Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Новосибирский государственный технический университет»
Кафедра автоматизированных электроэнергетических систем

Паспорт экзамена

по дисциплине «Переходные процессы в электроэнергетических системах», 6 семестр

1. Методика оценки

Экзамен проводится в устной форме, по билетам. Билет состоит из 2-х вопросов и задачи и формируется по следующему правилу:

- первый вопрос выбирается из перечня вопросов по разделу «Электромагнитные процессы», см. ниже (1…78);
- второй вопрос выбирается из перечня вопросов по разделу «Устойчивость энергосистем и электромеханические переходные процессы», см. ниже (1…93);
- задача. Примеры экзаменационных задач приведены ниже.

Таким образом, проверяется уровень сформированности компетенций и соотнесенных с ними индикаторов, закрепленных за дисциплиной.

На экзамене преподаватель вправе задавать студенту уточняющие и дополнительные вопросы из общего перечня (п. 4).

Форма экзаменационного билета

НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
Факультет ФЭН

Билет № _____
к экзамену по дисциплине «Переходные процессы в электроэнергетических системах»

1. Вопрос 1
2. Вопрос 2.
3. Задача.

Утверждаю: зав. кафедрой ____ _____ должность, ФИО
(подпись)
(дата)

2. Уровни освоения компетенций и критерии оценки

Ответ на экзаменационный билет засчитывается на **продвинутом** уровне, если студент при ответе на вопросы проводит сравнительный комплексный анализ материала, выявляет проблемы, предлагает механизмы их решения, представляет количественные характеристики определенных процессов, приводит конкретные примеры и не допускает

ошибок при решении задачи. Компетенции и соотнесенные с ними индикаторы, закрепленные за дисциплиной, сформированы в полном объеме. Оценка составляет *от 36 до 40 баллов.*

Ответ на экзаменационный билет (тест) засчитывается на **базовом** уровне, если студент при ответе на вопросы формулирует основные понятия, дает характеристику процессов, явлений, проводит анализ причин, условий, способен представить количественные и качественные характеристики процессов, не допускает существенных ошибок при решении задачи. Компетенции и соотнесенные с ними индикаторы, закрепленные за дисциплиной, содержат несущественные пробелы и сформированы на базовом уровне. Оценка составляет *от 30 до 35 баллов.*

Ответ на экзаменационный билет (тест) засчитывается на **пороговом** уровне, если студент при ответе на вопросы дает определение основных понятий, может показать причинно-следственные связи явлений, при решении задачи допускает непринципиальные ошибки, например, вычислительные. Компетенции и соотнесенные с ними индикаторы, закрепленные за дисциплиной, содержат пробелы и сформированы на пороговом уровне. Оценка составляет *от 20 до 29 баллов.*

Ответ на экзаменационный билет (тест) считается **неудовлетворительным**, если студент при ответе на вопросы не дает определений основных понятий, не способен показать причинно-следственные связи явлений, при решении задачи допускает принципиальные ошибки. Компетенции и соотнесенные с ними индикаторы, закрепленные за дисциплиной, не сформированы. Оценка составляет менее *20 баллов.*

3. Шкала оценки

Экзамен считается сданным, если сумма баллов по всем заданиям билета составляет от 20 до 40 баллов включительно. Сумма менее 20 баллов признается неудовлетворительным результатом промежуточной аттестации по дисциплине.

В общей оценке по дисциплине экзаменационные баллы учитываются в соответствии с правилами балльно-рейтинговой системы, установленными в НГТУ.

4. **Вопросы к** экзамену **по дисциплине «**Переходные процессы в электроэнергетических системах**»**

Вопросы по разделу «Электромагнитные процессы»

(

1. Что означает термин «мощность короткого замыкания источника»?
2. Что означает термин «шины бесконечной мощности»?
3. Как формулируется закон электромагнитной инерции (правило Ленца)?
4. Как влияют токи КЗ на оборудование энергосистемы?
5. Для чего рассчитываются токи КЗ?
6. Какие основные допущения делаются при расчёте токов КЗ в сетях выше 1000 В?
7. Какие основные допущения делаются при расчёте токов КЗ в сетях до 1000 В?
8. Что такое вынужденная и свободная составляющие тока КЗ?
9. Что такое ударный ток КЗ?
10. Для чего рассчитывается ударный ток КЗ?
11. Для чего рассчитывается действующее значение ударного тока?
12. Чем отличается максимальное значение тока КЗ от ударного тока?
13. От чего зависит значение ударного тока?

