

Министерство образования и науки Российской Федерации
Южно-Уральский государственный университет
Кафедра «Системы электроснабжения»

621.311(07)
П991

ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЯ В СИСТЕМАХ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

Методические указания к лабораторным работам

Челябинск
Издательский центр ЮУрГУ
2015

УДК 621.311.1(076.5) + 621.316.9(075.8)
П991

Одобрено
учебно-методической комиссией
энергетического факультета

Рецензент Ю.В. Коровин

П991 **Перенапряжения в системах электроснабжения:** методические указания к лабораторным работам / сост.: В.В. Пястолов, А.В. Хлопова. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2015. – 19 с.

Методические указания содержат четыре лабораторные работы и методику их проведения по дисциплине «Перенапряжения в системах электроснабжения», предусмотренную учебным планом подготовки бакалавров по направлению 13.03.02 (140400) «Электроэнергетика и электротехника». Пособие предназначено для студентов очной и заочной формы обучения.

УДК 621.311.1(076.5) + 621.316.9(075.8)

© Издательский центр ЮУрГУ, 2015

ИНСТРУКЦИЯ ПО ТЕХНИКЕ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ РАБОТ В ЛАБОРАТОРИИ «ИССЛЕДОВАНИЕ РЕЖИМОВ РАБОТЫ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ»

1. К работам в лаборатории «ИССЛЕДОВАНИЕ РЕЖИМОВ РАБОТЫ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ» допускаются только те лица, которые прошли инструктаж по технике безопасности и ознакомились с настоящей инструкцией.
2. На каждом из лабораторных стендов может работать не менее двух и не более шести лиц под наблюдением руководителя.
3. Перед началом работы в лаборатории студенты должны получить у руководителя инструктаж по технике безопасности, подтвердив его росписью в журнале.
4. До начала работы, ее участники должны на месте подробно ознакомиться со схемой установки, усвоить расположение цепей электрической схемы, обратив особое внимание на место расположения коммутационных аппаратов со стороны питающей цепи.
5. Подача питающего напряжения на стенды производится только после проверки схемы руководителем или учебным мастером.
6. Включение или отключение установки по ходу работы должно быть поручено только одному лицу.
7. В лаборатории запрещается:
 - 7.1. Трогать, включать и отключать коммутационные аппараты и другие приборы без разрешения руководителя.
 - 7.2. Проводить переключения в схеме, находящейся под напряжением.
 - 7.3. Работать с незаземленным оборудованием.
 - 7.4. Оставлять без надзора установки и схемы, находящиеся под напряжением.
 - 7.5. Шуметь, находиться в лаборатории в верхней одежде.
 - 7.6. Загромождать рабочее место.
 - 7.7. Переходить без разрешения руководителя с одного места на другое.
8. Виновные в нарушении инструкции немедленно удаляются из лаборатории, и на них накладывается дисциплинарное взыскание.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №1

ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЯ ПРИ ВКЛЮЧЕНИИ БАТАРЕИ КОНДЕНСАТОРОВ ИЛИ НЕНАГРУЖЕННОЙ ЛИНИИ

Цель работы – исследование перенапряжений возникающих при включении батареи статических конденсаторов или ненагруженной линии.

Исследования проводятся в лаборатории «Исследования режимов работы систем электроснабжения» с использованием вычислительной техники применительно к схеме, приведенной на рис. 1, схема замещения приведена на рис. 2, а исходные данные в табл. 1. В табл. 1: U_{0*} – отношение величины U_0 к амплитудному значению величины фазного напряжения, U_0 – значение напряжения на рассматриваемой фазе линии в момент ее включения, Ψ – фаза напряжения источника в момент коммутации.

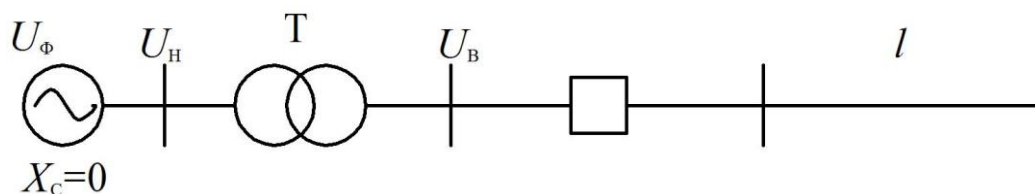


Рис. 1

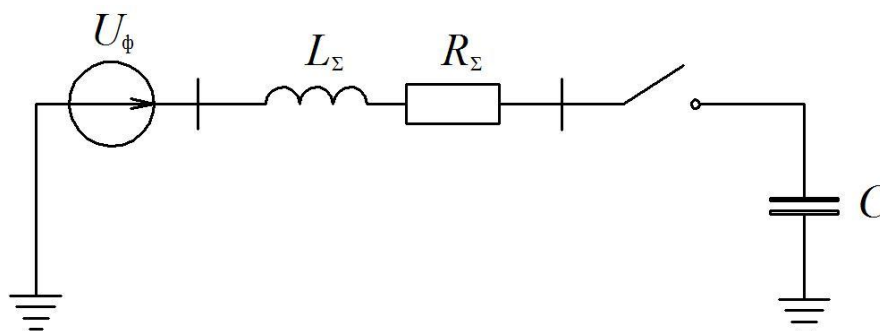


Рис. 2

Предварительная подготовка к работе

Каждому студенту предлагается подготовить исходные данные для схемы рис. 2 согласно выданному варианту. Как правило, для студентов очной формы обучения это вариант задачи №13 [4], решаемой на практическом занятии, для студентов заочной формы обучения это вариант курсовой работы.

