



Федеральное агентство по рыболовству
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Калининградский государственный технический университет»
(ФГБОУ ВО «КГТУ»)

УТВЕРЖДАЮ
Директор института

Фонд оценочных средств
(приложение к рабочей программе модуля)
**«ПЕРЕХОДНЫЕ ПРОЦЕССЫ В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ
СИСТЕМАХ»**

основной профессиональной образовательной программы магистратуры
по направлению подготовки

13.04.02 ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА И ЭЛЕКТРОТЕХНИКА

ИНСТИТУТ

морских технологий, энергетики и строительства

РАЗРАБОТЧИК

кафедра энергетики

1 РЕЗУЛЬТАТЫ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ, ПЕРЕЧЕНЬ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ И КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ

1.1 Результаты освоения дисциплины

Таблица 1 – Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с установленными индикаторами достижения компетенций

Код и наименование компетенции	Дисциплина	Результаты обучения (владения, умения и знания), соотнесенные с компетенциями
ПК-1 Способен осуществлять техническое руководство процессом разработки проектов электроустановок и систем электроснабжения объектов капитального строительства, выполнять разработку и обоснование соответствующих технических решений с использованием методологического аппарата научных исследований и цифровых технологий.	Переходные процессы в электроэнергетических системах	<u>Знать:</u> - правила технологического функционирования; электроэнергетических систем - варианты вероятных аварийных ситуаций в системе электроснабжения; - классификацию и виды переходных процессов в электроэнергетических системах; - нормативные положения по устойчивости в электроэнергетических системах; - методы анализа статической и динамической устойчивости; - мероприятия по обеспечению устойчивости электроэнергетических систем.; <u>Уметь:</u> - анализировать и прогнозировать вероятные аварийные ситуации в системе электроснабжения; - составлять схемы замещений и проводить расчеты параметров электрооборудования в статическом и динамическом режимах работы электроэнергетических систем; - выполнять анализ статической и динамической устойчивости электроэнергетических систем; <u>Владеть:</u> - навыками формирования перечня вероятных аварийных ситуаций в работе системы электроснабжения при анализе устойчивости и переходных процессов; - современными методами анализа статической и динамической устойчивости электроэнергетических систем; - современными достижениями науки и техники по обеспечению статической и динамической устойчивости электроэнергетических систем.

1.2 К оценочным средствам текущего контроля успеваемости относятся:

- тестовые задания открытого и закрытого типов;
- задания к контрольной работе (для заочной формы обучения).

Промежуточная аттестация в форме дифференцированного зачета (зачета с оценкой) проходит по результатам прохождения всех видов текущего контроля успеваемости. При необходимости тестовые задания закрытого и открытого типов могут быть использованы для проведения промежуточной аттестации.

1.3 Критерии оценки результатов освоения дисциплины

Универсальная система оценивания результатов обучения включает в себя системы оценок: 1) «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно»; 2) 100 – балльную/процентную систему и правило перевода оценок в пятибалльную систему (табл. 2).

Таблица 2 – Система оценок и критерии выставления оценки

Система оценок Критерий	2	3	4	5
	0-40%	41-60%	61-80 %	81-100 %
	«неудовлетворительно»	«удовлетворительно»	«хорошо»	«отлично»
1 Системность и полнота знаний в отношении изучаемых объектов	Обладает частичными и разрозненными знаниями, которые не может корректно связывать между собой (только некоторые из них может связывать между собой)	Обладает минимальным набором знаний, необходимым для системного взгляда на изучаемый объект	Обладает набором знаний, достаточным для системного взгляда на изучаемый объект	Обладает полной знаний и системным взглядом на изучаемый объект
2 Работа с информацией	Не в состоянии находить необходимую информацию, либо в состоянии находить отдельные фрагменты информации в рамках поставленной задачи	Может найти необходимую информацию в рамках поставленной задачи	Может найти, интерпретировать и систематизировать необходимую информацию в рамках поставленной задачи	Может найти, систематизировать необходимую информацию, а также выявить новые, дополнительные источники информации в рамках поставленной задачи
3 Научное осмысление изучаемого явления, процесса, объекта	Не может делать научно корректных выводов из имеющихся у него сведений, в состоянии проанализировать только некоторые из	В состоянии осуществлять научно корректный анализ предоставленной информации	В состоянии осуществлять систематический и научно корректный анализ предоставленной	В состоянии осуществлять систематический и научно-корректный анализ предоставленной ин-

Система оценок Критерий	2	3	4	5
	0-40%	41-60%	61-80 %	81-100 %
	«неудовлетворительно»	«удовлетворительно»	«хорошо»	«отлично»
	имеющихся у него сведений		информации, вовлекает в исследование новые релевантные задаче данные	формации, вовлекает в исследование новые релевантные поставленной задаче данные, предлагает новые ракурсы поставленной задачи
4 Освоение стандартных алгоритмов решения профессиональных задач	В состоянии решать только фрагменты поставленной задачи в соответствии с заданным алгоритмом, не освоил предложенный алгоритм, допускает ошибки	В состоянии решать поставленные задачи в соответствии с заданным алгоритмом	В состоянии решать поставленные задачи в соответствии с заданным алгоритмом, понимает основы предложенного алгоритма	Не только владеет алгоритмом и понимает его основы, но и предлагает новые решения в рамках поставленной задачи

2 ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

Тестовые задания открытого типа

1. По характеру воздействия возмущающие воздействия, которые могут быть предсказаны и описаны математически, выделяют как _____

Ответ: детерминированные

2. По характеру воздействия возмущающие воздействия, которые носят случайный характер и описываются статистическими методами, выделяют как _____

Ответ: стохастические

3. По временным характеристикам возмущающие воздействия, которые сохраняются в течение длительного времени без значительных изменений, выделяют как _____

Ответ: постоянные

4. По временным характеристикам кратковременные возмущающие воздействия, которые быстро появляются и исчезают, выделяют как _____

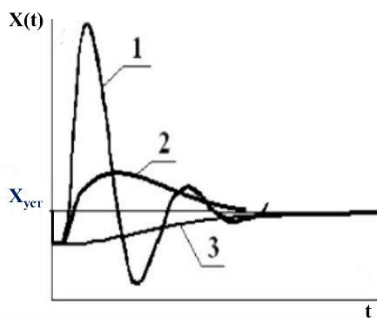
Ответ: импульсные

5. По временным характеристикам возмущающие воздействия, которые меняются во времени по определённой закономерности или случайным образом, выделяют как _____

Ответ: переменные

6. На рисунке изображены типичные осциллограммы параметра $X(t)$ из установившегося режима $X_{уст}$ в переходный.

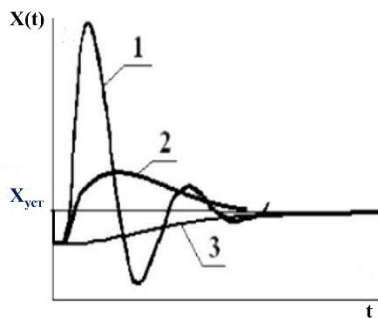
Переходный процесс (позиция 1) имеет _____ характер.



Ответ: колебательный

7. На рисунке изображены типичные осциллограммы параметра $X(t)$ из установившегося режима $X_{уст}$ в переходный.

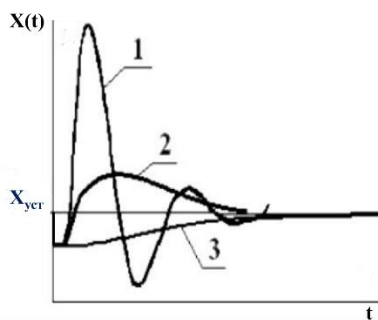
Переходный процесс (позиция 2) имеет _____ характер.



