

Министерство образования Республики Беларусь

**Учреждение образования
«Гомельский государственный технический
университет имени П. О. Сухого»**

Кафедра «Электроснабжение»

Д. Р. Мороз

ДУГОВЫЕ И КОММУТАЦИОННЫЕ ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЯ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ

**ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ
по одноименному курсу для студентов
специальности 1-43 01 02
«Электроэнергетические системы
и сети» дневной формы обучения**

Гомель 2011

УДК 621.311(075.8)
ББК 31.27я73
М80

*Рекомендовано научно-методическим советом
энергетического факультета ГГТУ им. П. О. Сухого
(протокол № 4 от 28.12.2010 г.)*

Рецензент: канд. техн. наук, доц. каф. «Теоретические основы электротехники»
ГГТУ им. П. О. Сухого *Я. О. Шабловский*

Мороз, Д. Р.
М80 Дуговые и коммутационные перенапряжения в электрических сетях : лаборатор. практикум по одноим. курсу для студентов специальности 1-43 01 02 «Электроэнергетические системы и сети» днев. формы обучения / Д. Р. Мороз. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2011. – 23 с. – Систем. требования: PC не ниже Intel Celeron 300 МГц ; 32 Mb RAM ; свободное место на HDD 16 Mb ; Windows 98 и выше ; Adobe Acrobat Reader. – Режим доступа: <http://lib.gstu.local>. – Загл. с титул. экрана.

Содержит краткие теоретические сведения, описание приборов и оборудования, порядок и правила техники безопасности, необходимые для выполнения лабораторных работ по курсу «Дуговые и коммутационные перенапряжения в электрических сетях».

Для студентов специальности 1-43 01 02 «Электроэнергетические системы и сети» дневной формы обучения.

УДК 621.311(075.8)
ББК 31.27я73

© Учреждение образования «Гомельский
государственный технический университет
имени П. О. Сухого», 2011

Лабораторная работа № 1

Средства защиты подстанционного оборудования от воздействия атмосферного перенапряжения

Цель работы: изучить назначение, характеристики и правила выбора средств защиты подстанционного оборудования от воздействия атмосферного перенапряжения.

Краткие теоретические сведения

Основным средством защиты подстанционного оборудования от непосредственного воздействия атмосферного перенапряжения является установка на территории подстанции молниеотводов.

Защитное действие молниеотводов проявляется в лидерной стадии грозового разряда. Траектория лидера молнии, как и вообще длинной искры в воздухе, подчиняется статистическим закономерностям. Из всех вероятных направлений разряда преимущественное направление определяется максимальными напряженностями электрического поля. На больших высотах это направление устанавливается исключительно самим каналом лидера (рис. 1.1). Поэтому на большей части пути лидера земные объекты практически не влияют на направление развития разряда. Однако на некоторой высоте, называемой высотой ориентировки молнии, начинает сказываться искажение поля земными сооружениями. Направление максимальных напряженностей поля, а следовательно и развитие разряда устанавливаются по отношению к наиболее возвышающимся объектам – молниеотводам (рис. 1.2).

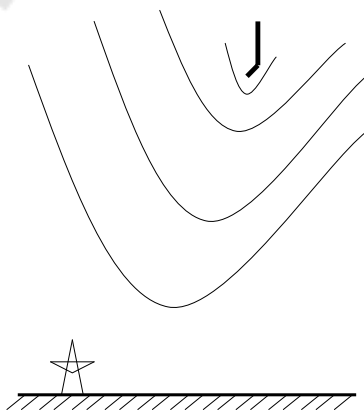


Рис. 1.1. Эквипотенциальные линии поля и направление преимущественного развития разряда на больших высотах

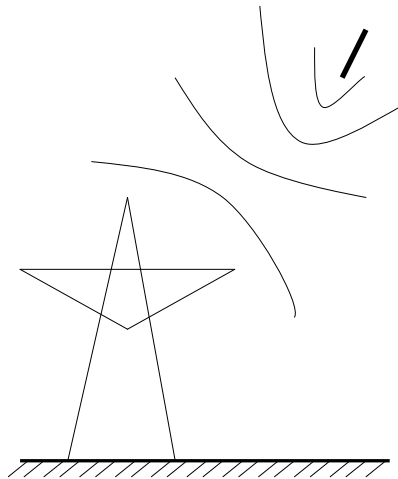


Рис. 1.2. Эквипотенциальные линии поля и направление преимущественного развития разряда на малых высотах

На рис. 1.3 представлена зона защиты одиночного стержневого молниеотвода. Зона защиты имеет форму «шатра» высотой h .