Таблица 1

Вариант	Трансформатор	Линия		U_{0*}	Ψ градусов
		Сечение, мм ²	Длина, Км		
1	ТМ – 6,3 – 35/10,5	35	2	1	30
2	ТДН – 10 – 115/11	70	15	1/2	40
3	ТМН – 6,3 – 35/6,3	50	7	1/3	50
4	ТДН – 6,3 – 115/11	120	18	1/4	60
5	ТД – 16 – 35/10,5	70	12	1	70
6	ТДН – 16 – 115/11	95	14	1/2	80
7	ТД – 40 – 121/10,5	120	22	1/3	100
8	ТД – 32 – 121/6,3	70	16	1/4	110
9	ТД – 10 – 35/6,3	35	5	1	120
10	ТДН – 25 – 115/11	95	30	1/2	130
11	ТМ – 4 – 35/10,5	35	7	1/3	150
12	ТДН – 10 – 115/6,6	70	15	1/4	30
13	ТДН – 6,3 – 115/11	70	11	1	40
14	ТД – 16 – 35/6,3	50	4	1/2	50
15	ТДН – 16 – 110/11	95	19	1/3	60
16	ТД – 25 – 121/6,3	120	28	1/4	70
17	ТДЦ – 80 – 121/10,5	150	42	1	80
18	ТД – 25 – 121/10,5	120	21	1/2	100
19	ТДН – 10 – 115/6,6	95	16	1/3	110
20	ТД – 16 – 35/10,5	50	10	1/4	120
21	ТДЦ – 25 – 121/10,5	240	55	1	130
22	ТДН – 10 – 115/6,6	95	13	1/2	150
23	ТДН – 10 – 115/11	70	10	1/3	30
24	ТДН – 16 – 115/6,6	120	18	1/4	40
25	ТМ – 1 – 35/11	70	2	1	50

Порядок выполнения работы

1. Загрузить модель сети (рис. 3) в математической среде Matlab.
2. Установить параметры элементов схемы соответствующие исходным данным одного из членов бригады.
3. Зафиксировать на одной осциллограмме напряжения источника и напряжения на емкости линии для двух случаев $+U_0$ и $-U_0$. Сравнить полученные осциллограммы с кривыми изменения напряжения, полученными при решении задачи №13 или курсовой работы, сделать вывод.
4. Изменить значения Ψ и U_0 до значений, при которых ожидаются максимально возможные для реальной сети перенапряжения, зафиксировать на одной осциллограмме напряжения источника и напряжения емкости линии, сделать вывод.

5. Повторить пункты 2, 3, 4 для остальных членов бригады.

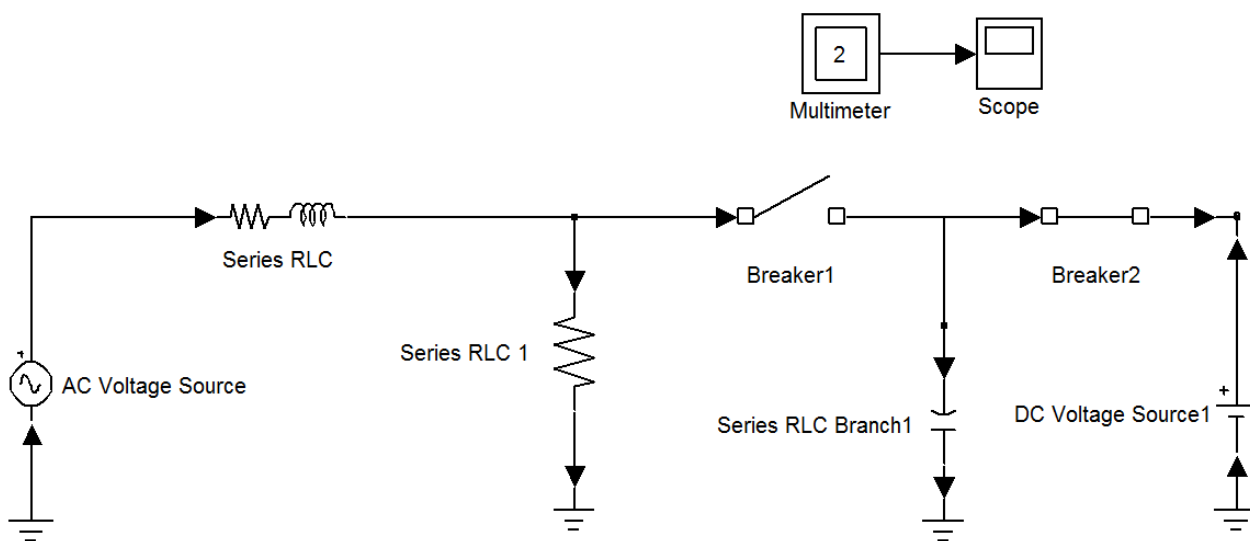


Рис. 3

Содержание отчета

1. Титульный лист.
2. Цель работы, схемы рис. 1, 2 и пояснения к ним.
3. Расчет параметров схемы замещения.
4. Схема рис. 3.
5. Осциллограммы по пунктам 3, 4 и пояснения к ним.
6. Выводы по работе.

