выполняется, то осуществляем замену и определяем:

1) нагрузочные потери э/э, кВт-ч

$$\Delta W_{\kappa} = (\Delta P_{\kappa l} - K_{\text{вт}}^2 \cdot \Delta P_{\kappa l+1}) \cdot K_{\text{зл}} \cdot t_{\text{к.з.}} \cdot K_{\text{п}},$$

где $K_{\text{п}}$ - коэффициент запаса можно взять равным 0,8;

2) потери э/э при х.х., кВт-ч

$$\Delta W_{\text{хх}} = (\Delta P_{\text{хл}} + 1 - \Delta P_{\text{хл}}) \cdot t_{\text{хх}},$$

3) суммарные снижения э/энергии кВтч

$$\Sigma W = \Delta W_{\kappa} - \Delta W_{\text{хх}},$$

4) потери активной мощности перегруженного трансформатора, кВтч

$$\Delta P_l = \Delta P_{\text{хл}} + K_{\text{зл}}^2 \cdot \Delta P_{\kappa l};$$

5) потери активной мощности заменяющего трансформатора

$$\Delta P_{l+1} = \Delta P_{\text{хл}+1} + K_{\text{зл}+1}^2 \cdot \Delta P_{\kappa l+1},$$

$$K_{\text{зл}+1} = \frac{S}{S_{\text{нл}+1}}.$$

6) суммарное снижение потерь активной мощности

$$\Sigma \Delta P = \Delta P_l - \Delta P_{l+1}, \text{ (кВт)}.$$

Если окажется, что $\Delta W > 0$ (т.е. потери электроэнергии в результате замены снизятся) и $\Delta P > 0$ (т.е. потери мощности так же снижаются), то такая замена с точки зрения энергосбережения целесообразна.

Задача №2.3

Трансформатор типа Б работает с недогрузкой X, (%) от номинальной мощности трансформатора, проверить можно ли заменить трансформатор Б на трансформатор А. Определить потери мощности и электроэнергии.

Решение:

1. Определим коэффициент загрузки перегруженного трансформатора

$$K_{\text{зл}} = \frac{S}{S_{\text{нл}}}.$$

2. Находим удельные затраты на потери электроэнергии при х.х. и к.з.

$$\Theta_{\text{эк}} = \frac{1}{100} \left(A + B \frac{K_{\text{м}}}{t_{\text{к}}} \right),$$

$$\Theta_{\text{эх}} = \frac{1}{100} \left(A + B \frac{K_{\text{м}}}{t_{\text{х}}} \right).$$

3. Определим коэффициент нижнего предела экономии целесообразной загрузки

$$K_{3l}^H = \sqrt{\frac{(P_{xl} - P_{xl-1}) \cdot t_{xx} \cdot \Delta_{\text{эх}}}{\left(K_{\text{нт}}^2 P_{kl} - 1 - P_{kl}\right) \cdot t_{\text{кз}} \cdot \Delta_{\text{эк}}}}$$

$$K_{\text{нт}} = \frac{S_{\text{нл}}}{S_{\text{нл-1}}}.$$

Если $K_{3l} > K_{3l}^H$, то замену трансформаторов производить нецелесообразно.

Задача №2.4

На подстанции установлены n трансформаторов мощностью S . Выбрать тип и оптимальный режим работы этих трансформаторов.

В условиях эксплуатации следует предусматривать экономически целесообразный режим работы трансформаторов. Сущность его состоит в том, что при наличии на подстанции нескольких трансформаторов, могущих работать на общие шины, число включенных трансформаторов определяю условие, обеспечивающим минимальные потери активной мощности в этих трансформаторах при работе их по заданному графику нагрузки.

Для того чтобы определили оптимальную загрузку трансформатора необходимо построить зависимость потерь активной мощности ΔP_T как функции полной мощности нагрузки $S_{\text{нт}}$.

Для этого можно воспользоваться графическим или аналитическим методами.

Графический метод.

Потери активной мощности данного трансформатора

$$\Delta P_T = n \cdot \Delta P_x + \frac{1}{n} \Delta P_k \cdot b^2,$$

где n – число трансформаторов, $b = \frac{S_{\text{нт}}}{S_{\text{нт}}}$ – коэффициент загрузки трансформатора.

Сначала рассчитывают потери активной мощности для одного трансформатора при различной $S_{\text{нт}}$

$$\Delta P_T = P_x + P_k \cdot b^2, \quad b = \frac{S_{\text{нт}}}{S_{\text{нт}}}.$$

Данные сводят в таблицу.

