



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова»

УТВЕРЖДАЮ  
Директор ИЭиАС  
В.Р. Храмшин

10.02.2023 г.



**ПРОГРАММА**

***ГОСУДАРСТВЕННОЙ ИТОГОВОЙ АТТЕСТАЦИИ***

Направление подготовки (специальность)  
13.04.02 Электроэнергетика и электротехника

Направленность (профиль/специализация) программы  
Цифровой менеджмент в электроэнергетике

Уровень высшего образования - магистратура

Форма обучения  
очная

|                     |   |
|---------------------|---|
| Институт/ факультет | Институт энергетики и автоматизированных систем |
| Кафедра             | Электроснабжения промышленных предприятий       |
| Курс                | 2   |
| Семестр             | 4   |

Магнитогорск  
2023 год

Программа государственной итоговой аттестации составлена на основе ФГОС ВО - магистратура по направлению подготовки 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника (приказ Минобрнауки России от 28.02.2018 г. № 147)

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры  
Электроснабжения промышленных предприятий  
23.01.2023 г., протокол № 4

Зав. кафедрой  А.В. Варганова

Рабочая программа одобрена методической комиссией ИЭиАС  
10.02.2023 г., протокол № 7

Председатель  В.Р. Храмшин

Рабочая программа составлена:

зав. кафедрой ЭПП, канд. техн. наук  А.В. Варганова  
доцент кафедры ЭПП, канд. техн. наук  О.В. Газизова

Рецензент:

начальник ЦЭСиП ПАО «ММК», канд. техн. наук  Н.А. Николаев



## 1. Общие положения

Государственная итоговая аттестация проводится государственными экзаменационными комиссиями в целях определения соответствия результатов освоения обучающимися образовательных программ соответствующим требованиям федерального государственного образовательного стандарта.

Магистр по направлению подготовки 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника должен быть подготовлен к решению задач профессиональной деятельности следующих типов в соответствии с направленностью (профилем) образовательной программы Цифровой менеджмент в электроэнергетике:

- научно-исследовательский;
- педагогический;
- организационно-управленческий;
- проектный;
- эксплуатационный.

В соответствии с видами и задачами профессиональной деятельности выпускник на государственной итоговой аттестации должен показать соответствующий уровень освоения следующих компетенций:

- Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, выработать стратегию действий (УК-1);
- Способен управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла (УК-2);
- Способен организовывать и руководить работой команды, выработывая командную стратегию для достижения поставленной цели (УК-3);
- Способен применять современные коммуникативные технологии, в том числе на иностранном(ых) языке(ах), для академического и профессионального взаимодействия (УК-4);
- Способен анализировать и учитывать разнообразие культур в процессе межкультурного взаимодействия (УК-5);
- Способен определять и реализовывать приоритеты собственной деятельности и способы ее совершенствования на основе самооценки (УК-6);
- Способен формулировать цели и задачи исследования, выявлять приоритеты решения задач, выбирать критерии оценки (ОПК-1);
- Способен применять современные методы исследования, оценивать и представлять результаты выполненной работы (ОПК-2);
- Способен самостоятельно выполнять исследования, оценивать риск и определять меры по обеспечению безопасности разрабатываемых новых технологий, объектов профессиональной деятельности (ПК-1);
- Способен к реализации различных видов учебной работы (ПК-2);
- Готов организовывать и проводить экспертизы существующих и предлагаемых проектно-конструкторских и технологических решений (ПК-3);
- Способен организовать работу по формированию прогнозов на стоимость и объем электрической энергии, покупаемой на энергорынках (ПК-4);
- Способен разрабатывать отдельные разделы проектов, осуществлять их технико-экономическое обоснование, применять методы анализа вариантов, разработки и поиска компромиссных решений (ПК-5);
- Способен к обеспечению требуемых параметров режима и размещения резерва, принятию решений по диспетчерским заявкам, организации и руководству оперативными переключениями (ПК-6).

На основании решения Ученого совета университета от 15.02.2023 (протокол № 3) государственные аттестационные испытания по направлению подготовки 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника проводятся в форме:

- государственного экзамена;
- защиты выпускной квалификационной работы.

К государственной итоговой аттестации допускается обучающийся, не имеющий академической задолженности и в полном объеме выполнивший учебный план или индивидуальный учебный план по данной образовательной программе.

## **2. Программа и порядок проведения государственного экзамена**

Согласно рабочему учебному плану подготовка к сдаче и сдача государственного экзамена проводится в период с 02.06.2025 по 16.06.2025. Для проведения государственного экзамена составляется расписание экзамена и предэкзаменационной консультации (консультирование обучающихся по вопросам, включенным в программу государственного экзамена).

Период проведения государственного экзамена указывается в соответствии с графиком учебного процесса на текущий учебный год (Календарный учебный график см. на Образовательном портале или Корпоративном портале в разделе «Учебная информация»). Если образовательная программа реализуется для нескольких форм обучения, сроки проведения государственного экзамена указываются отдельно для каждой из них.

Государственный экзамен проводится на открытых заседаниях государственной экзаменационной комиссии в специально подготовленных аудиториях, выведенных на время экзамена из расписания. Присутствие на государственном экзамене посторонних лиц допускается только с разрешения председателя ГЭК.

Обучающимся и лицам, привлекаемым к государственной итоговой аттестации, во время ее проведения запрещается иметь при себе и использовать средства оперативной и мобильной связи.

Государственный экзамен проводится в устной форме.

Государственный экзамен включает 3 теоретических вопроса и 1 практическое задание. Продолжительность устного экзамена составляет 30 минут на подготовку и 30 минут на ответ для каждого экзаменуемого

Государственный экзамен проводится по одной или нескольким дисциплинам и/или модулям образовательной программы, результаты, освоения которых имеют определяющее значение для профессиональной деятельности выпускников.

Во время государственного экзамена студент может пользоваться учебными программами, макетами, альбомами схем и другими наглядными пособиями.

После устного ответа на вопросы экзаменационного билета экзаменуемому могут быть предложены дополнительные вопросы в пределах учебного материала, вынесенного на государственный экзамен.

Результаты государственного экзамена определяются оценками: «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно» и объявляются в день приема экзамена.

Критерии оценки государственного экзамена:

– на оценку «отлично» (5 баллов) – обучающийся должен показать высокий уровень сформированности компетенций, т.е. показать способность обобщать и оценивать информацию, полученную на основе исследования нестандартной ситуации; использовать сведения из различных источников; выносить оценки и критические суждения, основанные на прочных знаниях;

– на оценку «хорошо» (4 балла) – обучающийся должен показать продвинутый уровень сформированности компетенций, т.е. продемонстрировать глубокие прочные знания и развитые практические умения и навыки, умение сравнивать, оценивать и выбирать методы решения заданий, работать целенаправленно, используя связанные между собой формы представления информации;

– на оценку «удовлетворительно» (3 балла) – обучающийся должен показать базовый уровень сформированности компетенций, т.е. показать знания на уровне воспроизведения и объяснения информации, профессиональные, интеллектуальные навыки решения стандартных задач.

–на оценку «неудовлетворительно» (2 балла) – обучающийся не обладает необходимой системой знаний, допускает существенные ошибки, не может показать интеллектуальные навыки решения простых задач.

– на оценку «неудовлетворительно» (1 балл) – обучающийся не может показать знания на уровне воспроизведения и объяснения информации, не может показать интеллектуальные навыки решения простых задач. Результаты государственного экзамена объявляются в день его проведения.

Результаты государственного экзамена объявляются в день его проведения.

Обучающийся, успешно сдавший государственный экзамен, допускается к выполнению и защите выпускной квалификационной работе.

## **2.1 Содержание государственного экзамена**

### **2.1.1 Перечень теоретических вопросов, выносимых на государственный экзамен**

#### **1. Цифровой менеджмент в электроэнергетике**

1. Основные направления энергосбережения.
2. Основы энергетического менеджмента.
3. Автоматизированные системы учета и управления энергопотреблением.
4. Энергетические балансы и энергетические характеристики производства.
5. Развитие собственной энергетической базы предприятия.
6. Использование вторичных энергетических ресурсов.
7. Показатели режима электропотребления.
8. Закономерности энергопотребления по уровням управления.
9. Нормирование и прогнозирование энергозатрат.
10. Оптимизация режимов энергопотребления.
11. Эффективность энергопотребления энергоёмких производств.

#### **2. Оптимальные режимы работы генерирующих источников**

1. Математическое моделирование элементов электроэнергетической системы для решения оптимизационных задач.
2. Математические методы оптимизации.
3. Оптимизация в условиях неопределенности исходной информации.
4. Расчет оптимального режима и эквивалентных характеристик тепловых электростанций.
5. Оптимизация режима энергосистем, электрических сетей, систем электроснабжения.
6. Методика оптимизации краткосрочных режимов энергосистем, энергообъединений и систем электроснабжения по активной мощности.
7. Оценивание состояния энергосистемы.
8. Оптимизация развития электроэнергетических систем.
9. Автоматизированные системы диспетчерского управления.

#### **3. Энергосберегающие технологии в области электроэнергетики**

1. Что понимается под качеством электроэнергии?
2. Как влияют отклонения напряжения на электрическое освещение?
3. От чего зависят отклонения частоты? Что понимается под лавиной частоты? Какие существуют способы регулирования частоты?
4. Несимметрия напряжения. Какими показателями характеризуется несимметрия по ГОСТ 13109-97? Назовите причины поперечной и продольной несимметрии. Назовите схемные способы снижения несимметрии.
5. Перечислите способы симметрирования. Каким образом осуществляется симметрирование однофазных нагрузок? С чем связаны дополнительные потери мощности при несимметрии?
6. Чем может быть вызвана несинусоидальность напряжения? На какие группы де-

ляются высшие гармоники?