Контрольные вопросы к работе № 1

1. Причины появления внутренних перенапряжений.
2. Какой параметр схемы замещения сети оказывает наибольшее влияние на величины внутренних перенапряжений и почему?
3. Пояснить схему замещения сети при анализе перенапряжений при включении батарей конденсаторов или ненагруженных линий.
4. Как влияет на величину перенапряжений при включении батарей конденсаторов или ненагруженных линий величина остаточного напряжения на емкости?
5. Как влияет на величину перенапряжений при включении батарей конденсаторов или ненагруженных линий фаза напряжения в момент коммутации?
6. Как влияет на величину перенапряжений при включении батарей конденсаторов или ненагруженных линий наличие однофазного замыкания на землю в сети с изолированной нейтралью?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №2

ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЯ ПРИ ОТКЛЮЧЕНИИ БАТАРЕИ КОНДЕНСАТОРОВ

Цель работы – исследование перенапряжений возникающих при отключении батареи статических конденсаторов и влияния на их величину параметров элементов схемы.

Исследования проводятся в лаборатории «Исследования режимов работы систем электроснабжения» с использованием вычислительной техники применительно к схеме, приведенной на рис. 4, схема замещения приведена на рис. 5, а исходные данные в табл. 1 и в табл. 2.

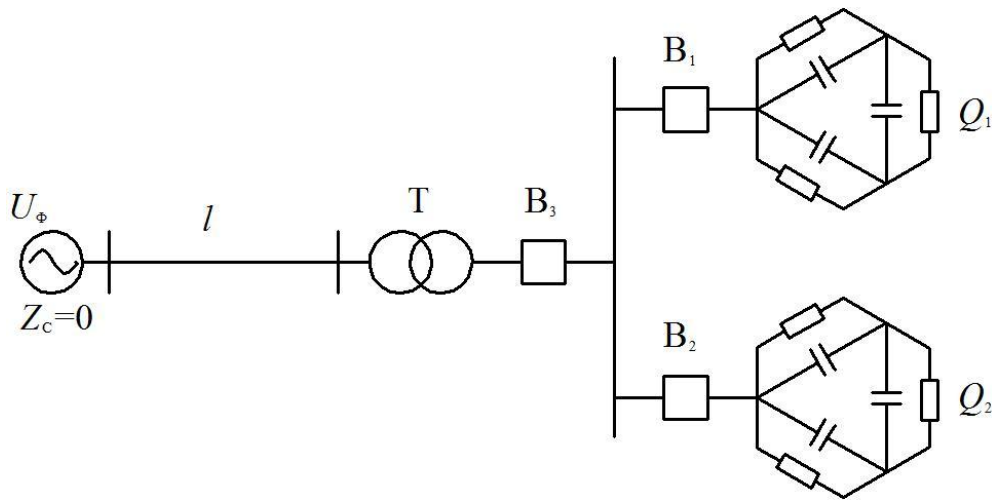


Рис. 4

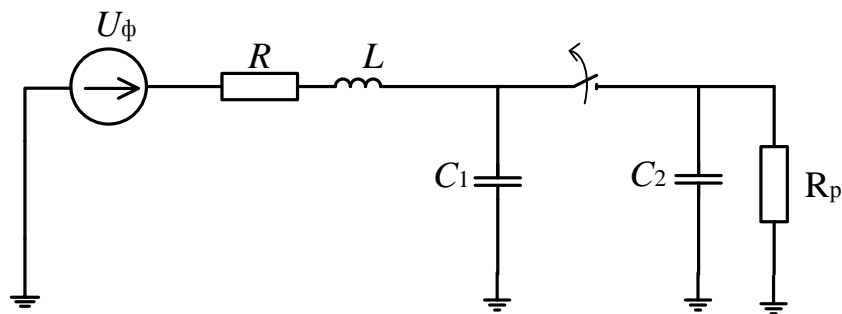


Рис. 5

Таблица 2

Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Выключатель	B1	B2	B1	B2	B1	B2	B1	B2	B1	B2	B1	B2	B1
Q_1 , кВАр	200	500	400	300	600	700	900	800	500	900	100	400	300
Q_2 , кВАр	400	200	100	300	300	900	500	400	200	400	400	800	100
Время разряда- батареи, с	3	4	5	6	5	4	3	6	3	4	5	6	5

Вариант	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
Выключатель	B1	B2	B1	B2	B1	B2	B1	B2	B1	B2	B1	B2
Q_1 , кВАр	600	800	1000	2000	900	700	900	800	500	500	400	300
Q_2 , кВАр	1000	1500	500	1000	400	600	600	700	800	600	200	100
Время разряда батарей, с	4	3	2	2	3	4	5	6	5	4	4	3

Предварительная подготовка к работе

Каждому студенту предлагается подготовить исходные данные для схемы рис. 5 согласно выданному варианту. Как правило, для студентов очной формы обучения это вариант задачи №12 [4], решаемой на практическом занятии, для студентов заочной формы обучения это вариант курсовой работы.

Порядок выполнения работы

1. Загрузить модель сети (рис. 6) в математической среде Matlab.
2. Установить параметры элементов схемы соответствующие исходным данным одного из членов бригады.