Рассчитываем потери активной мощности для n параллельно работающих трансформаторов, данные расчета сводятся во вторую таблицу.

Для того чтобы определили оптимальную загрузку трансформатора необходимо построить зависимость потерь активной мощности ΔP_T как

функции полной мощности нагрузки $S_{нг}$. Согласно таблице, строим графики зависимости $\Delta P_T = f(S_{нг})$.

Из графика находим нагрузку, при которой необходимо перейти на работу с двумя трансформаторами. Определим мощность нагрузки, при которой трансформаторы включают параллельно - *аналитически*, т.е. при таком условии необходимо переходить на параллельную работу. При отключении одного трансформатора, оставшиеся в работе сможет пропускать мощность

$$S_{пер} = 1,4 \cdot S_{тр}, \text{ кВА.}$$

Коэффициент 1,4 учитывает допустимую нагрузку трансформатора в аварийном режиме.

Пример. На подстанции установлено два трансформатора мощностью 400 и 630 кВА. В графике приведены потери на рис. 2.1 требуется выбрать оптимальный режим работы этих трансформаторов.

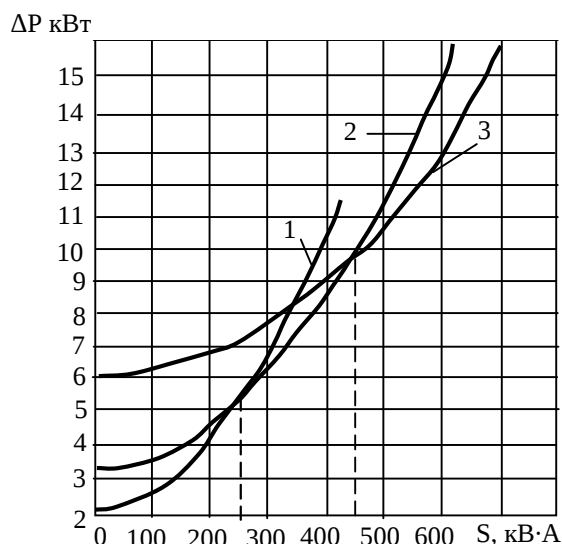


Рис. 2.1 Приведенные потери для определения экономически целесообразного режима работы трансформаторов 400 и 630 кВ·А, напряжение 10 кВ.
 1-изолированная работа трансформатора 400 кВ·А;
 2- изолированная работа трансформатора 630 кВ·А;
 3-параллельная работа трансформаторов 400 и 630 кВ·А

1. При нагрузке от 0 до 260 кВА целесообразно включать трансформатор 400 кВА.

2. При нагрузках от 260 до 450 кВА целесообразно трансформатор 400 кВА вывести за работы, включив трансформатор 630 кВА.

3. При росте нагрузки >450 кВА целесообразна параллельная работа двух трансформаторов.

7.3 Методические указания для расчетно-графических задач по теме №3

Тема: Расчет экономии электроэнергии в электрических печах

Цель: Выполнить индивидуальные задания по определению экономии электроэнергии в электрических печах

Задача №3.1

Электродуговая печь номинальной емкостью m при средней загрузке $q_{\text{ср}}$ имеет удельный расход электроэнергии $\Delta\mathcal{E}_n$. Разработанные мероприятия позволяют довести массу завалки печи до q_1 от номинальной емкости.

Определить экономию электроэнергии, отнесенную к 1 т выплавляемой стали. Тип футеровки (основная (О) или кислая (К)) указан в таблице.

Решение

1. По графику зависимости изменения удельных расходов электрической энергии от массы завалки (рис. 1) определяем удельный расход электроэнергии до осуществления мероприятий по повышению загрузки $\Delta\mathcal{E}_{1\text{уд}}$ в % удельного расхода электроэнергии, а при осуществлении мероприятий по повышению загрузки - $\Delta\mathcal{E}_{2\text{уд}}$ в %.