7. Охарактеризуйте работу электрических машин в сетях с высшими гармониками.
8. Что понимается под полосой пропускания фильтра? Какой фильтр является фильтром верхних частот? Приведите схемы широкополосных фильтров. В чем заключаются достоинства и недостатки широкополосных фильтров по сравнению с узкополосными?
9. Как нормируются колебания напряжения в ГОСТ 13109-97? Что понимается под размахом колебаний напряжения? От чего зависит уровень колебаний напряжения?
10. Как определяется эквивалентный размах колебаний напряжения за интервал времени?
11. В чем заключаются различия между установками статической и динамической компенсации?
12. Перечислите разновидности и приведите схемы индуктивных накопителей.
13. Каков механизм воздействия колебаний напряжения и частоты на оборудование?
14. Что такое фликер? Доза фликера?
15. В чем заключается принцип разделения нагрузок?
16. По какому принципу выбираются источники питания для ударных и резкопеременных нагрузок?

#### **4. Техничко-экономические расчёты в электроэнергетике**

1. В чем заключается методика приведенных затрат?
2. Приведите понятие «условие сопоставимости вариантов».
3. Основные положения методики определения эффективности электросетевых объектов.
4. Особенности расчета амортизационных отчислений, приведенных дисконтированных затрат, капитальных вложений, эксплуатационных издержек.
5. Назначение укрупненных стоимостных показателей электрических сетей.
6. Укрупненные стоимостные показатели воздушных и кабельных линий электропередачи.
7. Укрупненные стоимостные показатели трансформаторов.
8. Укрупненные стоимостные показатели подстанций и распределительных устройств.
9. Определение постоянной части затрат.
10. Затраты на демонтаж оборудования, конструкций и линий электропередачи.
11. Методика расчета стоимости сооружения линий электропередачи.
12. Методика расчета стоимости сооружения подстанций.
13. Как группируются затраты в смете затрат на производство продукции и в калькуляции себестоимости?
14. В чем заключаются основные принципы калькулирования себестоимости в электроэнергетике?
15. Перечислите объекты калькуляции энергии.
16. Что включается в смету затрат электроэнергетики?
17. Дать определение полной себестоимости производства и передачи энергии.
18. Перечислите виды себестоимости энергетической продукции.
19. Раскройте метод расчета энергетической продукции.
20. Как определяется топливная составляющая себестоимости энергетической продукции?
21. Как рассчитать составляющую себестоимости по заработной плате?
22. Каков принцип расчета амортизационной составляющей издержек?
23. Опишите порядок расчета себестоимости электроэнергии и тепла на теплоэлектроцентрали.
24. В чем заключаются способы снижения себестоимости энергетической продукции?

25. Объясните почему необходимо учитывать фактор надежности при проектировании объектов электроэнергетики.
26. Перечислите основные критерии надежности электроснабжения.
27. Что называется работоспособным и неработоспособным состоянием системы?
28. Перечислите основные показатели надежности элементов системы электроснабжения.
29. Опишите методику расчета показателей надежности систем электроснабжения электроэнергетических систем.
30. Приведите методику расчета ущерба от перерыва электроснабжения.
31. Приведите методику расчета ущерба от нарушения качества электроэнергии.

## **5. Управление режимами электроэнергетических систем**

1. Системы регулирования турбин.
2. Общая характеристика проблемы.
3. Основные уравнения.
4. Классификация методов расчета.
5. Учет статических характеристик нагрузки.
6. Приближенная линеаризация при представлении нагрузки неизменной мощностью.
7. Узловые собственные и взаимные сопротивления.
8. Вычисление собственных и взаимных проводимостей ветвей.
9. Определение матрицы собственных и взаимных проводимостей ветвей.
10. Определение токов ветвей и напряжений в узлах на основе принципа наложения.
11. Учет тока намагничивания и потерь в стали трансформатора.
12. Определение мощностей генераторных ветвей.
13. Расчеты квазиустановившихся режимов электрических систем без выделения балансирующего узла.
14. Метод исключения контуров графа.
15. Метод узлового анализа.
16. Деление на подсистемы удалением ветвей, связывающих подсистемы, при замене их задающими токами.
17. Решение систем линейных алгебраических уравнений.
18. Метод упорядоченного исключения элементов; метод простой итерации.
19. Метод ускоренной итерации Гаусса-Зейделя; метод Ньютона.
20. Методы минимизации; топологические методы.
21. Задача эквивалентирования. Критерии эквивалентности.
22. Элементарные эквивалентные преобразования.
23. Эквивалентирование на основе линейной схемы замещения, не содержащей ЭДС генераторных станций.
24. Точное и приближенное эквивалентирование.
25. Расчет установившегося режима системы электроснабжения с собственными электростанциями по методу последовательного эквивалентирования при параллельной и раздельной работе с энергосистемой.
26. Векторные диаграммы явнополюсного и неявнополюсного синхронного двигателей.
27. Первичные и вторичные регуляторы частоты вращения.
28. Характеристики регуляторов турбин.
29. Схемы замещения синхронных машин прямой последовательности.
30. Векторные диаграммы машин переменного тока.
31. Регулирование возбуждения синхронных машин.
32. Пропорциональное и сильное автоматическое регулирование возбуждения синхронных генераторов.

33. Построение векторных диаграмм при исследовании переходных режимов.
34. Схемы замещения синхронных машин обратной последовательности.
35. Статические характеристики регуляторов скорости и возбуждения.
36. Обобщенный вектор трехфазной системы.

## **6. Организация эксплуатации и ремонта электроэнергетического оборудования**

1. Организационная структура электрохозяйства промышленных предприятий, предприятий электрических сетей, электрических станций.
2. Системы планово-предупредительных ремонтов электрооборудования и проведения ремонтов по техническому состоянию.
3. Производство ремонтных работ.
4. Приемка оборудования из ремонта.
5. Номинальный режим работы и допустимые перегрузки трансформаторов.
6. Включение в сеть и контроль за работой трансформаторов.
7. Регулирование напряжения и обслуживание регулирующих устройств трансформатора.
8. Заземление нейтралей и защита разземленных нейтралей трансформатора от перенапряжений.
9. Уход за трансформаторным маслом.
10. Неполадки в работе трансформаторов.
11. Режимы работы синхронных генераторов и компенсаторов.
12. Обслуживание систем возбуждения, охлаждения, водоснабжения, маслоснабжения синхронных генераторов и компенсаторов.
13. Пуск и останов синхронных генераторов и компенсаторов.
14. Осмотры и контроль за работой синхронных генераторов и компенсаторов.
15. Техника операций с выключателями.
16. Техника операций с разъединителями и отделителями.
17. Ремонт выключателей и разъединителей.
18. Установки приготовления сжатого воздуха и их обслуживание.
19. Задачи обслуживания распределительных устройств.
20. Обслуживание и ремонт трансформаторов тока и их вторичных цепей.
21. Обслуживание и ремонт трансформаторов напряжения и их вторичных цепей.
22. Обслуживание и ремонт ВЧ-заградителей и конденсаторов связи.
23. Обслуживание и ремонт разрядников и ограничителей перенапряжений.
24. Обслуживание и ремонт силовых кабелей.
25. Обслуживание и ремонт контрольных кабелей.
26. Обслуживание и ремонт шин и контактных соединений.
27. Обслуживание и ремонт изоляторов высокого напряжения.
28. Обслуживание и ремонт заземляющих устройств.
29. Работы в цепях оперативной блокировки.
30. Обслуживание и ремонт КРУ 6-35 кВ.
31. Обслуживание и ремонт КРУ 110 кВ и выше с элегазовой изоляцией.
32. Эксплуатация аккумуляторных батарей.
33. Последовательность основных операций и действий на подстанциях с двумя выключателями на цепь.
34. Последовательность основных операций и действий при выводе в ремонт и вводе в работу выключателей.
35. Ведение оперативной документации.
36. Проектная документация, необходимая при производстве наладочных работ.
37. Техническая подготовка к выполнению наладочных работ.
38. Порядок выполнения наладочных работ.

## ***2.1.2 Перечень практических заданий, выносимых на государственный экзамен***

### **1. Цифровой менеджмент в электроэнергетике**

1. По приведенному энергобалансу (табл. 1, рис.1) определить долю покупных энергоресурсов в общем энергобалансе предприятия.
2. По приведенному энергобалансу (табл. 1, рис.1) определить структуру электропотребления для цехов прокатного производства.
3. По приведенному энергобалансу (табл. 1, рис.1) сравнить основные показатели энергоэффективности для электроэнергии по технологическим производствам.

Декабрь 2007 г.