Ответ: монотонный

8. На рисунке изображены типичные осциллограммы параметра $X(t)$ из установившегося режима $X_{уст}$ в переходный.

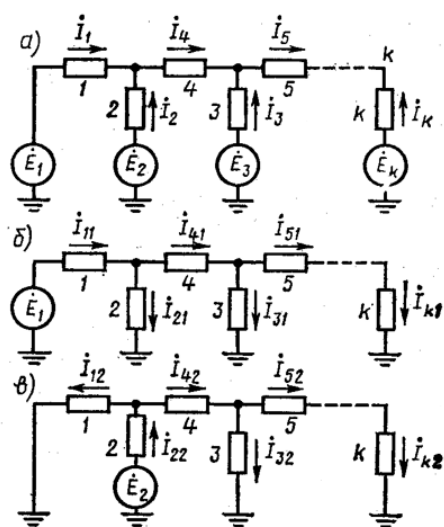
Переходный процесс (позиция 3) имеет _____ характер.



Ответ: аperiodический

9. На рисунке изображена схема определения сопротивлений способом наложения.

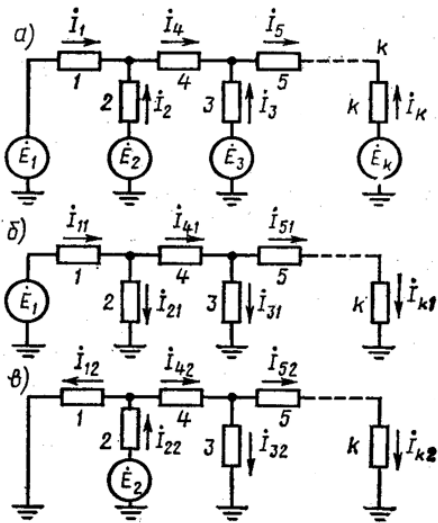
I_{11}, I_{22} это _____ токи.



Ответ: собственные

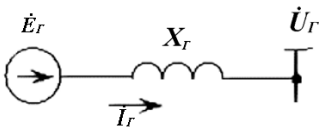
10. На рисунке изображена схема определения сопротивлений способом наложения.

$I_{12}, I_{13}, I_{1n}, I_{1k}$, это _____ токи.



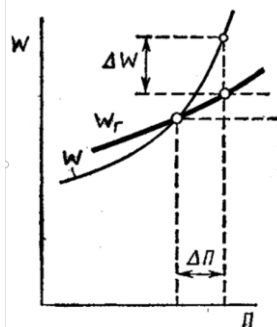
Ответ: взаимные

11. На рисунке изображена упрощенная схема замещения _____.



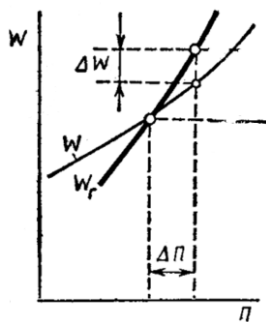
Ответ: генератора

12. На рисунке изображены зависимости энергий при отклонении определяющего параметра электроэнергетической системы, поступающей W_r и расходуемой W в нагрузке в _____ режиме.



Ответ: устойчивом

13. На рисунке изображены зависимости энергий при отклонении определяющего параметра электроэнергетической системы, поступающей W_r и расходуемой W в нагрузке в _____ режиме.



Ответ: неустойчивом

14. У явнополюсных синхронных машин ЭДС E_Q за сопротивлением x_q – это _____ ЭДС.

Ответ: фиктивная

15. Для неявноплюсных синхронных машин ($x_d = x_q$) в схему замещения входит ЭДС E_q пропорциональная току _____.

Ответ: возбуждения

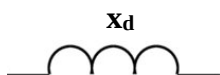
16. Динамическая устойчивость, при котором сохранение режима при больших колебаниях, но без проворота ($180—360^\circ$) ротора генератора называется _____.

Ответ: синхронной

17. Любые воздействия, не предусмотренные ходом технологического процесса и ведущие к нарушению технологического режима – это _____ воздействия.

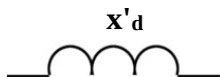
Ответ: возмущающие

18. На рисунке элемент упрощенной схемы замещения - это продольное _____ сопротивление.



Ответ: синхронное

19. На рисунке элемент упрощенной схемы замещения - это продольное _____ сопротивление.



Ответ: переходное

20. Переходный процесс, характеризующийся изменением значений только электромагнитных величин электроустановки— это _____ переходный процесс в электроустановке.

Ответ: электромагнитный

21. Режим, характеризующийся меньшей надежностью, перегрузкой отдельных элементов и возможным ухудшением качества электроэнергии, а также длительное существование его нежелательно, т.к. может возникнуть аварийная ситуация — это _____ установившийся режим.

Ответ: утяжеленный

22. Переходный процесс, характеризующийся одновременным изменением значений электромагнитных и механических величин, определяющих состояние электроустановки - это _____ переходный процесс в электроустановке.

Ответ: электромеханический

23. Способность электрической системы восстанавливать исходное или практически близкое к нему состояние (режим) после возмущения, проявляющегося в отклонении значений параметров режима электрической системы от начальных значений — это _____ электроэнергетической системы.

Ответ: устойчивость.

24. Зависимость мощности $СМ$ от угла нагрузки между векторами ЭДС $\dot{E}$ и напряжения машины, где $\dot{E}=\text{const}$ – это _____ характеристика активной мощности синхронной машины ($СМ$).

Ответ: угловая

25. Совокупность взаимосвязанных электроустановок, предназначенных для производства, преобразования и распределения электроэнергии — это _____ система.

Ответ: электроснабжения

26. Режим, при котором значения параметров режима остаются неизменными или изменяются медленно и нерегулярно, в пределах, соответствующих нормальной работе элементов системы с оптимальными технико-экономическими характеристиками — это _____ установившийся режим работы электроэнергетических систем.

Ответ: нормальный

25. Режим, наступающий после аварийного отключения одного или нескольких элементов энергосистемы, после нарушения устойчивости работы последней из-за перегрузки с последующей ресинхронизацией – это _____ установившийся режим работы электроэнергетических систем.

Ответ: послеаварийный

26. Режим, который имеет место при переходе от одного установившегося режима к другому и характеризуется относительно быстрым и резким изменением параметров режима – это _____ режим работы электроэнергетических систем

Ответ: переходный

27. Способность системы восстанавливать исходный режим после малого его возмущения или режим, весьма близкий к исходному (если возмущающее воздействие не снято) называется: _____ устойчивостью

Ответ: статической

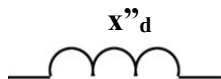
28. Способность системы восстанавливать исходное состояние, или близкое к исходному, после действия больших возмущений называется: _____ устойчивостью

Ответ: динамической.

29. Формулой вида $J_0 \frac{d\omega}{dt} = \Delta M$ описывается уравнение _____ ротора.

Ответ: движения

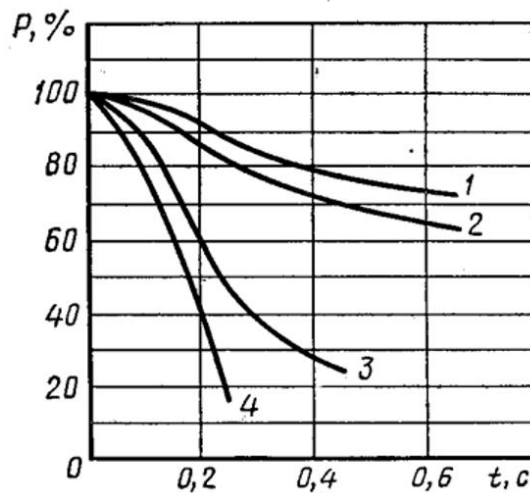
30. На рисунке элемент упрощенной схемы замещения - это продольное _____ сопротивление.