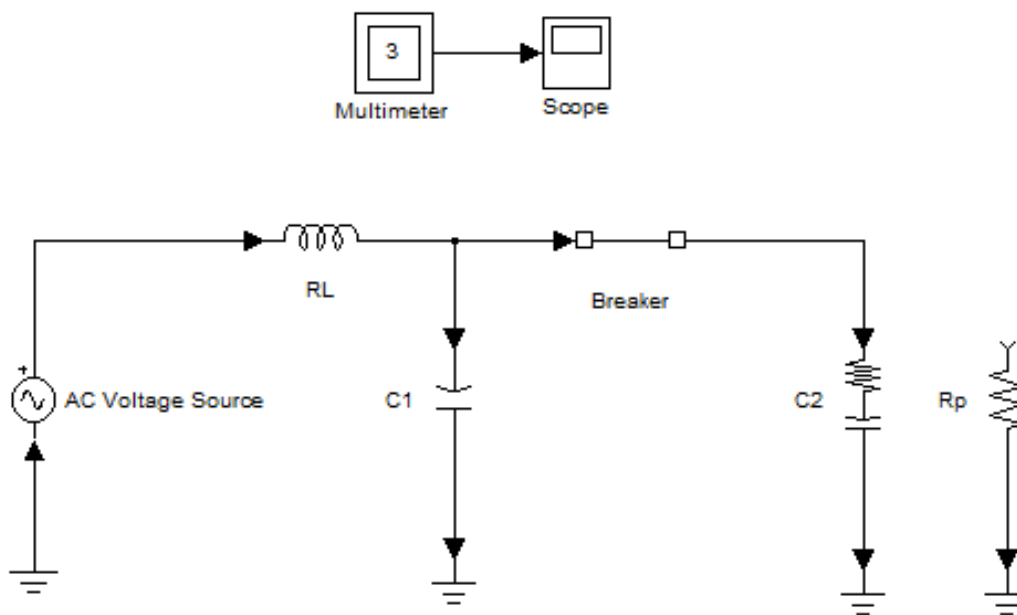


Рис. 6

3. Зафиксировать на одной осциллограмме напряжения источника и напряжения на коммутируемой батарее при заданных параметрах сети. Здесь и далее следует иметь в виду то, что погасания дуги в схеме происходят при первом переходе кривой тока через ноль, повторные зажигания дуги при максимуме напряжения на контактах выключателя. Сравнить полученные осцилло-

граммы с кривыми изменения напряжения, полученными при решении задачи №12 или курсовой работы.

4. Исследовать влияние наличия емкости, постоянно подключенной к источнику на величину перенапряжения. При проведении данного опыта следует иметь в виду тот факт, что при полном отсутствии емкости $C1$ в схеме рис. 6 получение осциллограмм невозможно, поэтому данную емкость следует просто значительно уменьшить (в 50...100 раз). Снять осциллограмму напряжения источника и напряжения на коммутируемой батарее, сравнить с опытом 3.

5. Восстановить значение емкости $C1$.

6. Исследовать влияние разрядного сопротивления, включаемого параллельно емкостям на величину перенапряжения. Для этого подключить параллельно емкости $C2$ активное сопротивление R_p . Снять осциллограмму напряжения источника и напряжения на коммутируемой батарее, сравнить с опытом 3.

7. Отключить разрядное сопротивление.

8. Исследование влияния активного сопротивления элементов схемы на величину перенапряжения. Для этого значительно (в 10...30 раз) увеличить активное сопротивление схемы. Снять осциллограмму напряжения источника и напряжения на коммутируемой батарее, сравнить с опытом 3.

9. Восстановить значение активного сопротивления схемы.

10. Исследование влияния момента погасания дуги в выключателе на величину перенапряжения. Для этого при третьей коммутации в схеме, регулируя момент погасания дуги, следует добиться того, что это погасание произойдет при втором переходе тока через ноль. Снять осциллограмму напряжения источника и напряжения на коммутируемой батарее, сравнить с опытом 3.

11. Повторить пункты 2...10 для остальных членов бригады.

Содержание отчета

1. Титульный лист.
2. Цель работы, схемы рис. 4, 5 и пояснения к ним.
3. Расчет параметров схемы замещения.
4. Схема рис. 6.
5. Осциллограммы по пунктам 3, 4, 6, 8, 10 и пояснения к ним.
6. Выводы по работе.

Контрольные вопросы к работе № 2

1. Пояснить схему замещения сети при анализе перенапряжений при отключении батарей конденсаторов или ненагруженных линий.
2. Каковы максимально возможные перенапряжения при отключении ненагруженной линии при анализе простейшей схемы замещения?
3. Какие факторы приводят к снижению перенапряжений при отключении батарей конденсаторов?

4. При отключении какого из выключателей на рис. 5 перенапряжения минимальны?
5. При отключении какого из выключателей на рис. 5 перенапряжения максимальны?
6. Как влияет величина емкости C_2 на перенапряжения в схеме рис. 5?
7. Как влияет величина емкости C_1 на перенапряжения в схеме рис. 5?
8. Как влияет величина активного сопротивления схемы на перенапряжения в схеме рис. 5?
9. Как влияет величина разрядного сопротивления на перенапряжения в схеме рис. 5?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №3

ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЯ ПРИ ОТКЛЮЧЕНИИ КОРОТКИХ ЗАМЫКАНИЙ

Цель работы – исследование перенапряжений возникающих при отключении трехфазного короткого замыкания.

Исследования проводятся в лаборатории «Исследования режимов работы систем электроснабжения» с использованием вычислительной техники применительно к схеме, приведенной на рис. 7, схема замещения приведена на рис. 8, а исходные данные в табл. 3.

