



ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
УПРАВЛЕНИЕ ЦИФРОВЫХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Кафедра «Интеллектуальные электрические сети»

**Методические
задания и указания**
к контрольной работе по дисциплине

**«Технологическая
и противоаварийная
автоматика в
электроэнергетических
системах»**



Автор
Шелест В. А.

Ростов-на-Дону, 2020

Аннотация

Методические указания и задания к контрольной работе предназначены для студентов очной и заочной форм обучения по направлению 13.03.02/13.04.02 «Электроэнергетика и электротехника»

Автор

к.т.н., доцент кафедры «Интеллектуальные электрические сети»
Шелест В.А.





Оглавление

Общие требования к выполнению контрольных работ	4
Часть 1 - рефераты.....	5
Часть 2 – ответы на вопросы	7
Часть 3 – расчет уставок.....	9
Пример расчёта уставок синхронизатора СА-1.....	9
Список литературы	13

Общие требования к выполнению контрольных работ

1. Выполнению контрольной работы предшествует изучение теоретической части курса по дисциплине.
2. Контрольная работа состоит из 3 частей: написание рефератов, ответы на вопросы и расчет уставок синхронизатора для включения генератора на параллельную работу с энергосистемой.
3. Возможны дистанционные консультации по выполнению контрольной работы.
4. Рекомендуется контрольную работу печатать (формат А4).
5. Использовать титульный лист установленного образца.
6. Текст и формулы набираются в редакторе Word.
7. Рисунки и графики выполняются в графическом редакторе.
8. Контрольная работа регистрируется в деканате.
9. При защите необходимо показать знание материала, изложенного в контрольной работе.
10. Без защищенной контрольной работы студент к экзамену не допускается.

ЧАСТЬ 1 - РЕФЕРАТЫ.

Студенту необходимо написать два реферата. Номера тем рефератов выбираются из таблицы 1 по последним двум цифрам номера зачетки.

Таблица 1-номеров тем рефератов.

Пред-последняя цифра номера зачетки	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Тема реферата 1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Последняя цифра	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0

Электромагнитные переходные процессы

номера зачетки										
Тема реферата 2	11	12	13	14	15	16	17	18	19,	20

Темы рефератов по первой части контрольной работы.

1. Назначение АПВ. Классификация АПВ. Основные требования к схемам АПВ.
2. Электрическое АПВ однократного действия. Особенности выполнения АПВ на телемеханизированных п/ст на воздушных выключателях.
3. Выбор уставок однократных АПВ для линий с односторонним питанием. Ускорение действия релейной защиты после АПВ.
4. Ускорение действия релейной защиты до АПВ. Двукратное АПВ.
5. Трехфазное АПВ на линиях с двусторонним питанием. Общие сведения. Несинхронное АПВ. Быстродействующие АПВ.
6. АПВ с ожиданием синхронизма. Реле контроля синхронизма.
7. Ускоренное ТАПВ. АПВ с улавливанием синхронизма и устройства отбора напряжения с линии для цепей АПВ.
8. Однофазное АПВ. АПВ шин. АПВ трансформаторов. АПВ электродвигателей.
9. Назначение АВР. Основные требования к схемам АВР.
10. Принцип действия АВР. Автоматическое включение резервных трансформаторов.
11. Сетевые АВР. Расчет уставок АВР.
12. Точная синхронизация. Самосинхронизация. Сравнение способов синхронизации.
13. Полуавтоматический синхронизатор с постоянным углом опережения. Автоматический синхронизатор с постоянным временем опережения.
14. Полуавтоматический синхронизатор.
15. Баланс мощности и частота. Частотная статическая характеристика потребителей.
16. Частотная статическая характеристика генерирующей части энергосистемы. Совмещенная частотная статическая характеристика энергосистемы.

17. Устройства автоматического регулирования частоты. Общие сведения. Система АРЧМ тепловой электростанции.
18. Назначение и основные принципы выполнения АЧР. Первая и вторая категории (очереди) АЧР. Реле частоты.
19. Снижение частоты при кратковременном отключении подстанции в цикле АПВ или АВР. Снижение частоты вследствие наброса мощности при КЗ и при асинхронном ходе.
20. Автоматическое повторное включение после АЧР. Схемы АЧР и ЧАПВ.