14. При каком характере нагрузки предшествующего режима (активная, индуктивная, ёмкостная, комплексная нагрузка, холостой ход) переходный процесс КЗ будет протекать с наибольшими значениями свободной составляющей тока?
15. Почему в качестве предшествующего короткому замыканию режима чаще всего принимают холостой ход?
16. Достоинства и недостатки метода расчёта в именованных единицах.
17. Достоинства и недостатки метода расчёта в относительных единицах.
18. Что значит «точное приведение параметров схемы замещения к одной ступени напряжения»?
19. Что значит «приближённое приведение параметров схемы замещения к одной ступени напряжения»?
20. Каким образом при расчёте тока КЗ в схеме замещения учитывается комплексная нагрузка?
21. Что такое «форсировка возбуждения» и когда она применяется?
22. Влияет ли форсировка возбуждения на ток КЗ и если влияет, то как?
23. Какими факторами определяется минимальное время бестоковой паузы АПВ ВЛ?
24. Какое основное назначение АРВ?
25. Чем отличается АРВ "сильного действия" от АРВ "пропорционального действия"?
26. По какой причине для расчёта и анализа режимов и переходных процессов синхронных машин используют систему координат d-q?
27. Какие магнитные потоки принято принимать во внимание при анализе переходных процессов в синхронной машине?
28. Какие этапы развития процесса принято выделять при анализе КЗ на шинах синхронной машины?
29. При выполнении какого условия оканчивается сверхпереходный этап процесса КЗ синхронной машины?
30. При выполнении какого условия начинается этап установившегося режима КЗ синхронной машины?
31. Почему в переходном процессе в статорных обмотках синхронного генератора появляются апериодические (свободные) составляющие тока?
32. Чем определяется скорость затухания апериодической составляющей тока КЗ синхронного генератора?
33. Чему равна сумма мгновенных значений свободных составляющих фазных токов статора в переходном процессе СГ с изолированной нейтралью?
34. В каком случае при 3-х фазном коротком замыкании СГ в фазном токе статорной обмотки отсутствует апериодическая составляющая?
35. В каком случае при 3-х фазном коротком замыкании СГ апериодическая составляющая будет отсутствовать в токах всех фазах одновременно?
36. Почему ток возбуждения синхронного генератора в переходном процессе имеет периодическую составляющую?
37. Зависит ли свободная составляющая тока возбуждения синхронного генератора от момента времени КЗ?
38. Зависит ли периодическая составляющая тока возбуждения синхронного генератора от момента времени КЗ?
39. По какой причине в переходном процессе в статорных обмотках СГ появляется вторая гармоника тока?

40. От каких факторов зависит максимальное мгновенное значение фазного тока статора в переходном процессе СГ?
41. Чем принципиально отличаются процессы КЗ с СГ и с ШБМ?
42. Чем отличается процесс КЗ на шинах СГ от КЗ на шинах СД?
43. Какая схема замещения СГ с демпферными обмотками применяется для расчёта действующего значения вынужденной составляющей тока в первый момент КЗ?
44. Какая схема замещения СГ без демпферных обмоток применяется для расчёта действующего значения вынужденной составляющей тока в первый момент КЗ?
45. Что такое сверхпереходная ЭДС СГ?
46. Что такое переходная ЭДС СГ?
47. Чему равна ЭДС СГ на этапе установившегося КЗ?
48. Чем определяется ЭДС Eq СГ в процессе КЗ на каждом из его этапов?
49. Почему ЭДС E'q синхронной машины без демпферных обмоток остаётся неизменной в первый момент переходного процесса?
50. Когда и почему в расчётах переходных процессов допускается вместо E'q использовать E'?
51. Как и почему в ходе развития процесса КЗ изменяется индуктивное сопротивление СГ?
52. Как соотносятся между собой по величине Xd, X'd и X"d СГ? Расположите их в порядке возрастания.
53. Дайте определение Tdo. Что она определяет в переходном процессе?
54. Дайте определение T'd. Что она определяет в переходном процессе?
55. Дайте определение T"d. Что она определяет в переходном процессе?
56. Дайте определение Ta. Что она определяет в переходном процессе?
57. Почему установившийся ток КЗ синхронного генератора меньше начального?
58. За счёт чего АД “подпитывает” точку КЗ?
59. Наличие у синхронного генератора демпферных обмоток увеличивает или уменьшает величину ударного тока? Почему?
60. Как составляется схема замещения прямой последовательности?
61. Как составляется схема замещения обратной последовательности?
62. Как составляется схема замещения нулевой последовательности?
63. Напряжение прямой последовательности увеличивается или уменьшается по мере удаления от точки КЗ? Почему?
64. Напряжение обратной последовательности увеличивается или уменьшается по мере удаления от точки КЗ? Почему?
65. Напряжение нулевой последовательности увеличивается или уменьшается по мере удаления от точки КЗ? Почему?
66. Чем и по какой причине обычно отличаются векторные диаграммы напряжения со стороны ВН и НН трансформатора при несимметричных КЗ?
67. По какой причине сопротивление нулевой последовательности воздушной линии больше её сопротивления прямой последовательности?
68. В каких случаях применяется «гашение поля» СГ?
69. По каким соображениям выбирается величина сопротивления гашения в цепи возбуждения СГ?
70. С какой целью при гашении поля синхронной машины используют дугогасительную решётку?