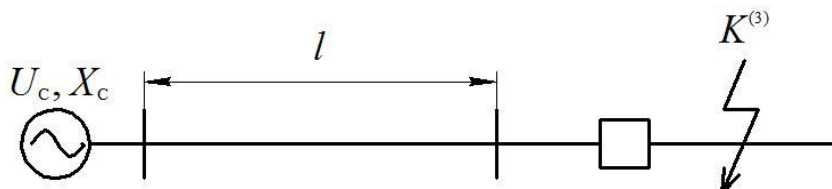


Рис. 7

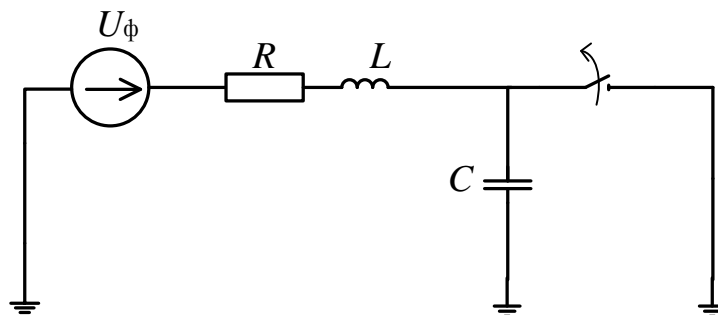


Рис. 8

Таблица 3

Вариант	U_c , кВ	X_c , Ом	l , км	Кабель	
				Марка	Сечение, мм ²
1	6	1	1	ААШВ	25
2	10	2	1,5	ААШВ	16
3	35	3	2	ААБ	120
4	6	4	1	ААБ	70
5	10	5	2	ААБ	50
6	35	1	3	СБ	120
7	6	2	2	СБ	50
8	10	3	2	СБ	35
9	35	4	3	ААШВ	150
10	6	5	2	АСГ	120
11	10	1	2	АСГ	95
12	35	2	3	АСБ	150
13	6	3	2	ААШВ	35
14	10	4	3	ААШВ	25
15	35	5	3	ААБ	120
16	6	1	3	ААБ	95
17	10	2	2,5	ААБ	70
18	35	3	3,5	СБ	120
19	6	4	3,5	СБ	35
20	10	5	3	СБ	25
21	35	1	3,5	АСБ	150
22	6	2	2,5	ААБ	185
23	10	3	3,5	АСБ	120
24	35	4	4	СБ	150
25	6	5	3,5	ААШВ	50

Предварительная подготовка к работе

Каждому студенту предлагается подготовить исходные данные для схемы (рис. 8) согласно выданному варианту. Как правило, для студентов очной формы обучения это вариант задачи №9 [4], решаемой на практическом занятии, для студентов заочной формы обучения это вариант курсовой работы

Порядок выполнения работы

1. Загрузить модель сети (рис. 9) в математической среде Matlab.
2. Установить параметры элементов схемы соответствующие исходным данным одного из членов бригады.