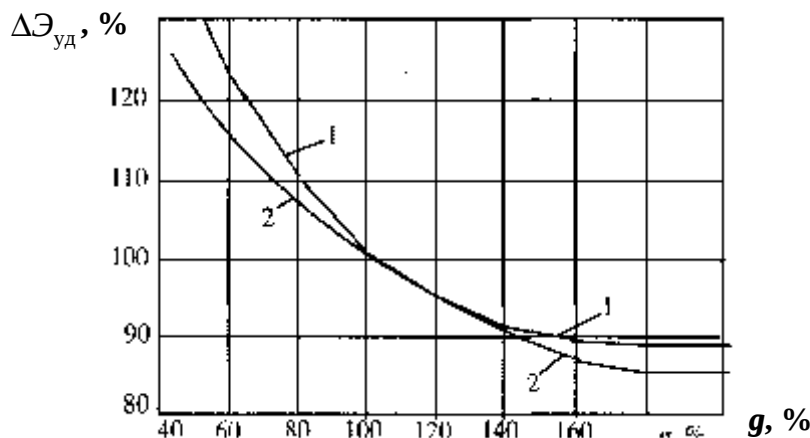


Рис. 3.1. Зависимость изменения удельных расходов электроэнергии от массы плавки.
1 - печи с основной футеровкой; 2 - печи с кислой футеровкой

2. Определяем экономический эффект разработанных мероприятий.

$$\Delta\mathcal{E}_1 = \frac{\Delta\mathcal{E}_{1\text{уд}}}{100} \cdot \Delta\mathcal{E}_n, \quad [\text{кВт} \cdot \text{ч}];$$

$$\Delta\mathcal{E}_2 = \frac{\Delta\mathcal{E}_{2\text{уд}}}{100} \cdot \Delta\mathcal{E}_n, \quad [\text{кВт} \cdot \text{ч}].$$

3. Достигаемая экономия электроэнергии, отнесенная к 1 т стали составит:

$$\Delta \mathcal{E} = \Delta \mathcal{E}_1 - \Delta \mathcal{E}_2.$$

Задача №3.2

Электродуговая печь емкостью n тонн, с фактическим удельным расходом электроэнергии $\mathcal{E}_\phi$, работала суточным простоем t'_π . После механизации загрузки печи время простоя сократилось до t''_π . Потери ХХ печи P_0 (в таблице заданы в долях от номинальной мощности печи).

Определить экономию электроэнергии, отнесенную к одной тонне выплавленного металла.

Решение

1. По графику удельных расходов электроэнергии от длительности простоя печи (рис. 3.2) определим

$$\Delta \mathcal{E}_{y,\phi 1}, \text{ (при } P_0).$$

2. Определяем номинальный удельный расход электроэнергии:

$$\Delta \mathcal{E}_{y,\text{ном}} = \frac{\mathcal{E}_\phi}{\Delta \mathcal{E}_{y,\phi 1}}, \text{ [кВт} \cdot \text{ч/т]}.$$

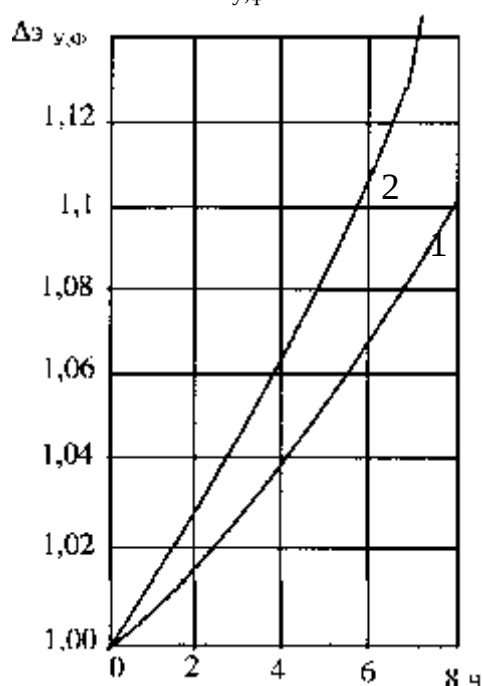


Рис. 3.2. Зависимость удельных расходов электроэнергии от длительности простоев печи. 1 - при $P_0 = 0,2P_n$; 2 - при $P_0 = 0,3P_n$

3. Определяем фактический удельный расход энергии после осуществления мероприятий по снижению простоя печи:

$$\mathcal{E}_{\phi}'' = \Delta \mathcal{E}_{y,\phi 2} \cdot \Delta \mathcal{E}_{y,\text{ном}}, \text{ [кВт} \cdot \text{ч/т]}$$

где $\Delta \mathcal{E}_{y,\phi 2}$ - коэффициент повышения удельных расходов энергозависимости от простоя печи.

4. Определим полученную экономию энергии, отнесенную к одной тонне выплавленного металла:

$$\Delta \mathcal{E} = \mathcal{E}_{\phi} - \mathcal{E}_{\phi}''.$$

Задача №3.3

Мощность печи сопротивления для нагрева изделий из определенного материала до температуры t_1 , увеличилась с P_1 до P_2 , мощности тепловых потерь ΔP . Производительность печи n , т/год.