Ответ: сверхпереходное .

Тестовые задания закрытого типа

31. На рисунке представлена:



1. Зависимость предельной мощности, передаваемой в систему по условиям динамической устойчивости, от времени отключения и вида короткого замыкания:
1 - двухфазное; 2 - однофазное; 3 – двухфазное на землю; 4 - трехфазное

3. Зависимость предельной мощности, передаваемой в систему по условиям динамической устойчивости, от времени отключения и вида короткого замыкания:
1 - двухфазное; 2 - двухфазное на землю; 3– однофазное; 4 - трехфазное

2. Зависимость предельной мощности, передаваемой в систему по условиям динамической устойчивости, от времени отключения и вида короткого замыкания: 1- однофазное; 2-двухфазное; 3 – двухфазное на землю; 4 трехфазное

4. Зависимость предельной мощности, передаваемой в систему по условиям динамической устойчивости, от времени отключения и вида короткого замыкания:
1 - двухфазное; 2 - двухфазное на землю; 3– трехфазное; 4 - однофазное

32. Метод исследования статической устойчивости энергосистем, опирающийся на линеаризацию «в малом», называется

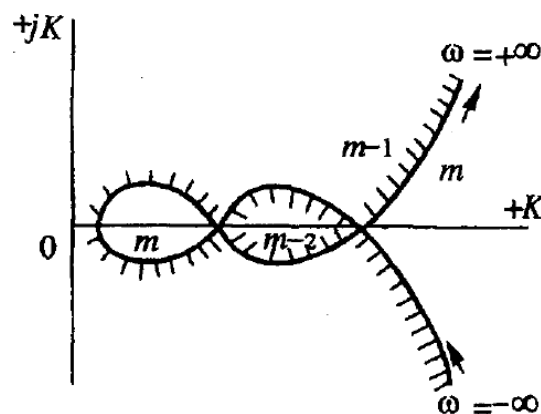
1. Методом малой мощности

3. Методом малых отрезков

2. Методом малых колебаний

4. Методом малой устойчивости

32. На рисунке представлена:



1. Граница D-разбиения по двум параметрам для исследования переходных процессов при малых отклонениях от состояния равновесия методом D-разбиения по двум параметрам, где

$$K = - \frac{Q(j\omega)}{R(j\omega)}$$

2. Граница D-разбиения по множеству параметров для исследования переходных процессов при малых отклонениях от состояния равновесия методом D-разбиения по множеству параметров, где

$$K = - \frac{R(j\omega)}{Q(j\omega)}$$

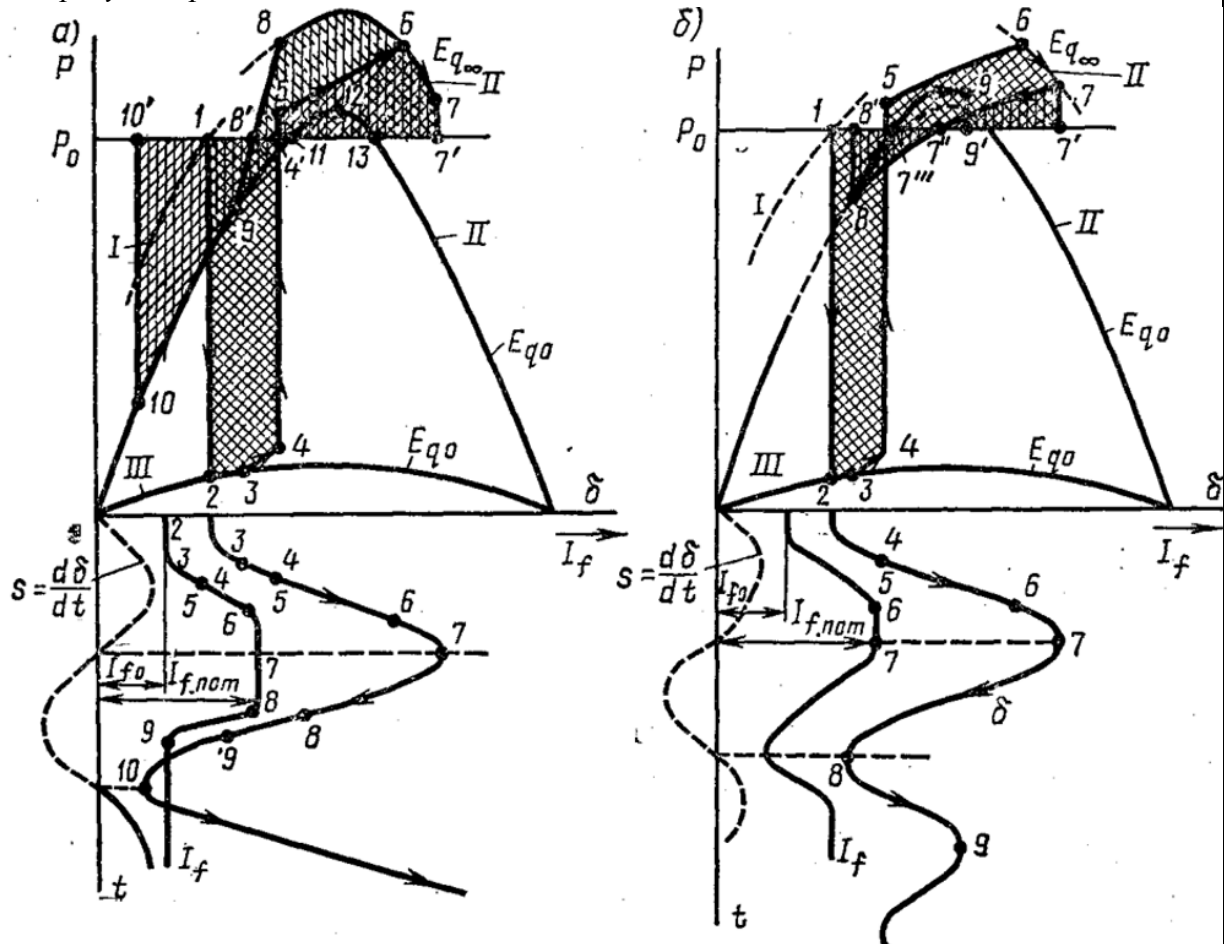
1. Граница D-разбиения по одному параметру для исследования переходных процессов при малых отклонениях от состояния равновесия методом D-разбиения по одному параметру, где

$$K = - \frac{Q(j\omega)}{R(j\omega)}$$

2. Граница D-разбиения по одному параметру для исследования переходных процессов при малых отклонениях от состояния равновесия методом D-разбиения по одному параметру, где

$$K = - \frac{R(j\omega)}{Q(j\omega)}$$

34. На рисунке представлена:

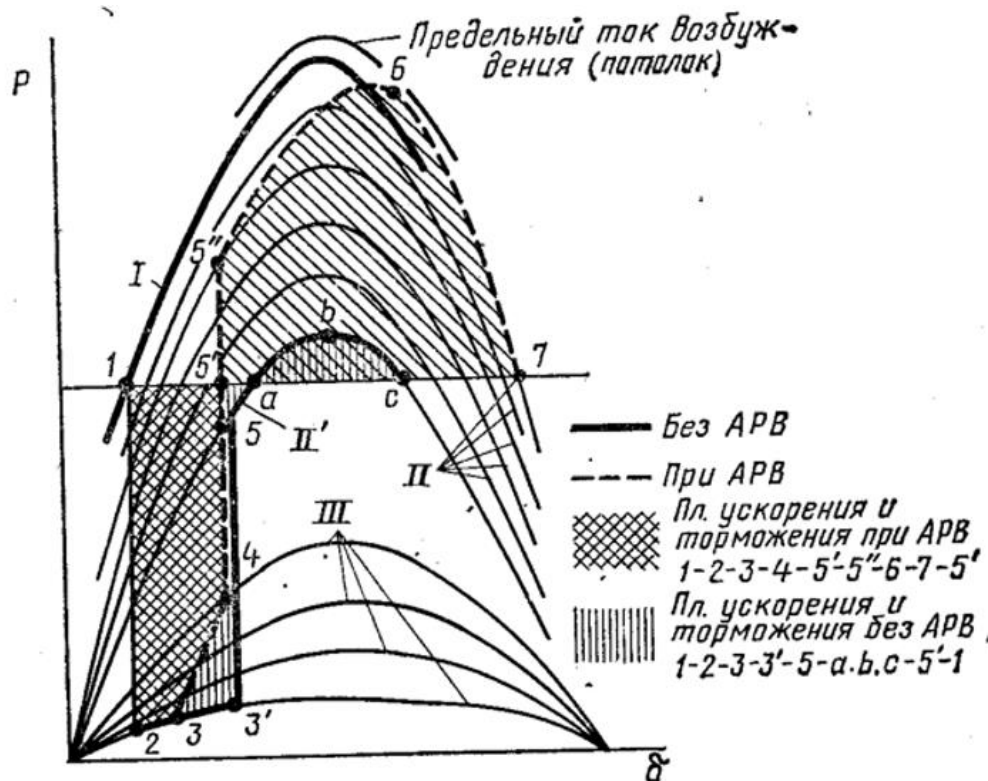


1. Влияние управления током возбуждения на качание генератора: а – правильное управление – раскачивание во втором цикле; б – ошибочное управление – затухание качаний (кривая 7''-8 соответствует

3. Влияние управления током возбуждения на качание генератора: а – ошибочное управление – раскачивание во втором цикле; б – правильное управление –

«расформировке с уменьшением тока I_f до значений, меньших I_{f0})	затухание качаний (кривая 7''-8 соответствует «расформировке с уменьшением тока I_f до значений, меньших I_{f0})
2. Влияние управления током возбуждения на качание генератора: а – правильное управление во втором цикле; б – ошибочное управление во втором цикле (кривая 7''-8 соответствует «расформировке с уменьшением тока I_f до значений, меньших I_{f0})	4. Влияние управления током возбуждения на качание генератора: а – ошибочное управление – затухание качаний; б – правильное управление – раскачивание во втором цикле (кривая 7''-8 соответствует «расформировке с уменьшением тока I_f до значений, меньших I_{f0})

35. На рисунке представлена:



1. Характеристики $P=f(\delta)$:

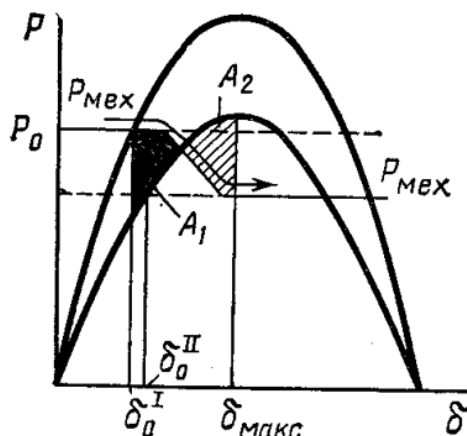
I — характеристика послеаварийного режима; II' — характеристика нормального (исходного) режима (без форсировки); II — группа характеристик послеаварийного режима, построенных для разных значений

3. Характеристики $P=f(\delta)$:

I — характеристика послеаварийного режима; II' — характеристика нормального (исходного) режима (без форсировки); II — характеристики режима к. з.; III —

тока возбуждения; <i>III</i> — характеристики режима к. з.	группа характеристик послеаварийного режима, построенных для разных значений тока возбуждения
2. Характеристики $P=f(\delta)$: I — характеристика нормального (исходного) режима; II' — характеристика послеаварийного режима (без форсировки); II — группа характеристик послеаварийного режима, построенных для разных значений тока возбуждения; III — характеристики режима к. з.	4. Характеристики $P=f(\delta)$: I — характеристика аварийного режима; II' — характеристика нормального (исходного) режима (без форсировки); II — характеристики режима к. з.; III — группа характеристик аварийного режима, построенных для разных значений тока возбуждения

36. На рисунке представлена:



1. Эффект снижения мощности первичного двигателя $P(\delta) \approx M(\omega, t)$ в результате ухудшения динамической устойчивости:

A1 — уменьшенная площадка торможения; A2 — увеличенная площадка ускорения.

2. Эффект снижения мощности первичного двигателя $P(\delta) \approx M(\omega, t)$ в результате ухудшения динамической устойчивости:

A1 — уменьшенная площадка ускорения; A2 — увеличенная площадка торможения.

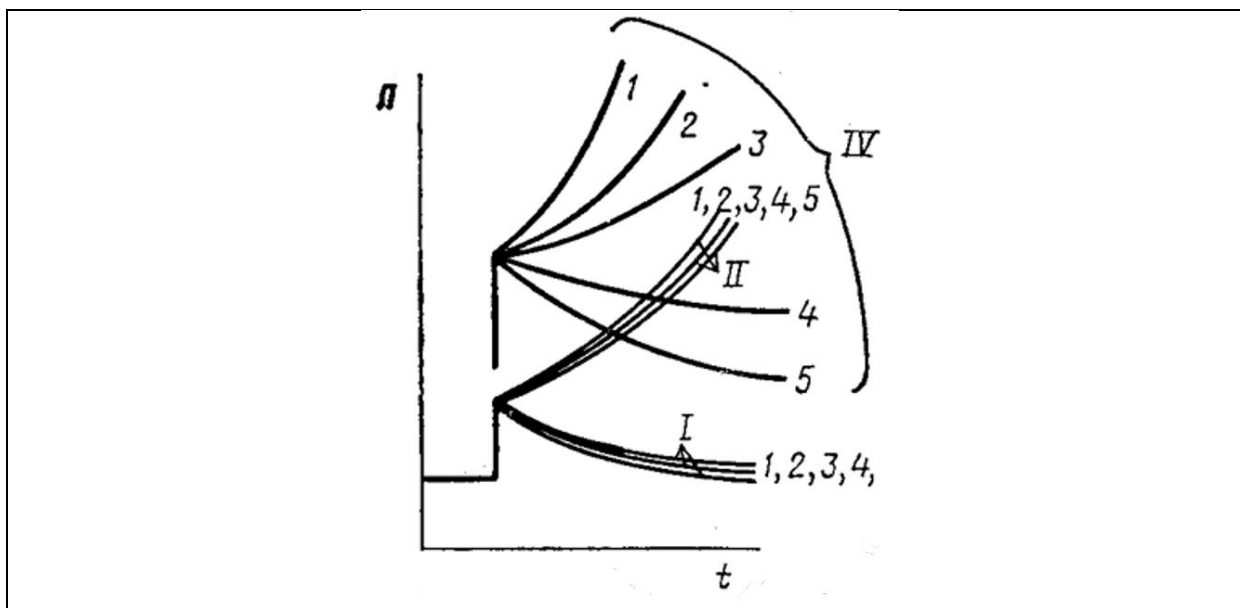
3. Эффект снижения мощности первичного двигателя $P(\delta) \approx M(\omega, t)$ в отношении улучшения динамической устойчивости:

A1 — уменьшенная площадка торможения; A2 — увеличенная площадка ускорения.