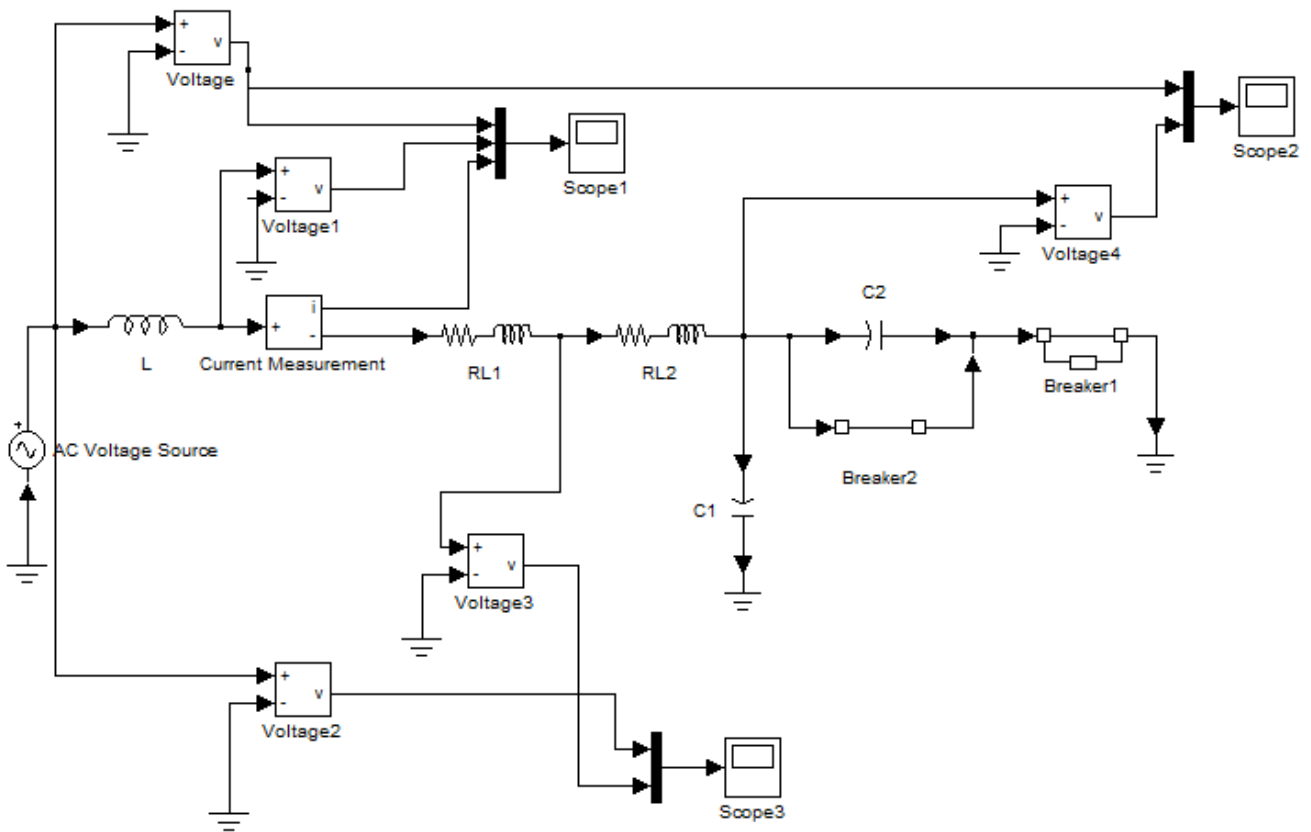


Рис. 9

3. Для трех точек линии (конец, середина и начало) зафиксировать на одной осциллограмме напряжения источника и напряжение в точке линии. Сравнить полученные осциллограммы для конца линии с кривыми изменения напряжения, полученными при решении задачи №9 или курсовой работы.

4. По данным пункта 3 построить эпюры распределения начальных и максимальных напряжений вдоль линии. Сравнить построенные эпюры с полученными при решении задачи №9 или курсовой работы.

5. Исследовать влияние внутреннего сопротивления системы. Для этого необходимо уменьшить его в 500...1000 раз. Для трех точек линии (конец, середина и начало) зафиксировать на одной осциллограмме напряжения источника и напряжение в точке линии. Сравнить полученные осциллограммы с аналогичными из опыта 3.

6. По данным пункта 5 построить эпюры распределения начальных и максимальных напряжений вдоль линии. Сравнить построенные эпюры с полученными в пункте 4.

7. Исследовать влияние активного сопротивления схемы. Для этого, **не восстанавливая индуктивности внутреннего сопротивления системы**, уменьшить в 10...20 раз активное сопротивление схемы. Для трех точек линии (конец, середина и начало) зафиксировать на одной осциллограмме напряжения источника и напряжение в точке линии. Сравнить полученные осциллограммы с аналогичными из опытов 3 и 5.

8. По данным пункта 7 построить эпюры распределения начальных и максимальных напряжений вдоль линии. Сравнить построенные эпюры с полученными в пунктах 4 и 6.

9. Повторить пункты 2...8 для остальных членов бригады.

Содержание отчета

1. Титульный лист.
2. Цель работы, схемы рис. 7, 8 и пояснения к ним.
3. Расчет параметров схемы замещения.
4. Схема рис. 9.
5. Осциллограммы по пунктам 3, 5, 7, и пояснения к ним.
6. Эпюры напряжений по пунктам 4, 6, 8 и пояснения к ним.
7. Выводы по работе.

Контрольные вопросы к работе № 3

1. Пояснить схему замещения сети при анализе перенапряжений при отключении коротких замыканий.

2. Исходные уравнения переходного процесса при отключении коротких замыканий.

3. От чего зависит величина перенапряжений при отключении коротких замыканий?

4. Какова максимально возможная величина перенапряжений при отключении коротких замыканий?

5. Как влияет установка продольной компенсации реактивной мощности на величину перенапряжений при отключении коротких замыканий?

6. Объяснить, почему величины перенапряжений при отключении коротких замыканий в различных точках питающей сети различны?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №4

ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЯ ПРИ НЕУСТОЙЧИВОМ ГОРЕНИИ ДУГИ ОДНОФАЗНОГО ЗАМЫКАНИЯ НА ЗЕМЛЮ В СЕТИ С ИЗОЛИРОВАННОЙ НЕЙТРАЛЬЮ

Цель работы – исследование перенапряжений возникающих при горении перемежающейся дуги в месте однофазного замыкания на землю в сети с изолированной нейтралью.

Исследования проводятся в лаборатории «Исследования режимов работы систем электроснабжения» с использованием вычислительной техники применительно к схеме, приведенной на рис. 10, схема замещения приведена на рис. 11, а исходные данные в табл. 4.

Таблица 4

Вариант	ОЗЗ в Фазе	l_1		l_2		l_3		l_4	
		Сечение, мм ²	Длина, км	Сечение, мм ²	Длина, км	Сечение, мм ²	Длина, км	Сечение, мм ²	Длина, км
1	А	16	0,5	50	1,6	120	1	240	1,8
2	В	25	0,7	70	1,8	150	1,2	16	2
3	С	35	1	95	2	185	1,4	25	0,5
4	А	50	1,2	120	0,5	240	1,6	35	0,7
5	В	70	1,4	150	0,7	16	1,8	50	1
6	С	95	1,6	185	1	25	2	70	1,2
7	А	120	1,8	240	1,2	35	0,5	95	1,4
8	В	150	2	16	1,4	50	0,7	120	1,6
9	С	185	0,5	25	1,6	70	1	150	1,8
10	А	240	0,7	35	1,8	95	1,2	185	2
11	В	16	1	50	2	120	1,4	240	0,5
12	С	25	1,2	70	0,5	150	1,6	16	0,7
13	А	35	1,4	95	0,7	185	1,8	25	1
14	В	50	1,6	120	1	240	2	35	1,2
15	С	70	1,8	150	1,2	16	0,5	50	1,4
16	А	95	2	185	1,4	25	0,7	70	1,6
17	В	120	0,5	240	1,6	35	1	95	1,8
18	С	150	0,7	16	1,8	50	1,2	120	2
19	А	185	1	25	2	70	1,4	150	0,5
20	В	240	1,2	35	0,5	95	1,6	185	0,7
21	С	16	1,4	50	0,7	120	1,8	240	1
22	А	25	1,6	70	1	150	2	16	1,2
23	В	35	1,8	95	1,2	185	0,5	25	1,4
24	С	50	2	120	1,4	240	0,7	35	1,6
25	А	70	0,5	150	1,6	16	1	50	1,8