71. Что произойдёт при размыкании цепи обмотки возбуждения синхронной машины при отсутствии сопротивления гашения?
72. Чем принципиально отличается простое замыкание на землю от однофазного КЗ?
73. Как рассчитывается ток однофазного замыкания на землю в сетях без глухого заземления нейтрали?
74. В чём состоит явление самовозбуждения СГ?
75. По какой причине происходит синхронное самовозбуждение СГ?
76. По какой причине происходит асинхронное самовозбуждение СГ?
77. По какой причине ограничивается нарастание амплитуд напряжения и тока статора при самовозбуждении СГ?
78. В чём состоит особенность расчёта токов КЗ в дальних линиях электропередачи?

Вопросы по разделу
«Устойчивость энергосистем и электромеханические переходные процессы»

1. Изобразите векторную диаграмму электропередачи с неявнополюсным генератором.
2. Изобразите векторную диаграмму электропередачи с явнополюсным генератором.
3. Запишите аналитическое выражение угловой характеристики простейшей электропередачи.
4. Обоснуйте вид характеристики турбины, обычно принимаемый при анализе устойчивости простейшей системы?
5. Чему равен предел передаваемой мощности по условию сохранения параллельной работы генератора и ШБМ в простейшей энергосистеме?
6. Почему из двух точек пересечения угловой характеристики электропередачи и характеристики турбины только одна является точкой устойчивого равновесия?
7. Какие факторы влияют на предел передаваемой мощности электропередачи?
8. Как влияет ток возбуждения СГ на предел передаваемой мощности электропередачи?
9. Что такое синхронизирующая мощность электропередачи? Её физический смысл.
10. Что понимается под статической устойчивостью энергосистемы?
11. Как определяется коэффициент запаса статической устойчивости электропередачи по активной мощности?
12. Как нормируется коэффициент запаса статической устойчивости?
13. Как влияют нерегулярные колебания мощности на величину коэффициента запаса статической устойчивости?
14. Как формулируется критерий статической устойчивости простейшей электрической системы?
15. Как в расчетах статической устойчивости замещается синхронная машина без АРВ?
16. Как в расчетах статической устойчивости замещается синхронная машина с АРВ пропорционального действия?
17. Как в расчетах статической устойчивости замещается синхронная машина с АРВ сильного действия?
18. Какие зависимости устанавливают статические характеристики нагрузки?
19. Физический смысл регулирующего эффекта нагрузки.
20. Чему равен регулирующий эффект нагрузки, представленной активным сопротивлением и каково его численное значение в номинальном режиме?