4. Эффект снижения мощности первичного двигателя $P(\delta) \approx M(\omega, t)$ в отношении улучшения динамической устойчивости:

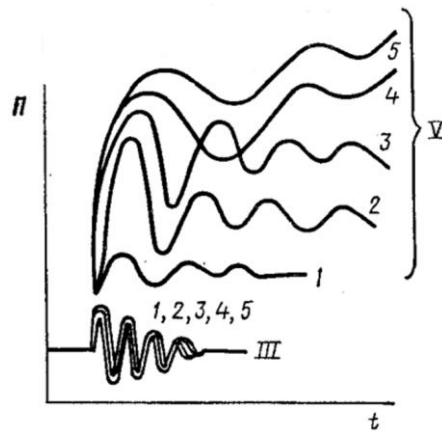
A1 — уменьшенная площадка ускорения; A2 — увеличенная площадка торможения.

37. На рисунке представлена:



1. Примерный характер изменения параметра Π, определяющего устойчивость. I — при аperiodически устойчивом процессе (при малых возмущениях в разных точках); II — при аperiodически неустойчивом процессе (при малых возмущениях в разных точках); IV — при аperiodических устойчивых и неустойчивых процессах (при больших различных по значению возмущениях в разных точках)	3. Примерный характер изменения параметра Π, определяющего устойчивость. I — при аperiodически устойчивом процессе (при малых возмущениях в разных точках); II — при аperiodически неустойчивом процессе (при малых возмущениях в разных точках); IV — при аperiodических устойчивых и неустойчивых процессах (при малых возмущениях в разных точках)
2. Примерный характер изменения параметра Π, определяющего устойчивость. I — при колебательном устойчивом процессе (при малых возмущениях в разных точках); II — при колебательном неустойчивом процессе (при малых возмущениях в разных точках); IV — при колебательных устойчивых и неустойчивых процессах (при больших различных по значению возмущениях в разных точках)	4. Примерный характер изменения параметра Π, определяющего устойчивость. I — при периодически устойчивом процессе (при малых возмущениях в разных точках); II — при периодически неустойчивом процессе (при малых возмущениях в разных точках); IV — при периодически устойчивых и неустойчивых процессах (при больших различных по значению возмущениях в разных точках)

38. На рисунке представлена:



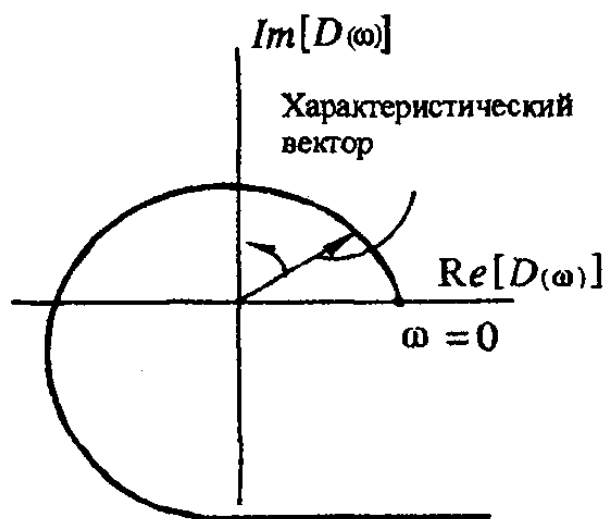
1. Примерный характер изменения параметра Π , определяющего устойчивость. III — при периодически устойчивом процессе (при больших различных по значению возмущениях в разных точках); V — при колебательных устойчивых и неустойчивых процессах (при малых возмущениях в разных точках)

3. Примерный характер изменения параметра Π , определяющего устойчивость. III — при аperiodически устойчивом процессе (при малых возмущениях в разных точках); V — при аperiodически устойчивых и неустойчивых процессах (при больших различных по значению возмущениях в разных точках)

2. 3. Примерный характер изменения параметра Π , определяющего устойчивость. III — при аperiodически устойчивых и неустойчивых процессах (при малых возмущениях в разных точках); V — при аperiodически устойчивых и неустойчивых процессах (при больших различных по значению возмущениях в разных точках)

4. Примерный характер изменения параметра Π , определяющего устойчивость. III — при периодически устойчивом процессе (при малых возмущениях в разных точках); V — при колебательных устойчивых и неустойчивых процессах (при больших различных по значению возмущениях в разных точках)

39. На рисунке представлен:

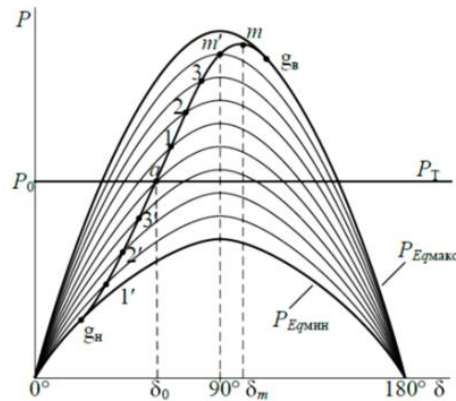


1. Годограф характеристического уравнения 4-го порядка для исследования

1. Годограф характеристического уравнения 4-го порядка для исследования переходных процессов при малых отклонениях

переходных процессов при малых отклонениях от состояния равновесия при помощи критерия А.В. Михайлова	от состояния равновесия при помощи критерия Гурвица.
2. Годограф характеристического уравнения 2-го порядка для исследования переходных процессов при малых отклонениях от состояния равновесия при помощи критерия А.В. Михайлова.	2. Годограф характеристического уравнения 2-го порядка для исследования переходных процессов при малых отклонениях от состояния равновесия при помощи критерия Гурвица..

40. На рисунке представлена:



1. Внешняя угловая характеристика регулируемого генератора	3. Взаимная угловая характеристика двух генераторов
2. Внутренняя угловая характеристика синхронного двигателя	4. Относительная угловая характеристика генератора

3 ТИПОВЫЕ ЗАДАНИЯ К КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЕ

Учебным планом предусмотрено выполнение контрольной работы для студентов заочной формы обучения.

Задание по контрольной работе, выполняемой студентами заочной формы обучения, заключается в подготовке реферата.

3.1 Краткие требования и примерные темы рефератов.

Реферат – это форма самостоятельной работы студентов. Написание реферата студентом рассматривается как творческое задание, выполняемое по учебной дисциплине, с целью самостоятельного приобретения студентом новых знаний и навыков чтения специальной литературы.

Тема выбирается согласно варианту (таблица 3). Подготовка работы осуществляется студентом самостоятельно с использованием лекционного материала и учебной литературы.

Таблица 3 – Темы рефератов

Вариант	Тема
1	Управление процессами обеспечения устойчивости электроэнергетической системы региона.
2	Методы повышения устойчивости энергосистемы.
3	Обзор нормативных документов Системного оператора по обеспечению устойчивости энергосистемы.
4	Проблемы устойчивости узлов нагрузки электроэнергетических систем.
5	Оценка статической устойчивости двигательной нагрузки.
6	Вторичные критерии устойчивости узлов нагрузки.
7	Влияние конденсаторных батарей на устойчивость нагрузки.
8	Электромеханические переходные процессы при самозапуске электродвигателя.
9	Влияние емкостной продольной компенсации индуктивного сопротивления ЛЭП на электромеханические переходные процессы. Влияние на устойчивость энергосистемы изменение параметров ЛЭП большой протяженности.
10	Применение синхронных компенсаторов на промежуточных подстанциях для уменьшения негативного влияния электромеханических переходных процессов.
11	Переходные процессы при электрическом торможении генераторов.
12	Влияние форсировки возбуждения синхронных машин на электромеханические переходные процессы.
13	Электромеханические переходные процессы при отключении части синхронных машин в аварийном режиме.