23,9 ГДж/т стали

Производство стали, т

1123 562

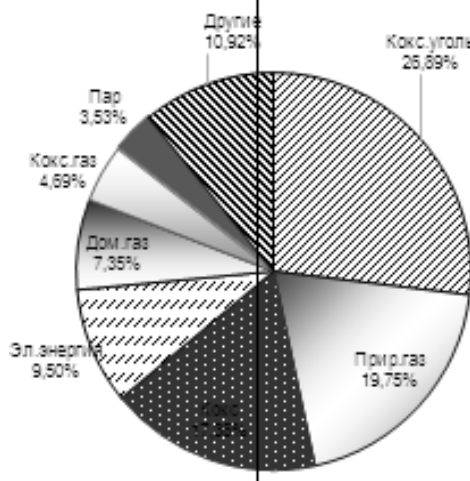
5,71 Гкал/т стали

| № п/п                   | Цехи и производства | ПОТРЕБЛЕНИЕ ЭНЕРГИИ, ГДж |          |          |               |            |         |          |         |        |            |          |          |            |             |           | Прочие энерго-ресурсы, ГДж | Всего потреблен-е энергии, ГДж | ГДж/т стали | %      | Ноябрь 2007г., ГДж/т стали |
|-------------------------|---------------------|--------------------------|----------|----------|---------------|------------|---------|----------|---------|--------|------------|----------|----------|------------|-------------|-----------|----------------------------|--------------------------------|-------------|--------|----------------------------|
|                         |                     | Кокс.уголь               | Прир.газ | Кокс     | Жидкий чу-гун | Эл.энергия | Дом.газ | Кокс.газ | Пар     | Дутье  | Гор.вода   | Эн.уголь | Кислород | Окатыши    | Кокс.мелочь | Сж.воздух |                            |                                |             |        |                            |
| 1                       | КХП                 | 1612237<br>1             | 77761    |          |               | 223504     | 677979  | 706993   | 513611  |        | 62368      |          | 1493     |            |             | 4222      | 7500                       | 18397800                       | 16,37       | 30,69  | 15,82                      |
| 2                       | Доменный цех        |                          | 2710764  | 10409092 |               | 62825      | 1546791 | 78941    | 150909  | 915919 | 12522      |          | 607184   | 65314<br>1 |             | 13422     | 48454                      | 17209964                       | 15,32       | 28,71  | 14,67                      |
| 3                       | ТЭЦ                 |                          | 3405571  |          |               | 251648     |         |          |         |        |            |          | 42       |            |             | 1094      | 2                          | 4155749                        | 3,70        | 6,93   | 3,61                       |
| 4                       | ЦЭС                 |                          | 1852934  |          |               | 133883     | 1066419 |          |         |        | 941        |          | 8        |            |             | 304       | 1382                       | 3055870                        | 2,72        | 5,10   | 2,55                       |
| 5                       | ПВЭС                |                          | 778903   |          |               | 85211      | 1112412 | 1030509  |         |        |            |          | 38       |            |             | 78        | 65751                      | 3072902                        | 2,73        | 5,13   | 2,68                       |
| 6                       | Кислород-ный цех    |                          |          |          |               | 1220780    |         |          | 463989  |        | 18665      |          |          |            |             |           | 33690                      | 1737124                        | 1,55        | 2,90   | 1,45                       |
| 7                       | ГОП                 |                          | 100593   |          |               | 433253     |         | 235008   | 74703   |        | 28465      |          | 2128     |            | 1128503     | 10986     | 4335                       | 2017974                        | 1,80        | 3,37   | 1,67                       |
| 8                       | ЛПЦ-10              |                          | 830186   |          |               | 322895     |         |          | 6570    |        | 45419      |          | 662      |            |             | 14094     | 1070                       | 1220895                        | 1,09        | 2,04   | 1,09                       |
| 9                       | ККЦ                 |                          | 99703    |          | 852611        | 294484     |         |          | 24104   |        | 33040      |          | 329000   |            |             | 50217     | 191182                     | 1874340                        | 1,67        | 3,13   | 1,71                       |
| 10                      | ПСЦ                 |                          | 206328   |          |               | 130574     |         | 63203    | 444702  |        | 2046       |          | 212      |            |             | 1457      | 2149                       | 850672                         | 0,76        | 1,42   | 0,60                       |
| 11                      | Мартенов-ский цех   |                          | 228619   |          | 91786         | 934285     |         |          | 32857   |        | 10457      |          | 107113   |            |             | 33799     | 27512                      | 1466429                        | 1,31        | 2,45   | 1,25                       |
| 12                      | ЛПЦ-4               |                          | 704871   |          |               | 248886     |         | 209535   | 17766   |        | 34932      |          | 17326    |            |             | 14462     | 17430                      | 1265209                        | 1,13        | 2,11   | 0,99                       |
| 13                      | ЛПЦ-5               |                          | 165209   |          |               | 178812     |         |          | 74241   |        | 35504      |          | 706      |            |             | 25214     | 19893                      | 499580                         | 0,44        | 0,83   | 0,49                       |
| 14                      | ИДП                 |                          | 450490   |          |               | 100979     |         |          |         |        |            |          |          |            |             | 29        | 551498                     |                                | 0,49        | 0,92   | 0,30                       |
| 15                      | ЦВС                 |                          | 4296     |          |               | 322022     |         |          | 8257    |        | 8593       |          |          |            |             | 1         | 2855                       | 346025                         | 0,31        | 0,58   | 0,16                       |
| 16                      | ЛПЦ-3               |                          | 51695    |          |               | 70033      |         |          | 45916   |        | 20980      |          | 188      |            |             | 8047      | 1917                       | 198777                         | 0,18        | 0,33   | 0,14                       |
| 17                      | ЛПЦ-8               |                          | 38097    |          |               | 71284      |         |          | 19664   |        | 28984      |          | 99       |            |             | 5059      | 7693                       | 170881                         | 0,15        | 0,29   | 0,23                       |
| 18                      | ЦОЛЗ+СПЦ            |                          | 4213     |          |               | 113431     |         | 135793   | 20603   |        | 12552      |          | 3366     |            |             | 14283     | 373                        | 304615                         | 0,27        | 0,51   | 0,08                       |
| 19                      | ЛПЦ                 |                          | 426      |          |               | 39788      |         | 315760   |         |        | 3664       |          | 2347     |            |             | 2888      | 2732                       | 367605                         | 0,33        | 0,61   | 0,57                       |
| 20                      | ЛПЦ-6               |                          | 56476    |          |               | 58819      |         |          | 14811   |        | 35680      |          | 83       |            |             | 4984      | 13873                      | 184727                         | 0,16        | 0,31   | 0,16                       |
| 21                      | Другие по-требители | 0                        | 72894    | 0        | 0             | 288763     | 0       | 33726    | 56196   | 0      | 12064<br>8 | 0        | 157      | 0          | 0           | 2516      | 11067                      | 585968                         | 0,52        | 0,98   | 0,34                       |
| 22                      | Потери              |                          | 63       |          |               | 109126     | 1863    | 3797     | 147204  |        | 67045      |          | 59515    |            |             | 17252     | 5241                       | 411105                         | 0,37        | 0,69   | 51,14                      |
| 23                      | Итого               | 1612237<br>1             | 11840095 | 10409092 | 944397        | 5695286    | 4405464 | 2813265  | 2116101 | 915919 | 58250<br>7 | 497392   | 1131667  | 65314<br>1 | 1128503     | 224378    | 466129                     | 59945709                       | 53,35       | 100,00 | 12,22                      |
| 24                      | ГДж/т стали         | 14,35                    | 10,54    | 9,26     | 0,84          | 5,07       | 3,92    | 2,50     | 1,88    | 0,82   | 0,52       | 0,44     | 1,01     | 0,58       | 1,00        | 0,20      | 0,41                       | 53,35                          | 12,74       | Гкал/т | дек.07                     |
| % от общего потребления |                     | 26,9%                    | 19,8%    | 17,4%    | 1,6%          | 9,5%       | 7,3%    | 4,7%     | 3,5%    | 1,5%   | 1,0%       | 0,8%     | 1,9%     | 1,1%       | 1,9%        | 0,4%      | 0,8%                       | 100%                           |             |        |                            |
| Ноябрь 2007г.           |                     | 13,89                    | 10,00    | 8,95     | 0,84          | 4,89       | 3,75    | 2,43     | 1,75    | 0,79   | 0,42       | 0,46     | 0,93     | 0,53       | 0,91        | 0,20      | 0,42                       | 51,14                          | 12,22       | Гкал/т | ноя.07                     |
| Декабрь 2006 г.         |                     | 14,61                    | 10,71    | 9,29     | 0,87          | 5,01       | 3,96    | 2,57     | 1,76    | 0,82   | 0,56       | 0,37     | 1,07     | 0,58       | 0,96        | 0,20      | 0,42                       | 53,74                          | 12,84       | Гкал/т | дек.06                     |
| Декабрь 07-Ноябрь 07    |                     | 0,46                     | 0,53     | 0,32     | 0,00          | 0,18       | 0,17    | 0,08     | 0,14    | 0,03   | 0,10       | -0,02    | 0,07     | 0,05       | 0,10        | 0,00      | -0,01                      | 2,21                           | 0,53        | Гкал/т | дек.07-ноя. 07             |
| Декабрь 07 -Декабрь 06  |                     | -0,26                    | -0,17    | -0,02    | -0,03         | 0,06       | -0,04   | -0,06    | 0,12    | -0,01  | -0,04      | 0,08     | -0,06    | 0,01       | 0,04        | 0,00      | 0,00                       | -0,38                          | -0,09       | Гкал/т | дек.07-дек.06              |