Определить экономию электроэнергии в год.

Решение

1. Теоретически количество электроэнергии, необходимой для нагрева изделий до t° , $^\circ\text{C}$, требуемой технологическим процессом, определяем по графику на рис. 3.3 $\mathcal{E}$, [кВт·ч/кг].

2. Масса выплавленного металла в час

$$G_1 = \frac{0,85 \cdot P_{\text{печи}} - P_{\text{пот}}}{\mathcal{E}}.$$

3. Удельный расход энергии на термообработку:

$$\Delta \mathcal{E} = \frac{0,85 \cdot P_{\text{печи}}}{G}$$

4. Экономия электроэнергии в год:

$$\Delta \mathcal{E}'_1 = \Delta \mathcal{E} \cdot n, \text{ [кВтч/год]}.$$

5. Масса выплавленного металла в час:

$$G_2 = \frac{0,85 \cdot P_2 - P_{\text{пот}}}{\mathcal{E}}, \text{ [кг/ч]}.$$

6. Удельный расход энергии на термообработку:

$$\Delta \mathcal{E}_2 = \frac{0,85 \cdot P_2}{G_2}, \text{ [кВт} \cdot \text{ч/кг]}.$$

7. Удельный расход электроэнергии в год:

$$\Delta \mathcal{E}'_2 = \Delta \mathcal{E}_2 \cdot n, \text{ [кВт} \cdot \text{ч/год]}.$$

8. Экономия электроэнергии в год:

$$\Delta \mathcal{E} = \Delta \mathcal{E}'_1 - \Delta \mathcal{E}'_2, \text{ [кВт} \cdot \text{ч/год]}.$$

Вывод: При увеличении мощности печи сопротивления для нагрева изделий, появляется экономия электроэнергии.

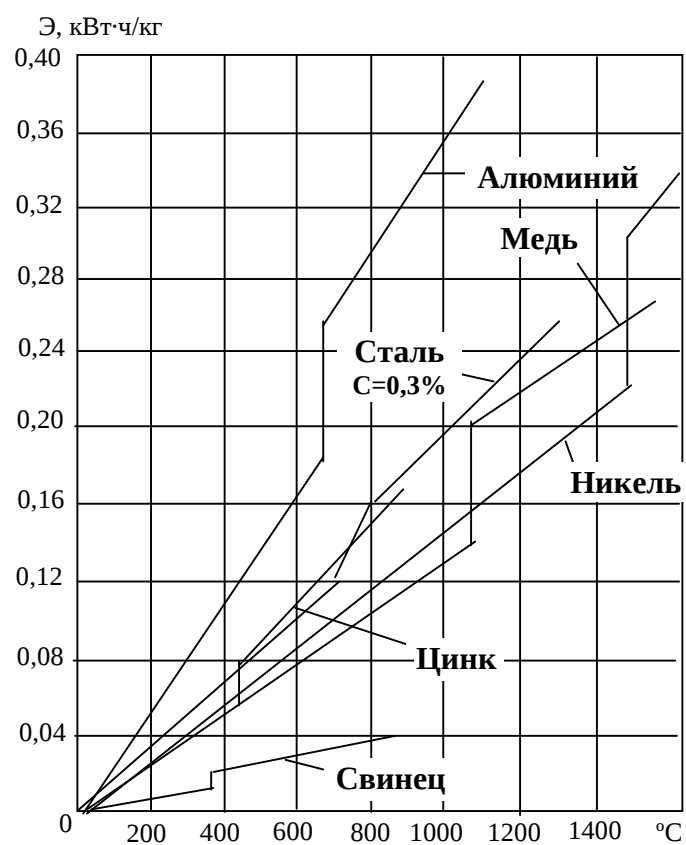


Рис. 3.3. Теоретический расход электроэнергии, необходимый для нагрева изделий до температуры, требуемой технологическим процессом