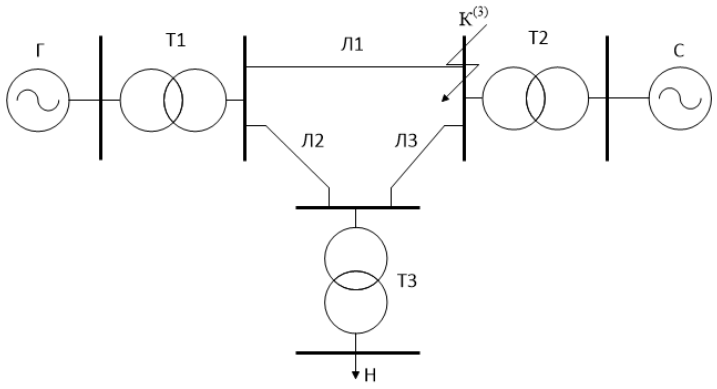
21. Чему равен регулирующий эффект нагрузки, представленной индуктивным сопротивлением и каково его численное значение в номинальном режиме?
22. Чему равен регулирующий эффект нагрузки, представленной ёмкостным сопротивлением и каково его численное значение в номинальном режиме?
23. Обоснуйте простейшую схему замещения асинхронного двигателя.
24. Изобразите и поясните характеристику асинхронного двигателя P(S).
25. Как формулируется критерий статической устойчивости асинхронного двигателя?
26. Что понимается под устойчивостью нагрузки?
27. Физический смысл критического напряжения для асинхронного двигателя.
28. В чем причина явления опрокидывания АД?
29. Как влияет величина индуктивного сопротивления между источником питания и АД на устойчивость работы последнего?
30. Почему пусковой ток АД с короткозамкнутым ротором намного больше тока нормального установившегося режима?
31. В каком случае пусковой ток АД больше: при пуске АД на холостом ходу или под нагрузкой?
32. В каком случае время пуска больше: при пуске АД на холостом ходу или под нагрузкой?
33. В каких случаях и каким образом применяется критерий устойчивости узла нагрузки dE/dU?
34. Что такое «лавина напряжения» в узле нагрузки и по какой причине она возникает?
35. Что такое самозапуск двигательной нагрузки?
36. Запишите уравнение движения ротора генератора без учёта демпфирования.
37. Запишите уравнение движения ротора генератора с учётом демпфирования.
38. Дайте определение Tj.
39. К какому виду дифференциальных уравнений относится уравнение движения ротора генератора?
40. Имеет ли уравнение движения ротора генератора аналитическое решение? Если “да”, то в каких случаях? Если "нет", то почему?
41. К чему приводит нарушение баланса активной мощности на валу синхронного генератора?
42. Чем вызвана необходимость автоматического регулирования частоты?
43. Что означает термин “консервативная” система?
44. Что означает термин “диссипативная” система?
45. В чём состоит основное отличие электромагнитных и электромеханических переходных процессов?
46. Как влияет автоматическое регулирование возбуждения генераторов на устойчивость их параллельной работы?
47. Что такое «лавина частоты» и по какой причине она возникает?
48. Как влияет величина и знак регулирующего эффекта нагрузки на характер переходного электромеханического процесса в энергосистеме?
49. Что понимается под динамической устойчивостью энергосистемы?
50. Что понимается под синхронной устойчивостью энергосистемы?
51. Что понимается под результирующей устойчивостью энергосистемы?
52. В каких случаях и почему при расчёте динамической устойчивости энергосистемы механический вращающий момент турбины допустимо принимать постоянным?

53. Что такое «критическое значение» угла электропередачи **δкр**?
54. В каких случаях СГ во время трёхфазного КЗ на его выводах будет ускоряться, а в каких – тормозиться?
55. Сформулируйте правило площадей.
56. Как в расчётах динамической устойчивости замещается синхронная машина без АРВ?
57. Как в расчётах динамической устойчивости замещается синхронная машина с АРВ пропорционального действия?
58. Как в расчётах динамической устойчивости замещается синхронная машина с АРВ сильного действия?
59. Почему сокращение длительности короткого замыкания способствует повышению динамической устойчивости энергосистемы?
60. В каком случае отключение части генераторов способствует повышению динамической устойчивости энергосистемы?
61. По какой причине колебания роторов генераторов в энергосистеме после возмущения затухают?
62. Как влияет величина коэффициента демпфирования на характер движения ротора генератора после возмущения, не приводящего к нарушению устойчивости?
63. Возможно ли в энергосистеме отрицательное значение коэффициента демпфирования?
64. Как влияют демпферные обмотки синхронных генераторов на характер протекания электромеханических переходных процессов в энергосистеме?
65. Как влияет величина T_j на характер движения ротора генератора в электромеханическом переходном процессе?
66. Как влияет быстродействие выключателей на динамическую устойчивость энергосистемы при КЗ?
67. Как влияет длительность бестоковой паузы АПВ на динамическую устойчивость?
68. Как влияет форсировка возбуждения на динамическую устойчивость энергосистемы?
69. Как влияют демпферные обмотки генератора на динамическую устойчивость?
70. Почему в первый момент возмущения при резком изменении электромагнитной мощности угол δ остаётся равным своему доаварийному значению?
71. Что такое "предельное время" отключения КЗ?
72. Что означают термины: "устойчивость в большом" и "устойчивость в малом"?
73. Назовите характерные признаки асинхронного хода в энергосистеме.
74. Как изменяется во времени переток активной мощности электропередачи во время асинхронного хода?
75. Что такое «центр качаний» энергосистемы?
76. Как изменяется напряжение в «центре качаний» энергосистемы при асинхронном ходе?
77. Какие существуют способы ликвидации асинхронного хода?
78. В чём состоит опасность асинхронного хода в энергосистеме?
79. Чем опасен асинхронный режим для генератора?
80. Чем опасен асинхронный режим для нагрузки?
81. В чём состоит принцип действия "электрического торможения" генератора?