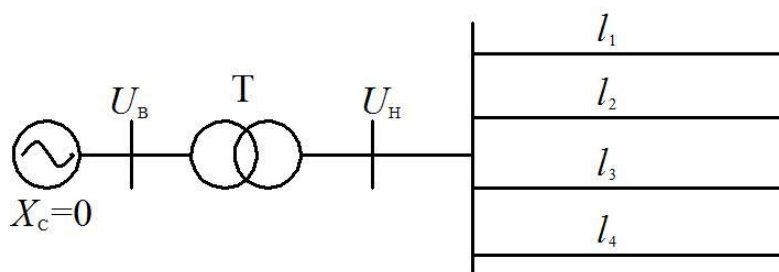


Рис. 10

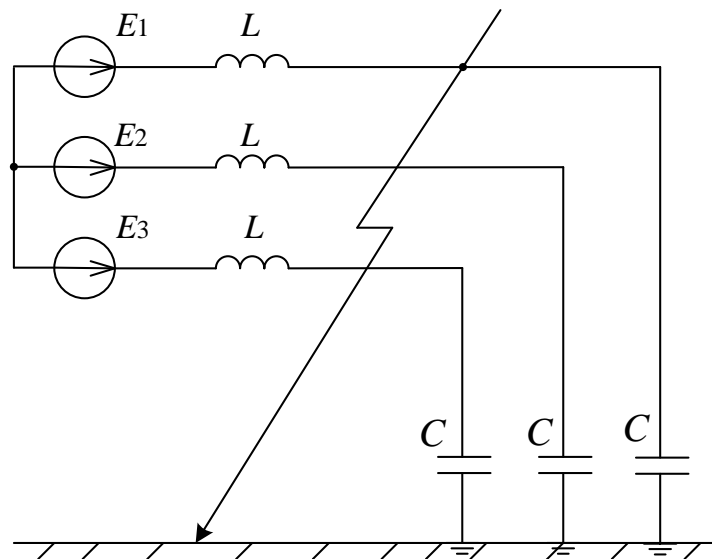


Рис. 11

Предварительная подготовка к работе

Каждому студенту предлагается подготовить исходные данные для схемы рис. 11 согласно выданному варианту. Как правило, для студентов очной формы обучения это вариант задачи №14 [4], решаемой на практическом занятии, для студентов заочной формы обучения это вариант курсовой работы

Порядок выполнения работы

1. Загрузить модель сети (рис. 12) в математической среде Matlab.

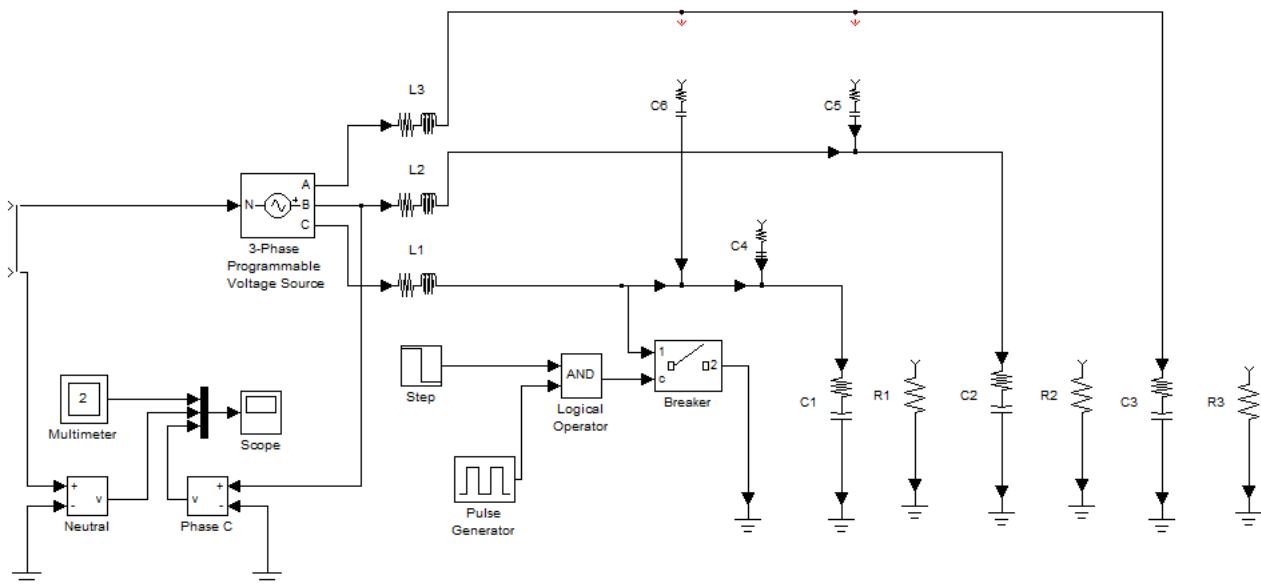


Рис. 12

2. Установить параметры элементов схемы соответствующие исходным данным одного из членов бригады. Обратите внимание на то, что в данной работе модель сети представлена в трехлинейном изображении.