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

1. Федеральный закон № 261 «Об энергосбережении и повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» от 23.11.2009 г.
2. ГОСТ Р 51541-99 «Энергосбережение. Энергетическая эффективность. Основные положения».
3. ГОСТ Р 51379-99 «Энергосбережение. Энергетический паспорт промышленного потребителя топливно-энергетических ресурсов. Основные положения. Типовые формы».
4. ПУЭ-7 Правила устройства электроустановок. - М.: Энергоатомиздат, 2009. - 45 с.
5. Правила техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей. - М.: Энергоатомиздат, 2001. (в ред. Изменений и дополнений, утв. Минтрудом РФ 18.02.2003, Минэнерго РФ 20.02.2003). - 144 с.
6. Ю.В. Копытов, Б.А. Чуланов. Экономия электроэнергии в промышленности: справочник. - М.: Энергия, 1978. - 120 с.
7. В.М. Мамалыга. Энергосберегающие режимы и технологии. Конспект лекций. - Киев: КПИ, 1995.
8. В.А. Гольстрем, Ю.Л. Кузнецов. Справочник по экономии топливно-энергетических ресурсов. - К.: Техника, 1985. - 383 с.
9. А.Р. Никонов, П.В. Ползик. Расчеты экономии электроэнергии. - Минск: Гос. издан БССР, 1980. – 360 с.
10. Б.И. Ключев. Электропривод и автоматизация общепромышленных механизмов. - М.: Энергия, 1980. - 360 с.
11. Б.И. Вейц. Экономия электроэнергии в промышленности. - Л.: Госэнергоиздат. 1947.
12. Потребление и экономия электроэнергии в стационарной энергетике железнодорожного транспорта / Л.Н. Поплавский, Ю.П. Пориц, Б.Д. Красков и др. - М.: Транспорт. 1976. - 216 с.
13. Справочник по электропотреблению в промышленности / под ред. Г.П. Минина, Ю.В. Копытова. - М.: Энергия, 1976. - 496с.
14. Вахвахов Г.Г. Работа вентиляторов в сети. - М.: Стройиздат, 1975. - 101 с.
15. В.И. Ключев. Выбор электродвигателей для производственных механизмов. - М.: Энергия, 1974. - 96 с.
16. Справочник по электроснабжению и электрооборудованию: в 2 т. / под общ. ред. А.А. Федорова. - М.: Энергоатомиздат, 1986 - Т.1 - 568с. и Т.2 - 592с.
17. В.Н. Белоусов, Ю.В. Копытов. Пути экономии энергоресурсов в народном хозяйстве. - М.: Энергоатомиздат, 1986. - 128 с.

18. Электропривод. Tasis. Центр подготовки энергоменеджеров. - Киев, 1999.

19. А.Н. Закладной, А.В. Праховник, А.И. Соловей. Энергосбережение средствами промышленного электропривода. – К.: «ДИЯ», 2001. – 343 с. И.Ф. Ильинский, В.В. Москаленко. Электропривод: энерго- и ресурсосбережения: учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений. – М.: Издательский центр «Академия», 2008. – 298 с.

20. ГОСТ Р 51387-99 «Энергосбережение. Нормативно-методическое обеспечение. Основные положения».

21. Протасевич А.М. Энергосбережение в системах теплогазоснабжения, вентиляции и кондиционирования воздуха: учебное пособие для вузов по специальности "Теплогазоснабжение, вентиляция и охрана воздушного бассейна" – Мн.: Новое знание, М.: ИНФРА-М., 2012. – 285 с.

22. Перспективы энергетических технологий 2006. Сценарии и стратегии до 2050г. ОЭСР/МЭА, WWF России (пер. на рус. яз., ред. часть 1 А.Кокорин, часть 2 Т.Муратова. – М.: 2007. – 586 с.

23. Фокин В.М. Основы энергосбережения и энергоаудита. М.: «Издательство Машиностроение-1», 2006. – 256 с.

24. Ануфриев В.Н., Андреев Н.А. Энергосбережение в зданиях: пособие. – Мн.: Альтиора - Живые краски, 2011. - 75 с.

25. Елистратов В.В. Использование возобновляемой энергии. – СПб: Изд-во Политех. ун-та, 2008. – 224 с.

26. Молодёжникова Л.И. Энергосбережение в теплоэнергетике и теплотехнологиях. – Томск: Из-во Томского политехнического университета, 2011. – 205 с.

27. Фаустова И.Л. Управление реализацией программы энергосбережения на промышленных предприятиях. Актуальные вопросы экономических наук. – 2010. – № 11-3. – С. 229-233.

28. Кондратьев В.В. Организация энергосбережения (энергоменеджмент) В.В. Кондратьев. – М.: НИЦ ИНФРА-М, 2016. – 108 с.

29. Сапрыкин А.А. Энергосбережение на предприятии // Новый университет. – 2011. – № 3(3). – С. 43-45.

Учебное издание

**Куликова Наталья Александровна
Титаренко Оксана Николаевна**

**ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ
РЕЖИМЫ И ТЕХНОЛОГИИ**

*Учебно-методическое пособие
по выполнению расчетно-графических работ по дисциплине*

В авторской редакции

Изд. № 105/17. Объем 3 п.л.
РИИЦМ ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»