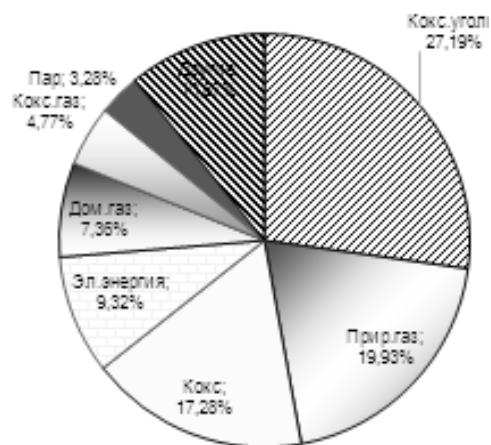
## Продолжение таблицы 1

| Цехи и производства    | ВЫРАБОТКА И РЕАЛИЗАЦИЯ ЭНЕРГИИ, ГДж |           |         |            |         |        |                 |           |             |            | Всего утили-<br>лизир./<br>произведено<br>энергии,<br>ГДж | Чистое<br>потребление<br>энергии,<br>ГДж | Гдж/т<br>стали | Ноябрь<br>2007<br>г.,<br>ГДж/т<br>стали | №<br><br>п/п      |
|------------------------|-------------------------------------|-----------|---------|------------|---------|--------|-----------------|-----------|-------------|------------|---|--|----------------|---|-------------------|
|                        | Кокс                                | Втор.газы | Тепло   | Эл.энергия | ПРВ     | Дутье  | Продукты<br>КХП | Техн.вода | Чугун жидк. | Чугун тов. |   |  |                |   |                   |
| 1. КХП                 | 12413885                            | 3087400   | 133830  |            |         |        | 616182          |           |             |            | 16251296  | 2146504                                  | 1,91           | 1,82                                    | 1                 |
| 2. Доменный цех        |                                     | 4405464   |         |            |         |        |                 |           | 948117      | 67528      | 5421110   | 11788854                                 | 10,49          | 10,05                                   | 2                 |
| 3. ТЭЦ                 |                                     |           | 1525473 | 2207733    |         |        |                 |           |             |            | 3733207   | 422542                                   | 0,38           | 0,37                                    | 3                 |
| 4. ЦЭС                 |                                     |           | 1019776 | 1415245    |         |        |                 |           |             |            | 2435021   | 620849                                   | 0,55           | 0,57                                    | 4                 |
| 5. ПВЭС                |                                     |           | 943563  | 709587     |         |        | 915919          |           |             |            | 2569069   | 503833                                   | 0,45           | 0,45                                    | 5                 |
| 6. Кислородный цех     |                                     |           |         |            | 1646629 |        |                 |           |             |            | 1646629   | 90495                                    | 0,08           | 0,07                                    | 6                 |
| 7. ГОП                 |                                     |           |         |            |         |        |                 |           |             |            | 0   | 2017974                                  | 1,80           | 1,67                                    | 7                 |
| 8. ЛПЦ-10              |                                     |           |         |            |         |        |                 |           |             |            | 0   | 1220895                                  | 1,09           | 1,09                                    | 8                 |
| 9. ККЦ                 |                                     |           | 173394  |            |         |        |                 |           |             |            | 173394  | 1700946                                  | 1,51           | 1,56                                    | 9                 |
| 10. ПСЦ                |                                     |           | 522573  | 87460      |         |        |                 |           |             |            | 610033  | 240639                                   | 0,21           | 0,14                                    | 10                |
| 11. Мартеновский цех   |                                     |           |         |            |         |        |                 |           |             |            | 0   | 1466429                                  | 1,31           | 1,25                                    | 11                |
| 12. ЛПЦ-4              |                                     |           |         |            |         |        |                 |           |             |            | 0   | 1265209                                  | 1,13           | 0,99                                    | 12                |
| 13. ЛПЦ-5              |                                     |           |         |            |         |        |                 |           |             |            | 0   | 499580                                   | 0,44           | 0,49                                    | 14                |
| 14. ИДП                |                                     |           |         |            |         |        |                 |           |             |            | 0   | 551498                                   | 0,49           | 0,08                                    | 15                |
| 15. ЦВС                |                                     |           |         |            |         |        |                 | 249238    |             |            | 249238  | 96787                                    | 0,09           | 0,16                                    | 16                |
| 16. ЛПЦ-3              |                                     |           |         |            |         |        |                 |           |             |            | 0   | 198777                                   | 0,18           | 0,14                                    | 17                |
| 17. ЛПЦ-8              |                                     |           |         |            |         |        |                 |           |             |            | 0   | 170881                                   | 0,15           | 0,23                                    | 18                |
| 18. ЦОЛЗ+СПЦ           |                                     |           |         |            |         |        |                 |           |             |            | 0   | 304615                                   | 0,27           | 0,08                                    | 19                |
| 19. ЛПЦ                |                                     |           |         |            |         |        |                 |           |             |            | 0   | 367605                                   | 0,33           | 0,57                                    | 20                |
| 20. ЛПЦ-6              |                                     |           |         |            |         |        |                 |           |             |            | 0   | 184727                                   | 0,16           | 0,16                                    | 21                |
| 21. Другие потребители | 0                                   | 0         | 0       | 0          | 0       | 0      | 0               | 0         | 0           | 0          | 0   | 585968                                   | 0,52           | 0,34                                    | 22                |
| 22. Потери             |                                     |           |         |            |         |        |                 |           |             |            | 0   | 411105                                   | 0,37           | 22,88                                   | 23                |
| 23. Итого              | 12413885                            | 7492864   | 4318608 | 4420025    | 1646629 | 915919 | 616182          | 249238    | 948117      | 67528      | 33088996  | 26856712                                 | 23,90          | 5,46                                    | 24                |
| 24. ГДж/т стали        | 11,05                               | 6,67      | 3,84    | 3,93       | 1,47    | 0,82   | 0,55            | 0,22      | 0,84        | 0,06       | 29,45   | 23,90                                    | 5,71           | Гкал/т                                  | дек.07            |
| % от выработки         | 37,5%                               | 22,6%     | 13,1%   | 13,4%      | 5,0%    | 2,8%   | 1,9%            | 0,8%      | 2,9%        | 0,2%       | 100%  |  |                |   |                   |
| Ноябрь 2007г.          | 10,69                               | 6,38      | 3,44    | 3,95       | 1,38    | 0,79   | 0,55            | 0,22      | 0,84        | 0,03       | 28,27   | 22,88                                    | 5,46           | Гкал/т                                  | ноя.07            |
| Декабрь 2006 г.        | 11,12                               | 6,80      | 3,66    | 4,04       | 1,51    | 0,82   | 0,64            | 0,23      | 0,87        | 0,04       | 29,73   | 24,01                                    | 5,73           | Гкал/т                                  | дек.06            |
| Декабрь 07- Ноябрь 07  | 0,36                                | 0,29      | 0,40    | -0,02      | 0,09    | 0,03   | 0,00            | 0,00      | 0,00        | 0,03       | 1,18  | 1,03                                     | 0,25           | Гкал/т                                  | дек 07-<br>ноя.07 |
| Декабрь 07- Декабрь 06 | -0,07                               | -0,13     | 0,18    | -0,11      | -0,04   | -0,01  | -0,09           | 0,00      | -0,03       | 0,02       | -0,28   | -0,11                                    | -0,03          | Гкал/т                                  | дек.07-<br>дек.06 |

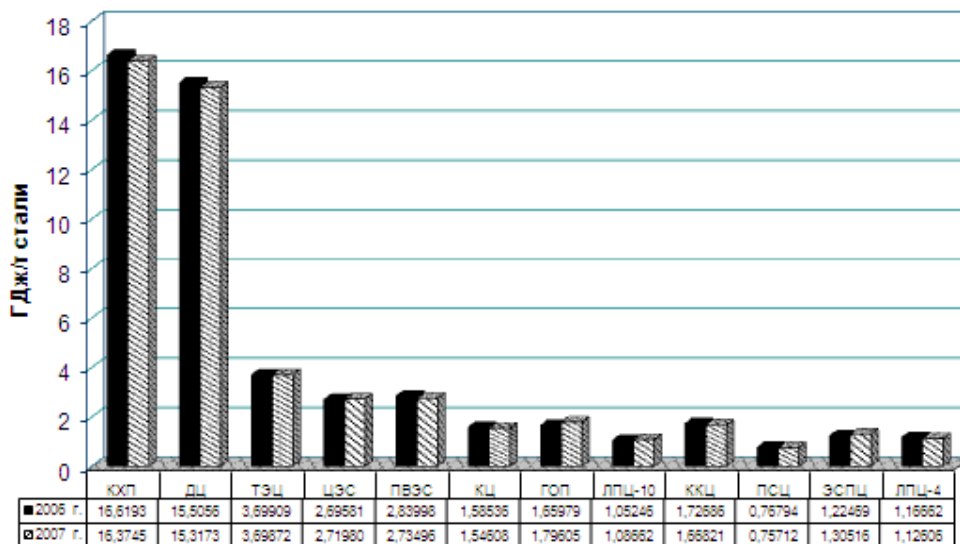
Структура энергопотребления ОАО "ММК" Декабрь 2007 г.



Структура энергопотребления ОАО "ММК" Декабрь 2006 г.



Основные потребители энергоресурсов. Декабрь 2007г. в сравнении с Декабрь 2006 г.



Структура чистого энергопотребления ОАО "ММК" в декабре 2007 г.

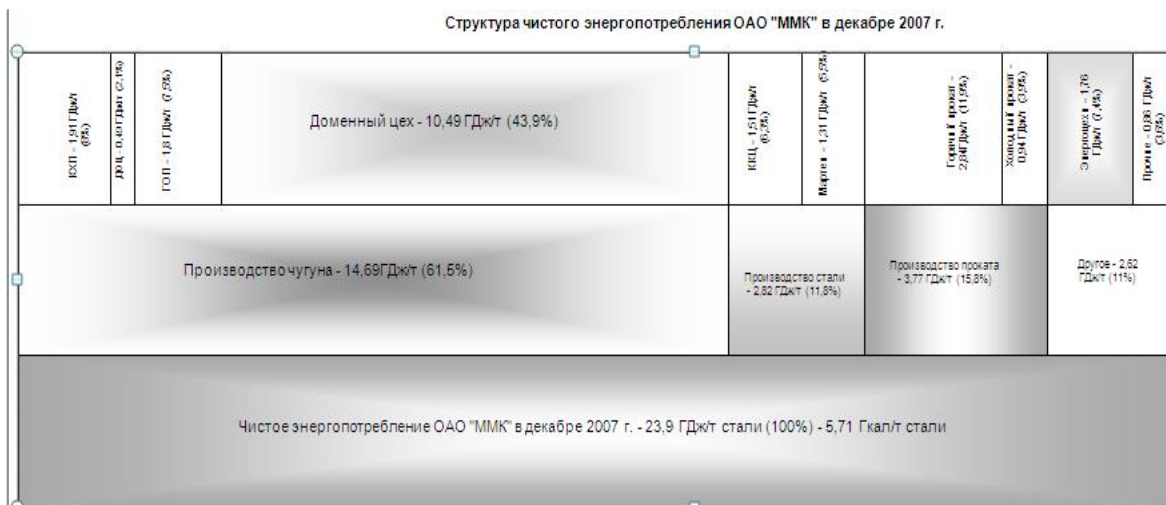


Рис. 1. Структура энергопотребления ОАО «ММК»

## 2. Оптимальные режимы работы генерирующих источников

1. Найти оптимальное распределение активных мощностей между тремя турбогенераторами методом динамического программирования. Расходные характеристики турбин заданы в табличном виде как зависимости расхода свежего пара от электрической нагрузки.