14	Переходный процесс при асинхронных режимах.
15	Методы определения предельного угла отключения короткого замыкания и их применение при выборе электрооборудования.
16	Методы определения предельного времени отключения трехфазного КЗ и их применение при выборе электрооборудования.
17	Методы исследования динамической устойчивости и их применение при выборе электрооборудования.
18	Характеристики современных генераторов с автоматическими регуляторами возбуждения.
19	Влияние промежуточных подключений на статическую устойчивость простейшей ЭЭС.
20	Системы обеспечения устойчивости энергоснабжения в деятельности генерирующих предприятий.
21	Определение области допустимых режимов работы энергосистем. Требования к устойчивости энергосистем.
22	Факторы, влияющие на предел передаваемой мощности: промежуточный отбор мощности, наличие устройств компенсации реактивной мощности.
23	Использование типовых схем электроэнергетических систем для анализа устойчивости и выявления характерных причин нарушения устойчивости.
24	Поиск опасных сечений и определение предельных, аварийно и максимально допустимых перетоков.
25	Понятия траектории утяжеления режима и исходные данные для утяжеления: изменяемые параметры, контролируемые параметры, технологические ограничения энергосистемы
26	Методы определения допустимого перетока активной мощности в контролируемом сечении.

Реферат должен включать сведения по какому-либо вопросу, освещенному в одном или нескольких произведениях. Реферат, в котором рассматриваются не тексты произведений полностью, а те их части, которые касаются исследуемого вопроса. Допускается вставлять исторические справки, сравнивать приемы и результаты, полученные авторами рассматриваемых произведений, включать мнение исполнителя реферата о достоинствах и недостатках источников.

Работа над рефератом состоит из нескольких этапов:

1. По выбранной теме определить объект и предмет исследования.
2. Поиск источников, составление библиографического списка.
3. Изучение литературы, систематизация информации.
4. Составление плана реферата.
5. Составление и написание реферата.
6. Анализ содержания реферата.
7. Редактирование и правка текста.

В соответствии с общими требованиями, установленными стандартами, а также рекомендациями кафедры энергетики структура реферата должна включать:

- Титульный лист.
- Содержание.
- Введение.
- Основная часть.
- Заключение.
- Список использованных источников.
- Приложения (при необходимости).

3.2 Примерный краткий текст реферата на тему «*Технологии расчета электрических режимов, расчетные модели*».

Введение

Для безопасного и эффективного управления оборудованием электрической сети, принятия экономически эффективных и выверенных решений об управлении, необходимости проведения реконструкций, нового строительства, изменений топологии или замены отдельных элементов электрической сети необходимо выполнять расчёты электрических режимов. Расчёты электрических режимов выполняются для краткосрочного, среднесрочного и долгосрочного планирования, а также для составления перспективных, на несколько лет, планов развития.

3.2.1 Практическое применение расчетов электроэнергетических режимов.

При проектировании для проведения реконструкций, нового строительства, изменений топологии или замены отдельных элементов электрической сети, как правило, выполняются следующие виды аналитических работ и расчётов электрических режимов:

- расчёты установившихся электрических режимов (УР);
- расчёты предельно и максимально допустимых электрических режимов;
- расчёты токов короткого замыкания (ТКЗ);
- расчёты и анализ статической и динамической устойчивости;
- расчёты коммутационных перенапряжений;
- разработку и поддержание в актуальном состоянии расчётных моделей электрических сетей (СІМ);

- оптимизацию электрических и энергетических режимов;
- структурный анализ потерь электрической энергии и мощности.

Расчеты установившихся режимов позволяют определить допустимость параметров режима, расчеты статической устойчивости – выполнить оценку выполнения требований к статической устойчивости, расчеты динамической устойчивости – выполнить оценку динамической устойчивости генерирующего оборудования, расчеты параметров аварийного режима – определить параметры настройки устройств РЗА, проверку электрооборудования.

Данное направление регулируется нормативно-правовыми актами, такие как, Федеральный закон от 26.03.2003 № 35-ФЗ «Об электроэнергетике», Правила оперативно диспетчерского управления в электроэнергетике, утвержденные ПП РФ от 27.12.2004 № 854, ГОСТ Р 58670—2019 «Расчеты электроэнергетических режимов и определение технических решений при перспективном развитии энергосистем», Методические указания по устойчивости энергосистем, утвержденные приказом Министерства РФ от 30 июня 2003 г. № 277.

Результаты расчетов электроэнергетических режимов используются субъектами электроэнергетики и Системным оператором для определения допустимых режимов и организации надежного функционирования энергосистем, что обеспечивается и сопровождается следующими мероприятиями:

1. Формирование и выдачу при присоединении субъектов электроэнергетики к единой национальной (общероссийской) электрической сети технологических требований, обеспечивающих их работу в составе Единой энергетической системы России;
2. Разработка и представление в уполномоченный федеральный орган исполнительной власти мероприятий, технологических схем и программ развития Единой энергетической системы России;
3. Согласование вывода из эксплуатации, также ввода в эксплуатацию объектов электросетевого хозяйства и объектов по производству электрической и тепловой энергии;
4. Планирование графиков ремонта основного оборудования электростанций, оборудования подстанций, устройств релейной защиты, противоаварийной автоматики;
5. Проверка соответствия настройки устройств релейной защиты, сетевой и противоаварийной автоматики планируемым электроэнергетическим режимам энергосистемы и определение параметров указанных настроек;
6. Определение требований к местам размещения и объему ограничений потребления электрической энергии и мощности, вводимых для принятия неотложных мер по предотвращению или ликвидации аварий.

3.2.2 Расчетные модели для расчётов электрических режимов.

Расчетные модели это основа расчетных задач. Для расчёта электрических режимов требуется составить соответствующие расчётные модели в соответствии с общими требованиями:

1. Расчетная модель и применяемые принципы моделирования ее элементов должны обеспечивать совпадение результатов расчетов с параметрами фактических электроэнергетических режимов;
2. Объем и структура расчетной модели должны предоставлять возможность моделирования аварийных возмущений и соответствующих послеаварийных режимов без изменения параметров моделей оборудования;
3. Расчетная модель должна содержать справочную информацию в объеме, необходимом для автоматизированной оценки допустимости режима;
4. Формирование расчетной модели должно осуществляться на основании информации, представленной собственниками оборудования.

Можно выделить основные виды расчетных моделей:

- установившийся режим и статическая устойчивость (базовая топология и баланс, траектория утяжеления, контролируемые сечения);
- оценка состояния (телеметрическая информация, настроечные параметры);
- переходные режимы и динамическая устойчивость (параметры генерирующего оборудования, регуляторы скорости вращения и системы возбуждения);
- токи короткого замыкания (параметры прямой, обратной и нулевой последовательности, учет взаимоиндукции).

Информационная основа расчетной модели на примере установившегося режима (УР) и статической устойчивости (СУ) представлена на рисунке 1.