82. Что такое "импульсная разгрузка турбины"?
83. В чём состоит идея фазового управления для повышения динамической устойчивости электропередачи?
84. Для чего и когда применяется ОГ?
85. Поясните принцип действия САОН.
86. Является ли АЧР средством повышения динамической устойчивости?
87. Какие задачи решает автоматика предотвращения нарушения устойчивости (АПНУ)?
88. На какие группы подразделяются устройства АЛАР?
89. Что такое “горячий резерв” активной мощности на электростанции?
90. В чём состоит основной недостаток численного метода анализа динамической устойчивости?
91. Что такое "фазовая плоскость"? Для чего используется?
92. Для чего используются асинхронизированные синхронные генераторы и компенсаторы?
93. Какие особенности протекания электромеханического переходного процесса при больших возмущениях при наличии в энергосистеме синхронных компенсаторов?

5. Примеры экзаменационных задач

Задача 1



С: UCH = 11 кВ; SK3 = 1000 МВА

Г1,: SHГ = 100 МВА; UH = 10,5 кВ; cosφ = 0,8; X"d = 0,14; X/R =80

Т1: SHT1 = 125МВА; КТ = 242/10,5; U_K = 12%; X/R = 25

Т2: SHT2 = 100МВА; КТ = 230/11; U_K = 10%; X/R = 20

Т3: SHT3 = 63МВА; КТ = 230/10,5; U_K = 10,5%; X/R=15;

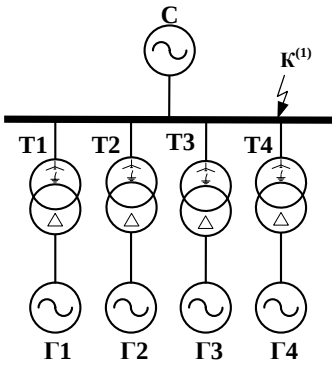
Л: L1=100км; L2=L3=60км; ХУД=0,4; RУД=0,09:

Н: SH=20 МВА; UH=10,5кВ; X/R =15.

Рассчитать начальное значение периодической составляющей тока трёхфазного КЗ, ударный ток, и его действующее значение, используя способ ППИЕ.

До аварии генератор работал с номинальной нагрузкой.

Задача 2



Определить, у скольких трансформаторов можно заземлить нейтрали, чтобы напряжение на незаземленных нейтралях не превышало 30 кВ при однофазном КЗ в точке К в начальный момент КЗ (t = 0) (рис. 3.31).

Параметры:

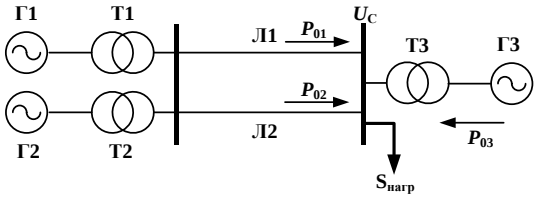
Т: 63 МВ · А, 115/10,5 кВ, Uк = 10 %;

Г: 10,5 кВ, 60 МВ · А, cos φ = 0,85, $X''_d = 0,2$, $X_d = 1,5$;

Л: X = X2 = 10 Ом, X0 = 30 Ом.

С: система бесконечной мощности.

Задача 3



Для двухмашинной системы определить коэффициент запаса по пределу передаваемой мощности для генератора Г1 и Г2 с учетом АРВ и явнополюсности. Параметры элементов системы (на один элемент):

Г1, Г2: $P_{ном} = 115$ МВт, $U_{ном} = 13,8$ кВ, $\cos\varphi = 0,85$, $X_d = 0,52$, $X_q = 0,33$, $X'_d = 0,197$;

Г3: $P_{ном} = 500$ МВт, $U_{ном} = 20$ кВ, $\cos\varphi = 0,85$, $X_d = X_q = 2,46$; $X'_d = 0,36$.

На всех генераторах установлены АРВ пропорционального действия.

Т1, Т2: $U_{ном} = 160$ МВ · А, $K_Т = 220/13,8$ кВ, $U_k = 11\%$.

Т3: $S_{ном} = 630$ МВ · А, $K_Т = 220/20$ кВ, $U_k = 12\%$.

Л1, Л2: $U_{ном} = 220$ кВ, $l_1 = l_2 = 210$ км, $X_{1уд} = 0,4$ Ом/км.

Нагр.: $P_{\text{нагр}} = 650$ МВт, $\text{tg}\varphi_{\text{нагр}} = 0{,}62$; $Z_{\text{нагр}} = \text{const}$.

Исходный режим: $U_{\text{С}} =$ 230 кВ, $P_{01} = P_{02} =$ 100 МВт, $Q_{01} = Q_{02} =$ 62 Мвар.