Таблица 2

| Генератор №1     |    |    |     |     |
|------------------|----|----|-----|-----|
| $D_{0(1)}$ , т/ч | 20 | 40 | 120 | 140 |
| $P_1$ , МВт      | 2  | 6  | 9   | 15  |

Таблица 3

| Генератор №2     |    |    |    |    |     |     |
|------------------|----|----|----|----|-----|-----|
| $D_{0(2)}$ , т/ч | 50 | 70 | 75 | 90 | 130 | 140 |
| $P_2$ , МВт      | 10 | 15 | 25 | 30 | 33  | 35  |

Таблица 4

| Генератор №3     |    |    |     |     |
|------------------|----|----|-----|-----|
| $D_{0(3)}$ , т/ч | 20 | 50 | 110 | 120 |
| $P_3$ , МВт      | 4  | 10 | 18  | 25  |

В качестве критерия оптимальности принять минимум стоимости расхода свежего пара. Считать, что стоимость пара на всех точках характеристики одинакова и равна для первого агрегата 240 руб./т, для второго агрегата – 210 руб./т, для третьего агрегата – 260 руб./т. Нагрузка предприятия равна 200 МВт. Необходимо обеспечить прием из районной энергосистемы, равный 140 МВт.

2. Найти графически оптимальное распределение активных мощностей между четырьмя генераторами ТЭЦ, пользуясь методом относительных приростов. Характеристики относительных приростов приведены на рис. 2. В качестве критерия оптимальности принять минимум расхода свежего пара.

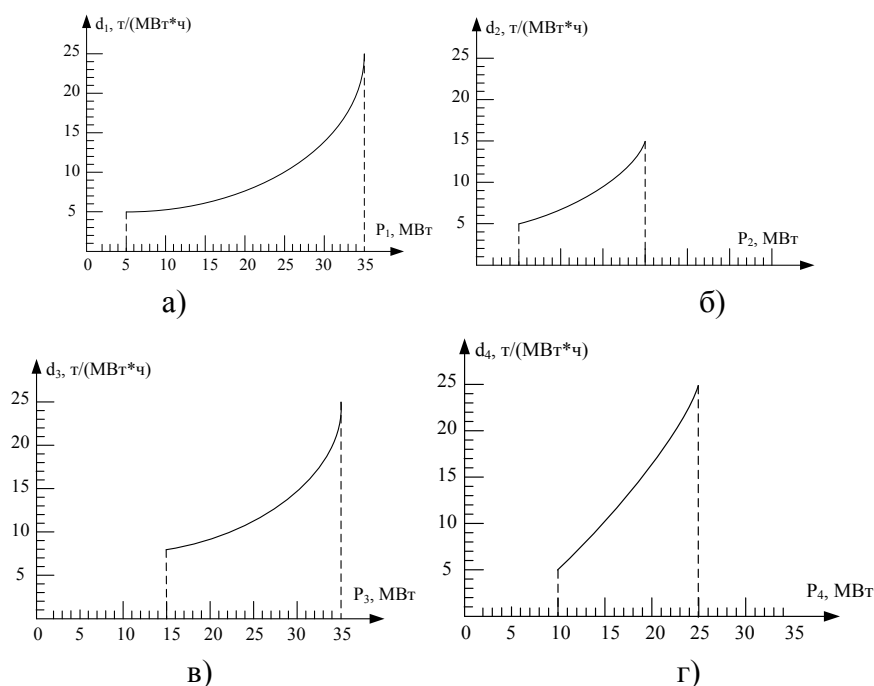


Рис. 2

### 3. Энергосберегающие технологии в области электроэнергетики

1. Однофазный тиристорный преобразователь (ТП) подключен к сети 10 кВ,  $S_{кз} = 75$  МВА через трансформатор ( $S_{нт} = 1000$  кВА,  $U_k = 10\%$ ,  $U_{2л} = 380$  В). Среднее выпрямленное напряжение и ток составляют:  $U_d = 400$  В,  $I_d = 1000$  А.

Рассчитать коэффициент искажения синусоидальности кривой напряжения  $K_v$  на шинах 10 кВ и реактивную мощность ТП.

2. Асинхронный двигатель (АД)  $P_n = 415$  кВт подключен к сети  $U_c = 6$  кВ. Мощность короткого замыкания  $S_{кз} = 10$  МВА. Рассчитать сопротивление реактора, чтобы остаточное напряжение при пуске АД было не менее  $0,9 U_c$ . Принять пусковой ток  $I_{п} = 5I_{ном}$ .

3. Для двухфазного тиристорного преобразователя (ТП)  $U_d = 700$  В,  $I_d = 3$  кА рассчитать и выбрать ФКУ для полной компенсации реактивной мощности. Тиристорный преобразователь подключен к сети через трансформатор  $U_1 = 10$  кВ,  $U_2 = 600$  В,  $S_{нт} = 4$  МВА,  $U_{кз} = 10\%$ .

### 4. Техничко-экономические расчёты в электроэнергетике

1. Рассчитать стоимость строительства линий электропередачи, если ВЛ 220 кВ предназначена для усиления внешнего электроснабжения энергоузла и прокладывается между ГЭС и ПС энергоузла.

#### 1. Общая характеристика района прохождения ВЛ

|   |               |
|---|---------------|
| 1.1. Месторасположение ВЛ                       | Поволжье      |
| 1.2. Длина ВЛ                                   | 100 км.       |
| 1.3. залесенность трассы (в том числе от длины) | 13 км.        |
| 1.4. Рельеф местности                           | Равнинный     |
| 1.5. Обустройство лежневых дорог                | 20 км         |
| 1.6. Под опоры ВЛ изымаются земли               | сельхозугодий |

#### 2. Технические показатели ВЛ

|  |               |
|--|---------------|
| 2.1. Количество цепей  | 2             |
| 2.2. Характеристика опор   | Свободстоящая |
| 2.3. Материал опор   | Железобетон   |
| 2.4. Марка и сечение проводника  | АС-300/39     |
| 2.5. Нормативный скоростной напор ветра  | 750           |
| 2.6. Противоаварийная автоматика принята для ПС с ВН 220 кВ при количестве присоединений до двух                   |               |
| 2.7. Концевые устройства предусматривают установку по одному комплекту элегазовых выключателей с каждой стороны ВЛ |               |

2. Рассчитать стоимость сооружения подстанции 110 кВ, если:

#### 1. Общая характеристика района размещения подстанции

|                           |           |
|---------------------------|-----------|
| 1.1. Месторасположение ПС | Урал      |
| 1.2. Рельеф площадки ПС   | Равнинный |
| 1.3. Грунты               | Суглинки  |

#### 2. Технические показатели ПС

|  |                            |
|--|----------------------------|
| 2.1. Мощность трансформаторов  | 40 МВА                     |
| 2.2. Тип и количество трансформаторов  | 2×ТРДН-40000/110           |
| 2.3. Главные схемы электрических соединений  | Одинарная секционированная |
| 2.4. Количество присоединений на стороне ВН  | 6                          |
| 2.5. ЗРУ-10 кВ - 4-х секционное, рассчитанное на установку 52 ячеек вакуумных выключателей |                            |
| 2.6. Количество отходящих линий - 4 ВЛ   |                            |
| 2.7. ПА принята при количестве присоединений 110 кВ более двух                             |                            |

3. Магистральная сеть с несколькими нагрузками выполнена воздушными линиями электропередачи, с расположением проводов на железобетонных опорах по вершинам равностороннего треугольника. Схема сети представлена на рис. 1. Требуется определить сечение проводов на участках сети по допустимой потере напряжения, равной 5%:

- 1) при условии равенства сечения проводов на всех участках сети;
- 2) при условии минимума расхода металла на провода сети;
- 3) при условии постоянства плотности тока на всех участках сети.

Выбрать экономически целесообразный вариант электрической сети.

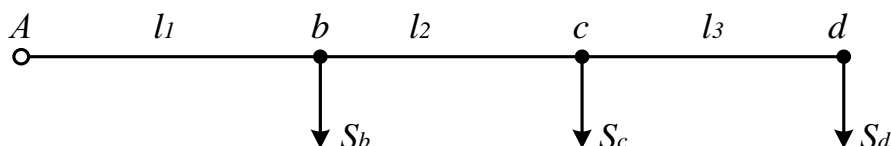


Рис. 1

### Исходные данные

$U_{ном} = 6$  кВ;

Марка провода: А;

Расстояние между проводами на опоре: 0.8 м;

Время использования наибольшей нагрузки: 4200 ч;

Длина участков сети:  $l_1 = 1.6$  км;  $l_2 = 2$  км;  $l_3 = 1$  км;

Нагрузка сети:  $S_b = 2.0 + j1.7$  МВА;  $S_c = 2.2 + j0.8$  МВА;  $S_d = 1.0 + j0.7$  МВА;

Стоимость потерянной электроэнергии: 1.50 руб./кВт·ч.