ЧАСТЬ 2 – ОТВЕТЫ НА ВОПРОСЫ

Студенту необходимо ответить письменно на 6 вопросов. Вопросы заданы в 20 группах, по 3 вопроса в каждой. Номера групп вопросов выбираются из таблицы 2 по последним двум цифрам номера зачетки.

Таблица 2- номеров групп вопросов.

Предпоследняя цифра номера зачетки	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Первая группа вопросов	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
Последняя цифра номера зачетки	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Вторая группа вопросов	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11

Группы вопросов по второй части контрольной работы.

1. Способы синхронизации генераторов. Условия точной синхронизации. При построении каких синхронизаторов используется огибающая напряжения биений?

Электромагнитные переходные процессы

2. Каковы будут последствия, если $E_1 \neq E_2$, а остальные условия синхронизации выполняются, т. е. $f_1 = f_2$, $\delta = 0$? Каковы будут последствия, если $\delta \neq 0$, а остальные условия синхронизации выполняются, т. е. $E_1 = E_2$, $f_1 = f_2$? Каковы будут последствия, если $f_1 \neq f_2$, а остальные условия синхронизации выполняются, т. е. $\delta = 0$, $E_1 = E_2$?
3. Чем обусловлена свободная составляющая уравнительной мощности? Что означает коэффициент запаса по электромагнитному моменту (K_M)? Какие моменты действуют на ротор при самосинхронизации после включения выключателя (до подачи возбуждения)?
4. Условие допустимости самосинхронизации? Достоинства метода самосинхронизации и недостатки? Какой может быть угловая ошибка в синхронизаторе с постоянным углом опережения?
5. Какими параметрами ограничивается угол опережения в КА11/13? Каким образом контролируется частота скольжения в синхронизаторе с постоянным углом опережения? Принцип работы блока задания времени опережения в АСТ-4?
6. Принцип контроля частоты скольжения в АСТ-4? Основные узлы АСТ-4. Что используется в качестве информативного параметра в синхронизаторе СА-1?
7. Какие блоки входят в состав структурной схемы СА-1? Основные преимущества синхронизатора СА-1 по сравнению с АСТ-4? Какие запрещающие сигналы формируются в СА-1?
8. Способы включения синхронных электродвигателей? Какие моменты действуют на СД при его включении до подачи возбуждения? Классификация АПВ
9. Требования к АПВ? Принцип запуска АПВ? Для чего нужна выдержка времени АПВ?
10. Что такое время готовности АПВ? Принципы ускорения защиты "после АПВ" и "до АПВ"?
11. Для чего используется управляющий сигнал "блокировка АПВ"? Для чего выходной реле устройства АПВ выполняют с двумя обмотками? Особенности АПВ параллельных линий с односторонним питанием?
12. Виды АПВ на линиях с двухсторонним питанием? Критерии допустимости НАПВ? Условия применимости БАПВ?
13. Критерий допустимости БАПВ? Почему используют реле сопротивления в АПВ? Основные особенности АПВ шин?

14. Достоинства ОАПВ? Недостатки ОАПВ? В чем заключается регулирующий эффект нагрузки?
15. Каким коэффициентом характеризуется регулирующий эффект нагрузки, его физическое толкование? Что такое "статические" и "динамические" характеристики энергосистемы? Что такое "частотно-временная зона"?
16. Что такое "лавина частоты"? Принцип построения АЧР? Назначение АЧР-I?
17. Назначение АЧР-II? Назначение дополнительной категории разгрузки? Каким должен быть объем разгрузки АЧР-I и АЧР-II?
18. Способы организации АЧР? Почему не все 100% очередей АЧР-II выполняют совмещенными? Назначение ЧАПВ?
19. Принцип работы ЧАПВ с контролем частоты? Почему используется реле однократности включения? Какие блокировки используются в АВР резервного трансформатора?
20. Какова успешность действия АВР в %? Допускается ли включение резервного источника питания при КЗ на шинах потребителя? Почему необходимо уменьшать время срабатывания АПВ?