3. Для одной из неповрежденных фаз зафиксировать на одной осциллограмме напряжения источника, напряжение в нейтрали сети и напряжение на емкости фазы относительно земли.

4. Сравнить полученные осциллограммы с кривыми изменения напряжения в задаче №14 или в курсовой работе.

5. Исследовать влияние междуфазных емкостей на величину перенапряжений. Для этого в математической среде Matlab провести их подключение. Зафиксировать на одной осциллограмме напряжения источника, напряжение в нейтрали сети и напряжение на емкости фазы относительно земли. Сравнить их с результатами опыта 3.

6. Отключить междуфазные емкости.

7. Исследовать влияние активных проводимостей фаз на величину перенапряжений. Для этого в математической среде Matlab подключить параллельно емкостям фаз значительные по величине активные сопротивления. Зафиксировать на одной осциллограмме напряжения источника, напряжение в нейтрали сети и напряжение на емкости фазы относительно земли. Сравнить их с результатами опыта 3.

8. Отключить эти сопротивления.

9. Исследовать влияние активных сопротивлений питающей сети на величину перенапряжений. Для этого в математической среде Matlab увеличить (в 10...20 раз) активные сопротивления питающей сети. Зафиксировать на одной осциллограмме напряжения источника, напряжение в нейтрали сети и напряжение на емкости здоровой фазы относительно земли. Сравнить их с результатами опыта 3.

10. Повторить пункты 2...9 для остальных членов бригады.

Содержание отчета

1. Титульный лист.
2. Цель работы, схемы рис. 10, 11 и пояснения к ним.
3. Расчет параметров схемы замещения.
4. Схема рис. 12.
5. Осциллограммы по пунктам 3, 5, 7, 9 и пояснения к ним.
6. Выводы по работе.

Контрольные вопросы к работе № 4

1. Пояснить схему замещения сети при анализе перенапряжений при неустойчивом горении дуги однофазного замыкания на землю в сети с изолированной нейтралью.

2. Что такое «Перебегающая дуга»?

3. Чем определяется ток однофазного замыкания на землю в сети с изолированной нейтралью, от чего зависит его величина?
4. Какие факторы, влияющие на величину перенапряжения, приводят к ее снижению при неустойчивом горении дуги однофазного замыкания на землю в сети с изолированной нейтралью?
5. Практические данные о величинах перенапряжений при повторных зажиганиях дуги однофазного замыкания на землю.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Базуткин, В.В. Техника высоких напряжений: изоляция и перенапряжения в электрических системах: учебник для вузов / В.В. Базуткин, В.П. Ларионов, Ю.С. Пинталь; под ред. В.П. Ларионова. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1986. – 464 с.
2. Зархи, И.М. Внутренние перенапряжения в сетях 6-35 кВ / И.М. Зархи, В.Н. Мешков, Ф.Х. Халилов. – Л.: Наука. Ленинградское отделение, 1986. – 129 с.
3. Перенапряжения в сетях 6-35 кВ / Ф.А. Гиндуллин, В.Г. Гольдштейн, А.А. Дульзон и др. – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 190 с.
4. Перенапряжения в системах электроснабжения: программа, контрольные задания и методические указания / сост. В.В. Пястолов. – Челябинск: Издательский Центр ЮУрГУ, 2011. – 26 с.
5. Техника высоких напряжений: теоретические и практические основы применения / под ред. В.П. Ларионова. – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 555 с.
6. Техника высоких напряжений: учебник для студентов электротехнических и электроэнергетических специальностей вузов / Л.Ф. Домховская, В.П. Ларионов, Ю.С. Пинталь, Д.В. Разевиг, Е.Я. Рябкова; под ред. Д.В. Разевига. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергия, 1976. – 488 с.
7. Техника высоких напряжений: учебное пособие для электроэнергетических специальностей вузов / Г.Н. Александров, В.Л. Иванов, К.П. Кадомская и др.; под ред. М.В. Костенко. – М.: Высшая школа, 1973. – 528 с.
8. Тиняков, Н.А. Техника высоких напряжений: учебное пособие для электроэнергетических специальностей вузов / Н.А. Тиняков, К.Ф. Степанчук. – Минск.: Высшая школа, 1982. – 367 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Инструкция по технике безопасности при выполнении работ в лаборатории «исследование режимов работы систем электроснабжения».....	3
Лабораторная работа №1. Перенапряжения при включении батареи конденсаторов или ненагруженной линии	4
Лабораторная работа №2. Перенапряжения при отключении батареи конденсаторов.....	7
Лабораторная работа №3. Перенапряжения при отключении коротких замыканий	10
Лабораторная работа №4. Перенапряжения при неустойчивом горении дуги однофазного замыкания на землю в сети с изолированной нейтралью	13
Библиографический список.....	18