### 5. Управление режимами электроэнергетических систем

1. Турбогенератор типа Т-12-2У3 имеет следующие технические характеристики:  $P_{ном} = 12$  МВт,  $\cos\varphi_{ном} = 0,8$ ,  $U_{ном} = 10,5$  кВ,  $x_d = 2,07$  отн.ед. Построить векторную диаграмму генератора для нормального режима работы с учетом того, что он является неявнополюсным и выдает активную мощность 7 МВт и реактивную 5 МВар. Фактическое напряжение на выводах обмотки статора генератора составляет 10 кВ.

2. Синхронный двигатель типа СТДП-1250-2УХЛ3 имеет следующие технические характеристики:  $P_{ном} = 1250$  кВт,  $\cos\varphi_{ном} = 0,9$ ,  $U_{ном} = 10$  кВ,  $x_d = 1,9$  отн.ед. Построить векторную диаграмму двигателя для нормального режима работы с учетом того, что он является неявнополюсным и потребляет активную мощность 800 кВт и реактивную 500 кВар. Фактическое напряжение на выводах обмотки статора двигателя составляет 10 кВ.

3. Для направленного графа электрической сети, показанного на рис.3, выделить дерево и хорды, пронумеровать ветви, составить матрицы  $\mathbf{M}$ ,  $\mathbf{N}$ ,  $\dot{\mathbf{Y}}_y$  (последняя – в общем виде).

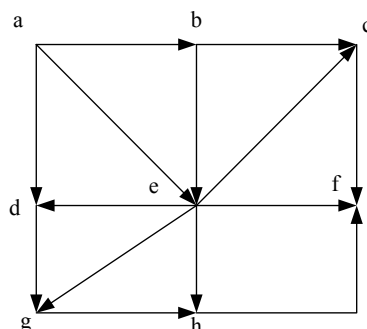


Рис. 3

4. Для схемы, показанной на рис. 4, составить узловое уравнение с использованием матрицы узловых проводимостей. Номинальное напряжение сети – 110 кВ. ЭДС ветвей принять равными нулю.

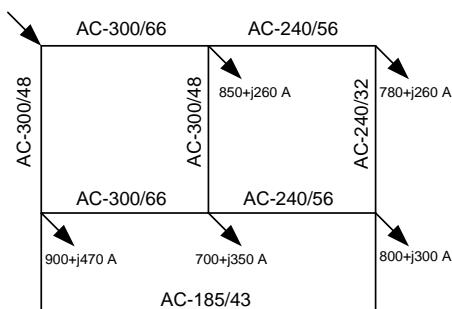


Рис. 4

### 2.1.3 Перечень рекомендуемой литературы для подготовки к государственному экзамену

1. Логунова, О. С. Теория и практика обработки экспериментальных данных на ЭВМ : учебное пособие / О. С. Логунова, Е. А. Ильина, В. В. Павлов ; МГТУ, каф. ВТиПМ. - Магнитогорск, 2011. - 294 с. : ил., табл. - URL: <https://magtu.informsystema.ru/uploader/fileUpload?name=366.pdf&show=dcatalogues/1/1079145/366.pdf&view=true> (дата обращения: 22.05.2023). - Макрообъект. - Текст : электронный. - Имеется печатный аналог.

2. Логунова, О. С. Основные этапы разработки научных статей : учебное пособие / О. С. Логунова, Е. А. Ильина ; МГТУ. - Магнитогорск : МГТУ, 2017. - 1 электрон.опт. диск (CD-ROM). - Загл. с титул.экрана. - URL: <https://magtu.informsystema.ru/uploader/fileUpload?name=3138.pdf&show=dcatalogues/1/1136410/3138.pdf&view=true> (дата обращения: 22.05.2023). - Макрообъект. - Текст : электронный. - Сведения доступны также на CD-ROM.

3. Вопросы управления эксплуатационными режимами промышленных систем электроснабжения с собственными источниками электрической энергии : монография / А. В. Малафеев, А. В. Варганова, Е. А. Панова, О. В. Газизова ; Магнитогорский гос. технический ун-т им. Г. И. Носова. - Магнитогорск : МГТУ им. Г. И. Носова, 2019. - 1 CD-ROM. - ISBN 978-5-9967-1652-4. - Загл. с титул.экрана. - URL: <https://magtu.informsystema.ru/uploader/fileUpload?name=4098.pdf&show=dcatalogues/1/1533539/4098.pdf&view=true> (дата обращения: 22.05.2023). - Макрообъект. - Текст : электронный. - Сведения доступны также на CD-ROM.

4. Новоселов, Н. А. Анализ показателей качества электроэнергии при проектировании систем электроснабжения дуговых сталеплавильных печей малой мощности : монография / Н. А. Новоселов, А. А. Николаев, Г. П. Корнилов ; МГТУ. - [2-е изд., подгот. по печ. изд. 2014 г.]. - Магнитогорск : МГТУ, 2017. - 1 электрон.опт. диск (CD-ROM). - Загл. с титул.экрана. - URL: <https://magtu.informsystema.ru/uploader/fileUpload?name=3148.pdf&show=dcatalogues/1/1136472/3148.pdf&view=true> (дата обращения: 22.05.2023). - Макрообъект. - Текст : электронный. - Сведения доступны также на CD-ROM.

5. Корнилов, Г. П. Анализ показателей качества электроэнергии в системах электроснабжения крупных металлургических предприятий : учебное пособие / Г. П. Корнилов, А. А. Николаев, А. В. Малофеев. - Магнитогорск : МГТУ, 2012. - 1 электрон.опт. диск (CD-ROM). - Загл. с титул.экрана. - URL: <https://magtu.informsystema.ru/uploader/fileUpload?name=1050.pdf&show=dcatalogues/1/1119>

- [364/1050.pdf&view=true](#) (дата обращения: 22.05.2023). - Макрообъект. - Текст : электронный. - Сведения доступны также на CD-ROM.
6. Малафеев, А. В. Программное обеспечение систем электроснабжения. Исследование и моделирование систем электроснабжения : учебное пособие / А. В. Малафеев, О. В. Газизова ; МГТУ. - Магнитогорск : МГТУ, 2015. - 1 электрон.опт. диск (CD-ROM). - Загл. с титул.экрана. - URL: <https://magtu.informsystema.ru/uploader/fileUpload?name=1478.pdf&show=dcatalogues/1/1124005/1478.pdf&view=true> (дата обращения: 22.05.2023). - Макрообъект. - Текст : электронный. - Сведения доступны также на CD-ROM.
7. Панова, Е. А. Расчет и анализ установившихся и переходных режимов систем электроснабжения : учебное пособие / Е. А. Панова, О. В. Газизова ; МГТУ. - Магнитогорск : МГТУ, 2017. - 1 электрон.опт. диск (CD-ROM). - Загл. с титул.экрана. - URL: <https://magtu.informsystema.ru/uploader/fileUpload?name=3295.pdf&show=dcatalogues/1/1137682/3295.pdf&view=true> (дата обращения: 22.05.2023). - Макрообъект. - Текст : электронный. - Сведения доступны также на CD-ROM.
8. Липай Б.Р., Компьютерные модели электромеханических систем. Модели основных компонентов электромеханических систем / Липай Б.Р. - М. : Издательский дом МЭИ, 2019. - ISBN 978-5-383-01351-9 - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL : <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383013519.html> (дата обращения: 22.05.2023). - Режим доступа : по подписке.
9. Колесников А.А., Новые технологии проектирования современных систем управления процессами генерирования электроэнергии / А.А. Колесников, Г.Е. Веселов, А.А. Кузьменко - М. : Издательский дом МЭИ, 2016. - ISBN 978-5-383-01015-0 - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL : <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383010150.html> (дата обращения: 22.05.2023). - Режим доступа : по подписке.
10. Русина, А. Г. Режимы электрических станций и электроэнергетических систем : учебное пособие для вузов / А. Г. Русина, Т. А. Филиппова. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 399 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-04370-9. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/453167> (дата обращения: 22.05.2023).
11. Электроэнергетические системы. Всережимный моделирующий комплекс реального времени : учебное пособие для вузов / М. В. Андреев [и др.] ; ответственный редактор М. В. Андреев. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 115 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-10916-0. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/454516> (дата обращения: 22.05.2023).
12. Лыкин, А. В. Электроэнергетические системы и сети : учебник для вузов / А. В. Лыкин. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 360 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-04321-1. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/451023> (дата обращения: 22.05.2023).
13. Бартоломей, П. И. Электроэнергетика: информационное обеспечение систем управления : учебное пособие для вузов / П. И. Бартоломей, В. А. Тащилин. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 109 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-10914-6. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/453346> (дата обращения: 22.05.2023).