ЧАСТЬ 3 – РАСЧЕТ УСТАВОК.

Студенту необходимо выполнить расчет уставок синхронизатора СА-1 для включения на параллельную работу генератора электростанции с энергосистемой. Необходимые исходные данные выбираются из таблицы 3 по последним двум цифрам номера зачетки

ПРИМЕР РАСЧЁТА УСТАВОК СИНХРОНИЗАТОРА СА-1

Исходные данные. Конденсационная электростанция (КЭС) состоит из блоков с генераторами ТВВ-320-2 и имеет связь с системой по нескольким линиям. Время включения генераторного выключателя типа ВВГ-20-160/12500 составляет 0,14 с, разброс по времени включения 0,04 с, погрешности синхронизатора $\Delta t_c = 0,02$, $\Delta \delta_c = 0,05$ рад.

В примере рассмотрим включение в процессе синхронизации любого генератора, например, Г5. Расчёт параметров синхронизатора начинаем с составления схемы замещения и определения значений сопротивлений и ЭДС её элементов. Все генераторы

должны быть представлены в схеме замещения сверхпереходными сопротивлениями, приведенными к относительным номинальным единицам генератора.

Схема замещения преобразовывается к виду, показанному на рисунке 1.

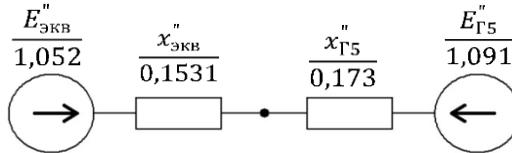


Рис. 1. Эквивалентная схема замещения

В качестве критерия допустимости включения генератора используется коэффициент запаса по моменту на валу генератора $K_M \geq 2$. Этот коэффициент нормируется и означает, что при включении генератора на параллельную работу возникающий электромагнитный момент должен быть как минимум в 2 раза меньше момента при трехфазном КЗ.

Допустимый ток включения генератора определяем по формуле:

$$I_{\text{вкл доп}^*} \leq \frac{1}{2K_M * x''_{Г5}}$$

$$I_{\text{вкл доп}^*} \leq \frac{1}{2 * 2 * 0,173} = 1,445$$

Принимаем с запасом $I_{\text{вкл доп}^*} = 1$.

Максимально допустимый угол включения (максимально допустимый угол ошибки) определяем по формуле:

$$\delta_{\text{вкл тах доп}} \approx I_{\text{вкл доп}^*} (x''_{Г5} + x''_{ЭКВ})$$

$$\delta_{\text{вкл тах доп}} \approx 1 * (0,173 + 0,1531) = 0,3261 \text{ рад (18,68}^{\circ}\text{)}$$

Максимально допустимая угловая частота скольжения определяется по формуле:

Электромагнитные переходные процессы

$$\omega_{S \max \text{ доп}} = \frac{\delta_{\text{вкл max доп}} - \Delta\delta_c}{t_{\text{вв}}(\Delta t_{\text{в*}} + \Delta t_{\text{с*}})}, \quad \text{рад/с}$$

$$\omega_{S \max \text{ доп}} = \frac{0,3261 - 0,05}{0,14(0,04 + 0,02)} = 32,87 \text{ рад/с}$$

Или допустимая частота скольжения:

$$f_{S \max \text{ доп}} = \frac{\omega_{S \max \text{ доп}}}{2\pi} = \frac{32,87}{2\pi} = 5,23 \text{ Гц}$$

Расчетное значение максимально допустимой частоты скольжения превышает максимально возможное для синхронизатора СА-1, поэтому в качестве уставки принимаем

$$f_{S \max \text{ доп}} = 2,5 \text{ Гц}; \quad \omega_{S \max \text{ доп}} = 2,5 * 2\pi = 15,71 \text{ рад/с.}$$

Тогда максимально допустимый угол опережения равен:

$$\delta_{\text{оп max доп}} = 180 * \omega_{S \max \text{ доп}} * t_{\text{вв}}/\pi = 180 * 15,71 * 0,14/\pi = 126^{\circ}.$$

В качестве уставки принимаем максимально возможное для синхронизатора значение допустимого угла опережения 120° .