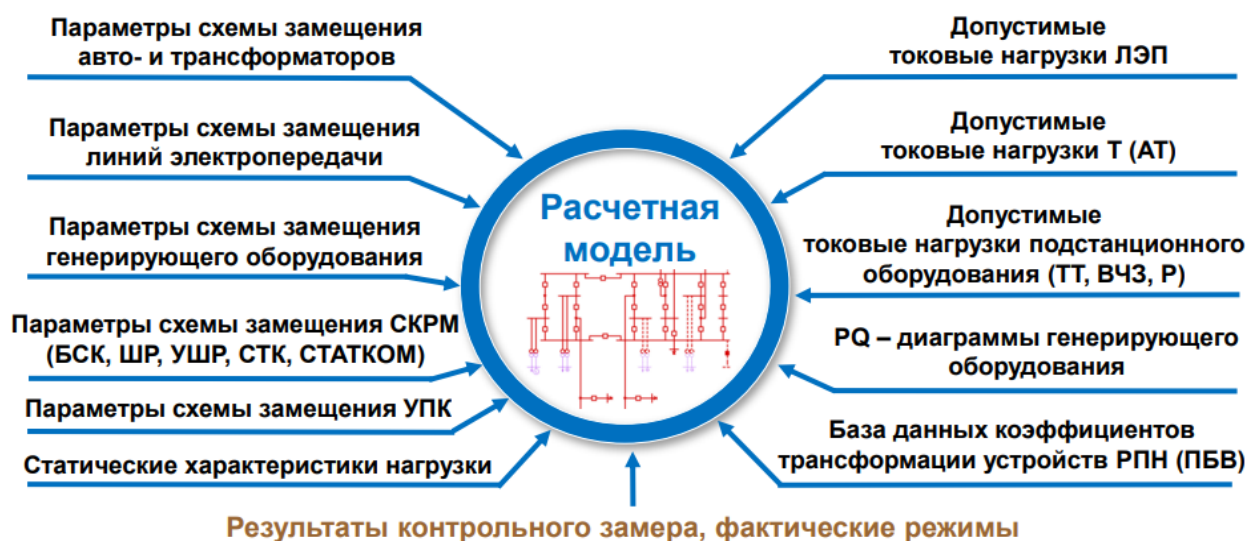


Рисунок 1 - Информационная основа расчетной модели УР и СУ

Информация, используемая для формирования расчетной модели, предоставляется субъектами электроэнергетики в соответствии с Приказом Минэнерго России от 23 июля 2012 г. № 340 «Об утверждении перечня предоставляемой субъектами электроэнергетики информации, форм и порядка ее предоставления».

На рисунке 2 представлены примеры параметров расчетной модели со схемами замещения линии электропередачи.

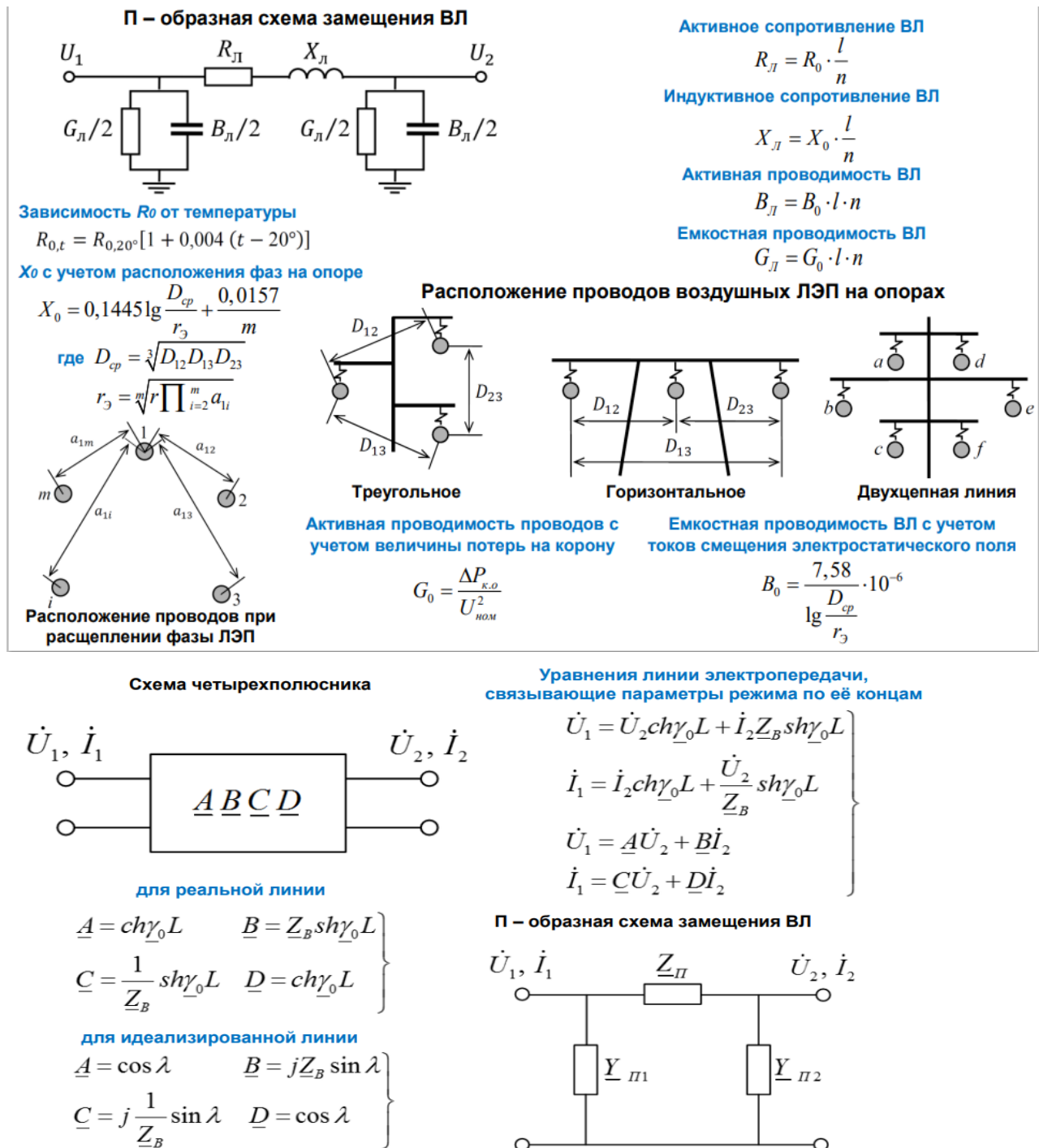


Рисунок 2 - Примеры параметров расчетной модели. Схема замещения линии электропередачи

На рисунке 3 представлен принцип формирования расчетной модели на примере модели УР и СУ.