14. Газизова, О. В. Устойчивость систем электроснабжения : учебное пособие / О. В. Газизова, Ю. Н. Кондрашова ; МГТУ. - Магнитогорск : МГТУ, 2015. - 1 электрон.опт. диск (CD-ROM). - Загл. с титул.экрана. - URL: <https://magtu.informsystema.ru/uploader/fileUpload?name=1514.pdf&show=dcatalogues/1/1124052/1514.pdf&view=true> (дата обращения: 22.05.2023). - Макрообъект. - Текст : электронный. - Сведения доступны также на CD-ROM.
15. Николаева, С. И. Системы возбуждения синхронных генераторов : учебное пособие по дисциплине «Системная автоматика и релейная защита» для магистров, обучающихся по направлению подготовки 13.04.02 «Электроэнергетика и электротехника / С. И. Николаева - Волгоград : ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ, 2019. - 72с. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1087890> (дата обращения: 22.05.2023). – Режим доступа: по подписке.
16. Снижение рисков каскадных аварий в электроэнергетических системах: Монография / Воропай Н.И. - Новосибирск : СО РАН, 2011. - 303 с. ISBN 978-5-7692-1155-3. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/924802> (дата обращения: 22.05.2023). – Режим доступа: по подписке.
17. Коротков В.Ф., Автоматическое регулирование в электроэнергетических системах : учебник для вузов / Коротков В.Ф. - М. : Издательский дом МЭИ, 2017. - ISBN 978-5-383-01210-9 - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL : <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383012109.html> (дата обращения: 22.05.2023). - Режим доступа : по подписке.
18. Овчаренко Н.И., Автоматика энергосистем : учебник для вузов / Овчаренко Н.И. - М. : Издательский дом МЭИ, 2017. - ISBN 978-5-383-01117-1 - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL : <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383011171.html> (дата обращения: 22.05.2023). - Режим доступа : по подписке.
19. Колесников А.А., Новые технологии проектирования современных систем управления процессами генерирования электроэнергии / А.А. Колесников, Г.Е. Веселов, А.А. Кузьменко - М. : Издательский дом МЭИ, 2016. - ISBN 978-5-383-01015-0 - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL : <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383010150.html> (дата обращения: 22.05.2023). - Режим доступа : по подписке.
20. Хрущев, Ю. В. Электроэнергетические системы и сети. Электромеханические переходные процессы : учебное пособие для вузов / Ю. В. Хрущев, К. И. Заподовников, А. Ю. Юшков. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 153 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-02713-6. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/451312> (дата обращения: 22.05.2023).
21. Газизова, О. В. Управление режимами электроэнергетических систем. Математическое и программное обеспечение диспетчерского управления объектами электроэнергетики : учебное пособие / О. В. Газизова, А. В. Малафеев ; МГТУ. - Магнитогорск : МГТУ, 2015. - 1 электрон.опт. диск (CD-ROM). - Загл. с титул.экрана. - URL: <https://magtu.informsystema.ru/uploader/fileUpload?name=1509.pdf&show=dcatalogues/1/1124043/1509.pdf&view=true> (дата обращения: 22.05.2023). - Макрообъект. - Текст : электронный. - Сведения доступны также на CD-ROM.
22. Табуров Д.Ю., Управление производством электроэнергии на тепловых электростанциях с помощью автоматизированных информационных систем / Д.Ю. Табу-

ров, П.В. Николаев - М. : Издательский дом МЭИ, 2016. - 466 с. - ISBN 978-5-383-01048-8  
- Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL : <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383010488.html> (дата обращения: 22.05.2023).  
- Режим доступа : по подписке.

23. Зеленохат Н.И., Интеллектуализация ЕЭС России: инновационные предложения : практическое пособие / Зеленохат Н.И. - М. : Издательский дом МЭИ, 2013. - 192 с. - ISBN 978-5-383-00866-9 - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL : <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383008669.html> (дата обращения: 22.05.2023). - Режим доступа : по подписке.

24. Коротков В.Ф., Автоматическое регулирование в электроэнергетических системах : учебник для вузов / В.Ф. Коротков. - М. : Издательский дом МЭИ, 2013. - 416 с. - ISBN 978-5-383-00771-6 - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL : <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383007716.html> (дата обращения: 22.05.2023). - Режим доступа : по подписке.

25. Электроэнергетические системы и сети: модели развития : учебное пособие для вузов / С. С. Ананичева, П. Е. Мезенцев, А. Л. Мызин ; под научной редакцией П. И. Бартоломея. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 148 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-07671-4. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/455365> (дата обращения: 22.05.2023).

26. Газизова, О. В. Специальные вопросы электроснабжения. Ч. 2 : учебное пособие [для вузов] / О. В. Газизова, Ю. Н. Кондрашова ; Магнитогорский гос. технический ун-т им. Г. И. Носова. - Магнитогорск : МГТУ им. Г. И. Носова, 2019. - 1 CD-ROM. - Загл. с титул.экрана. - URL: <https://magtu.informsystema.ru/uploader/fileUpload?name=3837.pdf&show=dcatalogues/1/1530276/3837.pdf&view=true> (дата обращения: 22.05.2023). - Макрообъект. - ISBN 978-5-9967-15634-0. - Текст : электронный. - Сведения доступны также на CD-ROM.

27. Варганова, А. В. Технико-экономические расчеты в электроэнергетике : учебное пособие / А. В. Варганова ; МГТУ. - Магнитогорск : МГТУ, 2016. - 1 электрон.опт. диск (CD-ROM). - Загл. с титул.экрана. - URL: <https://magtu.informsystema.ru/uploader/fileUpload?name=1523.pdf&show=dcatalogues/1/1124220/1523.pdf&view=true> (дата обращения: 22.05.2023). - Макрообъект. - Текст : электронный. - Сведения доступны также на CD-ROM.

28. Журнал «Вестник ЮУрГУ. Серия «Энергетика» <https://vestnik.susu.ru/power/issue/archive>

29. Журнал «Электротехнические системы и комплексы» <http://esik.magtu.ru/ru/>

#### **2.1.4 Рекомендации обучающимся по подготовке к государственному экзамену**

##### **Подготовка к устному ответу**

Во время подготовки к устному ответу рекомендуется заранее продумать структуру ответа. Ответ должен состоять из вступления, основной части и заключения. На первую и последнюю части должно уйти около 20% времени, на основную часть - около 60%. В начале ответа необходимо привлечь внимание экзаменатора. Следует парой фраз обозначить, о чём обучающийся собирается говорить. Основная часть всегда посвящена конкретной проблеме. Ее следует раскрыть более полно и рассмотреть вопрос с разных сторон. Не следует говорить сложно. Сначала должна прозвучать ключевая фраза, затем - аргументы и пояснения. Надо быть настроенным на то, что преподаватель может задать во-

прос и не сбиться от неожиданности. Удачный диалог с преподавателем показывает обучающегося с лучшей стороны и повышает шансы на хорошую отметку. В заключении можно использовать обобщающие конструкции. При устном ответе рекомендуется избегать речевых штампов, шаблонных выражений, сленговых и молодежных слов. Также не следует употреблять в разговоре слова, смысл которых обучающийся не точно знает. Уверенность в себе поможет собраться в трудной ситуации, использовать подготовку и свои знания, добиться успеха.

#### Работа с учебной литературой (конспектом)

При работе с литературой (конспектом) при подготовке к экзамену обещающемуся рекомендуется:

1. Подготовить необходимую информационно-справочную (словари, справочники) и рекомендованную научно-методическую литературу (учебники, учебные пособия) для получения исчерпывающих сведений по каждому экзаменационному вопросу.

2. Уточнить наличие содержания и объем материала в лекциях и учебной литературе для раскрытия вопроса.

3. Дополнить конспекты недостающей информацией по отдельным аспектам, без которых невозможен полный ответ.

Основные виды систематизированной записи прочитанного:

– аннотирование – предельно краткое связное описание просмотренной или прочитанной книги (статьи), ее содержания, источников, характера и назначения;

– планирование – краткая логическая организация текста, раскрывающая содержание и структуру изучаемого материала;

– тезирование – лаконичное воспроизведение основных утверждений автора без привлечения фактического материала;

– цитирование – дословное выписывание из текста выдержек, извлечений, наиболее существенно отражающих ту или иную мысль автора;

– конспектирование – краткое и последовательное изложение содержания прочитанного.

4. Распределить весь материал на части с учетом их сложности, составить график подготовки к экзамену.

5. Внимательно прочитать материал конспекта, учебника или другого источника информации, с целью уточнений отдельных положений, структурирования информации, дополнения рабочих записей.

8. Повторно прочитать содержание вопроса, пропуская или бегло просматривая те части материала, которые были усвоены на предыдущем этапе.

9. Прочитать еще раз материал с установкой на запоминание. Запоминать следует не текст, а его смысл и его логику. В первую очередь необходимо запомнить термины, основные определения, понятия, законы, принципы, аксиомы, свойства изучаемых процессов и явлений, основные влияющие факторы, их взаимосвязи. Полезно составлять опорные конспекты.

10. Многократное повторение материала с постепенным «сжиманием» его в объеме способствует хорошему усвоению и запоминанию.

11. В последний день подготовки к экзамену следует проговорить краткие ответы на все вопросы, а на тех, которые вызывают сомнения, остановиться более подробно.

### **3. Порядок подготовки и защиты выпускной квалификационной работы**

Выполнение и защита выпускной квалификационной работы является одной из форм государственной итоговой аттестации.

При выполнении выпускной квалификационной работы, обучающиеся должны показать свои знания, умения и навыки самостоятельно решать на современном уровне задачи своей профессиональной деятельности, профессионально излагать специальную информацию, научно аргументировать и защищать свою точку зрения.