Для проверки синхронной устойчивости необходимо внести изменения в схему замещения, поскольку рассчитываются процессы после включения генератора и к этому времени сверхпереходные составляющие уже затухают. Все генераторы должны быть представлены в схеме замещения переходными сопротивлениями, а сама схема замещения имеет точно такой же вид. В рамках контрольной работы допускается пренебречь изменениями в эквивалентной энергосистеме, на которую работает электростанция и считать сопротивление системы неизменным. В действительности такое допущение оправдывается, поскольку для крупных энергосистем это изменение может быть на уровне нескольких процентов. После замены сверхпереходных сопротивлений генераторов на переходные и преобразования схемы замещения к виду, показанному на рисунке 1, получаем новые значения сопротивлений:

$$x'_{\Gamma 5} = 0,26 \quad \text{и} \quad x'_{\text{эКВ}} = 0,16$$

Определяем относительную максимально допустимую угловую частоту скольжения:

$$\omega_{S*} = \omega_{S \max \text{ доп}} / (2\pi f_{\text{ном}}) = 15,71 / (2\pi * 50) = 0,05$$

Далее рассчитываем максимальный угол вылета ротора с

учетом ω_{S*} и T_J . Механическая постоянная инерции агрегата T_J – это время, в течение которого ротор машины под действием момента, определённого по номинальной полной мощности при $\cos\varphi = 1$, разгоняется из неподвижного состояния до номинальной частоты вращения. Это время следует определять с учётом турбины. Значения $T_J = 5,3$ с для генератора ТВВ-800-2.

Максимальный угол вылета ротора:

$$\delta_{\text{выл max}} = \arccos[\cos\delta_{\text{вкл max доп}} - 157(x'_{Г5} + x'_{\text{ЭКВ}})T_J\omega_{S*}^2]$$

$$\delta_{\text{выл max}} = \arccos[\cos 18,68^\circ - 157(0,26 + 0,16) * 5,3 * 0,05^2] = 85,5^\circ$$

Полученный максимальный угол вылета меньше предельно допустимого 180° , следовательно, синхронная устойчивость генератора после включения с углом $18,68^\circ$, будет обеспечена. Тогда окончательно принимаем уставку по максимальному углу опережения 120° и скольжению $2,5$ Гц.

Таблица 3- исходные данные для расчета уставок синхронизатора СА-1.

Предпоследняя цифра номера зачетки	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Переходное сопротивление генератора, *н	0,3	0,31	0,25	0,27	0,273	0,304	0,314	0,263	0,203	0,217
Сверхпереходное сопротивление генератора, *н	0,195	0,204	0,165	0,19	0,19	0,213	0,214	0,183	0,138	0,146
Механическая постоянная инерции турбогенератора, с	6,5	6,8	7,5	7,1	7,4	8,0	7,6	7,85	8,25	8,1

Последняя цифра номера зачетки	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Переходное эквивалентное сопротивление, *н	0,165	0,17	0,175	0,18	0,185	0,190	0,195	0,2	0,205	0,21
Сверхпереходное эквивалентное сопротивление, *н	0,145	0,15	0,155	0,16	0,165	0,170	0,175	0,18	0,185	0,19

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Засыпкин А.С. Автоматизация энергетических систем: Конспект лекций.- Новочеркасск, ЮРГТУ.- 2008 г.
2. Дроздов и др. Автоматизация энергетических систем. М.: Энергия. 1977г.
3. Основы автоматики энергосистем: Конспект лекций.- Челябинск, ЮУрГУ.- 73с.
<http://window.edu.ru/resource/618/47618/files/susu25.pdf>
4. Купарев М.А. Автоматика электрических станций. Новосибирск, НГТУ.-2014г.- 33 стр.