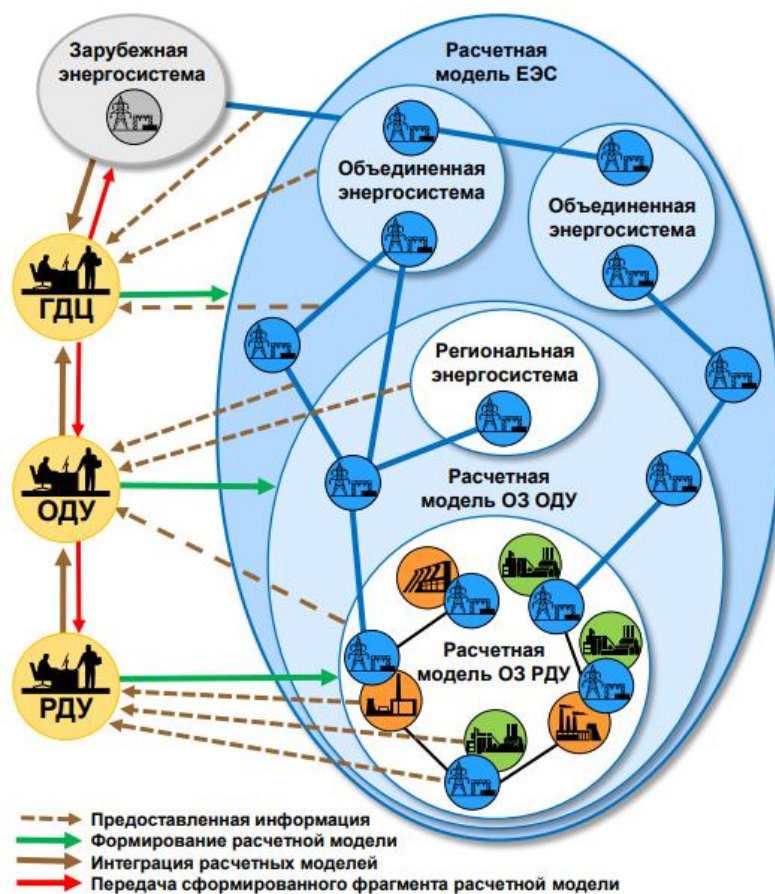


Рисунок 3 - Принцип формирования расчетной модели на примере модели УР и СУ

У Системного оператора на примере модели УР и СУ в каждом диспетчерском центре используется собственная верифицированная расчетная модель (РМ):

1. Главный диспетчерский центр (получение и анализ информации от зарубежных энергосистем, получение и анализ информации от субъектов электроэнергетики, формирование РМ ЕЭС на основе РМ ОДУ, интеграция РМ зарубежных энергосистем, верификация расчетной модели);
2. Объединенное диспетчерское управление (получение и анализ информации от субъектов электроэнергетики, формирование РМ ОДУ на основе РМ РДУ, формирование внешнего эквивалента РМ ЕЭС, верификация расчетной модели);
3. Региональное диспетчерское управление (получение и анализ информации от субъектов электроэнергетики, анализ предоставленной информации, формирование РМ РДУ, формирование внешнего эквивалента РМ ОДУ, верификация расчетной модели).

Расчеты электромеханических переходных процессов и динамической устойчивости (ДУ) на практике выполняются с использованием современных программных комплексов расчета переходных режимов ДУ, позволяющие обеспечить корректное моделирование процессов. В основу расчетной модели ДУ энергоустановки электростанции входит генераторный агрегат (рисунок 4).

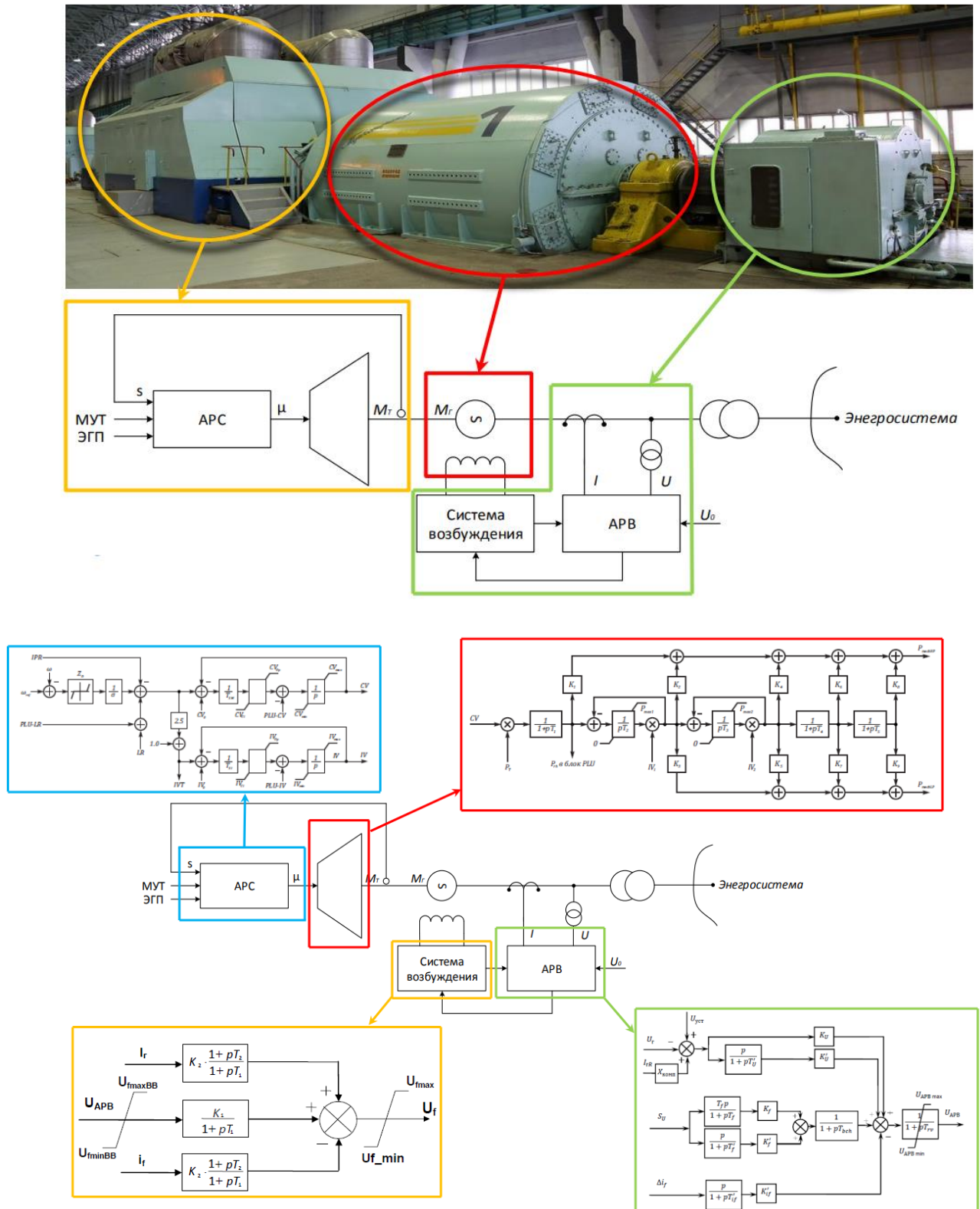


Рисунок 4 - Основа расчетной модели ДУ

Существует множество подходов и методов формирования расчетных моделей в зависимости от направления и сложности задач, а также от технической возможности современных программных комплексов.

Заключение.

Важнейшей задачей для электроэнергетики является бесперебойное обеспечение потребителей электроэнергией установленного законодательством качества. Для ее выполнения модернизируются существующие и строятся новые объекты электросетевого хозяйства, основные технические решения которых закладываются на этапе проектирования. Выбор того или иного решения обусловлен выводами, сделанными на основании расчетов.

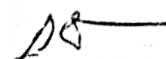
Выполнение расчетов при проектировании электросетевых объектов, в том числе расчетов режимов и токов короткого замыкания, является ответственной и сложной задачей, для решения которой требуется опыт и высокий профессионализм.

4 СВЕДЕНИЯ О ФОНДЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ И ЕГО СОГЛАСОВАНИИ

Фонд оценочных средств для аттестации по дисциплине «Переходные процессы в электроэнергетических системах» представляет собой компонент основной профессиональной образовательной программы магистратуры по направлению подготовки 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника.

Преподаватель-разработчик –к.т.н, С.А. Панкратов

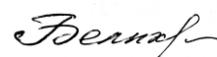
Фонд оценочных средств рассмотрен и одобрен заведующим кафедрой энергетики
Заведующий кафедрой



В.Ф. Белей

Фонд оценочных средств рассмотрен и одобрен методической комиссией института морских технологий, энергетики и строительства протокол № 6 от 26.08.2025.

Председатель методической комиссии ИМТЭС



О.А. Бельх