Обучающийся, выполняющий выпускную квалификационную работу должен показать свою способность и умение:

- определять и формулировать проблему исследования с учетом ее актуальности;
- ставить цели исследования и определять задачи, необходимые для их достижения;
- анализировать и обобщать теоретический и эмпирический материал по теме исследования, выявлять противоречия, делать выводы;
- применять теоретические знания при решении практических задач;
- делать заключение по теме исследования, обозначать перспективы дальнейшего изучения исследуемого вопроса;
- оформлять работу в соответствии с установленными требованиями.
- формировать цели проекта (программы), критерии и показатели достижения целей, строить структуры их взаимосвязей, выявлять приоритеты решения задач;
- разрабатывать обобщенные варианты решения проблем, анализировать эти варианты, прогнозировать последствия, находить компромиссные решения в условиях многокритериальности и неопределенности, планировать реализацию проекта;
- оценивать технико-экономическую эффективность принимаемых решений;
- разрабатывать нормы выработки, технологических нормативов на расход материалов, заготовок, топлива и электроэнергии, выбирать оборудование и технологическую оснастку;
- оценивать экономическую эффективность технологических процессов, инновационно-технологических рисков при внедрении новой техники и технологий;
- исследовать причины брака в производстве и разрабатывать предложения по его предупреждению и устранению;
- разрабатывать мероприятия по эффективному использованию энергии и сырья;
- выбирать методы и способы обеспечения экологической безопасности производства;
- анализировать состояние и динамику показателей качества объектов деятельности с использованием необходимых методов и средств исследований;
- создавать математические и физические модели объектов профессиональной деятельности;
- разрабатывать планы, программы и методики проведения исследований;
- анализировать результаты, синтез, знание процессов обеспечения качества, испытаний и сертификации с применением проблемно-ориентированных методов;
- организовывать и участвовать в проведении монтажа и наладки электроэнергетического и электротехнического оборудования;

- организовывать приемку и освоение вводимого электроэнергетического и электротехнического оборудования;
- организовывать эксплуатацию и ремонт электроэнергетического и электротехнического оборудования;
- выполнять функции преподавателя при реализации образовательных программ в учебных заведениях высшего и среднего профессионального образования.

### **3.1 Подготовительный этап выполнения выпускной квалификационной работы**

#### **3.1.1 Выбор темы выпускной квалификационной работы**

Обучающийся самостоятельно выбирает тему из рекомендуемого перечня тем ВКР, представленного в приложении 1. Обучающийся (несколько обучающихся, выполняющих ВКР совместно), по письменному заявлению, имеет право предложить свою тему для выпускной квалификационной работы, в случае ее обоснованности и целесообразности ее разработки для практического применения в соответствующей области профессиональной деятельности или на конкретном объекте профессиональной деятельности. Утверждение тем ВКР и назначение руководителя утверждается приказом по университету.

#### **3.1.2 Функции руководителя выпускной квалификационной работы**

Для подготовки выпускной квалификационной работы обучающемуся назначается руководитель и, при необходимости, консультанты.

Руководитель ВКР помогает обучающемуся сформулировать объект, предмет исследования, выявить его актуальность, научную новизну, разработать план исследования; в процессе работы проводит систематические консультации.

Подготовка ВКР обучающимся и отчет перед руководителем реализуется согласно календарному графику работы. Календарный график работы обучающегося составляется на весь период выполнения ВКР с указанием очередности выполнения отдельных этапов и сроков отчетности по выполнению работы перед руководителем.

### **3.2 Требования к выпускной квалификационной работе**

При подготовке выпускной квалификационной работы обучающийся руководствуется методическими указаниями «Выпускная квалификационная работа. Подготовка, оформление и защита [Текст]: Методические указания для студентов направления подготовки 13.03.02 и 13.04.02 «Электроэнергетика и электротехника» всех форм обучения / И.А. Дубина, Е.А. Панова, А.Н. Шеметов. – Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2016. – 60 с.» и локальным нормативным актом университета СМК-О-СМГТУ-36-20 Выпускная квалификационная работа: структура, содержание, общие правила выполнения и оформления.

### **3.3 Порядок защиты выпускной квалификационной работы**

Законченная выпускная квалификационная работа должна пройти процедуру нормоконтроля, включая проверку на объем заимствований, а затем представлена руководителю для оформления письменного отзыва. После оформления отзыва руководителя ВКР направляется на рецензию. В случае, если ВКР имеет междисциплинарный характер, то работа направляется нескольким рецензентам. Рецензент ВКР определяется из числа лиц, не являющихся работниками кафедры, факультета/ института. Рецензент оце-

нивает значимость полученных результатов, анализирует имеющиеся в работе недостатки, характеризует качество ее оформления и изложения, дает заключение (рецензию) о соответствии работы предъявляемым требованиям в письменном виде.

Выпускная квалификационная работа, подписанная заведующим кафедрой, имеющая рецензию и отзыв руководителя работы, допускается к защите и передается в государственную экзаменационную комиссию не позднее, чем за 2 календарных дня до даты защиты, также работа размещается в электронно-библиотечной системе университета.

Объявление о защите выпускных работ вывешивается на кафедре за несколько дней до защиты.

Защита выпускной квалификационной работы проводится на заседании государственной экзаменационной комиссии и является публичной. Защита одной выпускной работы *не должна превышать 30 минут*.

Для сообщения обучающемуся предоставляется *не более 10 минут*. Сообщение по содержанию ВКР сопровождается необходимыми графическими материалами и/или презентацией с раздаточным материалом для членов ГЭК. В ГЭК могут быть представлены также другие материалы, характеризующие научную и практическую ценность выполненной ВКР – печатные статьи с участием выпускника по теме ВКР, документы, указывающие на практическое применение ВКР, макеты, образцы материалов, изделий и т.п.

В своем выступлении обучающийся должен отразить:

- содержание проблемы и актуальность исследования;
- цель и задачи исследования;
- объект и предмет исследования;
- методику своего исследования;
- полученные теоретические и практические результаты исследования;
- выводы и заключение.

В выступлении должны быть четко обозначены результаты, полученные в ходе исследования, отмечена теоретическая и практическая ценность полученных результатов.

По окончании выступления выпускнику задаются вопросы по теме его работы. Вопросы могут задавать все присутствующие. Все вопросы протоколируются.

Затем слово предоставляется научному руководителю, который дает характеристику работы. При отсутствии руководителя отзыв зачитывается одним из членов ГЭК.

После этого выступает рецензент или рецензия зачитывается одним из членов ГЭК.

Заслушав официальную рецензию своей работы, студент должен ответить на вопросы и замечания рецензента.

Затем председатель ГЭК просит присутствующих выступить по существу выпускной квалификационной работы. Выступления членов комиссии и присутствующих на защите (до 2-3 мин. на одного выступающего) в порядке свободной дискуссии и обмена мнениями не являются обязательным элементом процедуры, поэтому, в случае отсутствия желающих выступить, он может быть опущен.

После дискуссии по теме работы студент выступает с заключительным словом. Этика защиты предписывает при этом выразить благодарность руководителю и рецензенту за проделанную работу, а также членам ГЭК и всем присутствующим за внимание.

### 3.4 Критерии оценки выпускной квалификационной работы

Результаты защиты ВКР определяются оценками: «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно» и объявляются *в день защиты*.

Решение об оценке принимается на закрытом заседании ГЭК по окончании процедуры защиты всех работ, намеченных на данное заседание. Для оценки ВКР государственная экзаменационная комиссия руководствуется следующими критериями:

- актуальность темы;
- научно-практическое значение темы;
- качество выполнения работы, включая демонстрационные и презентационные материалы;
- содержательность доклада и ответов на вопросы;
- умение представлять работу на защите, уровень речевой культуры.

Оценка «отлично» (5 баллов) выставляется за глубокое раскрытие темы, полное выполнение поставленных задач, логично изложенное содержание, качественное оформление работы, соответствующее требованиям локальных актов, высокую содержательность доклада и демонстрационного материала, за развернутые и полные ответы на вопросы членов ГЭК;

Оценка «хорошо» (4 балла) выставляется за полное раскрытие темы, хорошо проработанное содержание без значительных противоречий, в оформлении работы имеются незначительные отклонения от требований, высокую содержательность доклада и демонстрационного материала, за небольшие неточности при ответах на вопросы членов ГЭК.

Оценка «удовлетворительно» (3 балла) выставляется за неполное раскрытие темы, выводов и предложений, носящих общий характер, в оформлении работы имеются незначительные отклонения от требований, отсутствие наглядного представления работы и затруднения при ответах на вопросы членов ГЭК.

Оценка «неудовлетворительно» (2 балла) выставляется за частичное раскрытие темы, необоснованные выводы, за значительные отклонения от требований в оформлении и представлении работы, когда обучающийся допускает существенные ошибки при ответе на вопросы членов ГЭК.

Оценка «неудовлетворительно» (1 балл) выставляется за необоснованные выводы, за значительные отклонения от требований в оформлении и представлении работы, отсутствие наглядного представления работы, когда обучающийся не может ответить на вопросы членов ГЭК.

Оценки «отлично», «хорошо», «удовлетворительно» означают успешное прохождение государственного аттестационного испытания, что является основанием для выдачи обучающемуся документа о высшем образовании и о квалификации образца, установленного Министерством образования и науки Российской Федерации.

## **ПРИЛОЖЕНИЕ 1**

(обязательное)

### **Примерный перечень тем выпускных квалификационных работ**

1. Выявление долевого вклада источников питания системы электроснабжения промышленного предприятия в потери электроэнергии и их стоимость.
2. Оптимизация распределения реактивных мощностей в промышленной системе электроснабжения с собственными электростанциями.
3. Применение систем телемеханики для оптимального управления энергоёмкими объектами (на примере мощных компенсирующих устройств).
4. Оптимизация систем возбуждения мощных сетевых синхронных двигателей.
5. Повышение эффективности функционирования электротехнического персонала энергохозяйства промышленного предприятия.
6. Разработка алгоритмов автоматизированного выбора и проверки проводников и электрических аппаратов распределительных устройств подстанций.
7. Разработка алгоритмов САПР систем оперативного постоянного тока понизительной подстанции.
8. Анализ режимных ограничений для работы источников распределенной генерации.
9. Методика оценки надежности внешнего электроснабжения распределительных устройств 6-10 кВ понизительных подстанций.
10. Автоматизированное проектирование схем закрытых распределительных устройств 6-10 кВ понизительных подстанций напряжением 35-220 кВ.