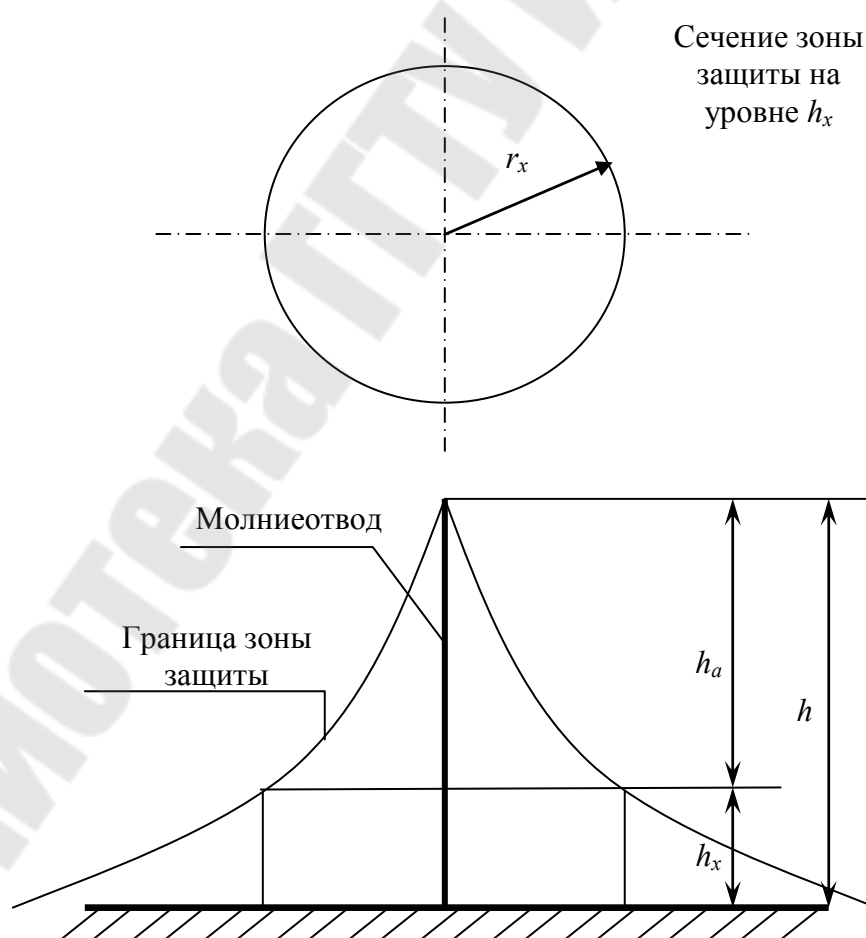


Рис. 1.3. Зона защиты одиночного стержневого молниеотвода

Высота h_a определяемая как разница между высотой молниеотвода h и высотой защищаемого объекта h_x называется активной высотой молниеотвода. Радиус защитного «шатра» на уровне высоты h_x определяется соотношением:

$$r_x = h_a \frac{1,6}{1 + \frac{h_x}{h}} p, \text{ м} \quad (1.1)$$

где коэффициент p принимается равным 1 для молниеотвода высотой менее 30 м в остальных случаях определяется по выражению:

$$p = \frac{5,5}{\sqrt{h}} \quad (1.2)$$

На рис. 1.4 представлена зона защиты двух стержневых молниеотводов одинаковой высоты. Ширина зоны защиты на уровне защищаемого объекта $2b_x$ определяется по кривым (рис. 1.5) в зависимости от заданного соотношения s/h_a и высоты защищаемого объекта h_x . По кривым определяется соотношение $p \cdot (b_x/h_a)$, откуда определяется b_x . Низшая точка защитной зоны расположена на уровне $h - \frac{s}{7p}$.

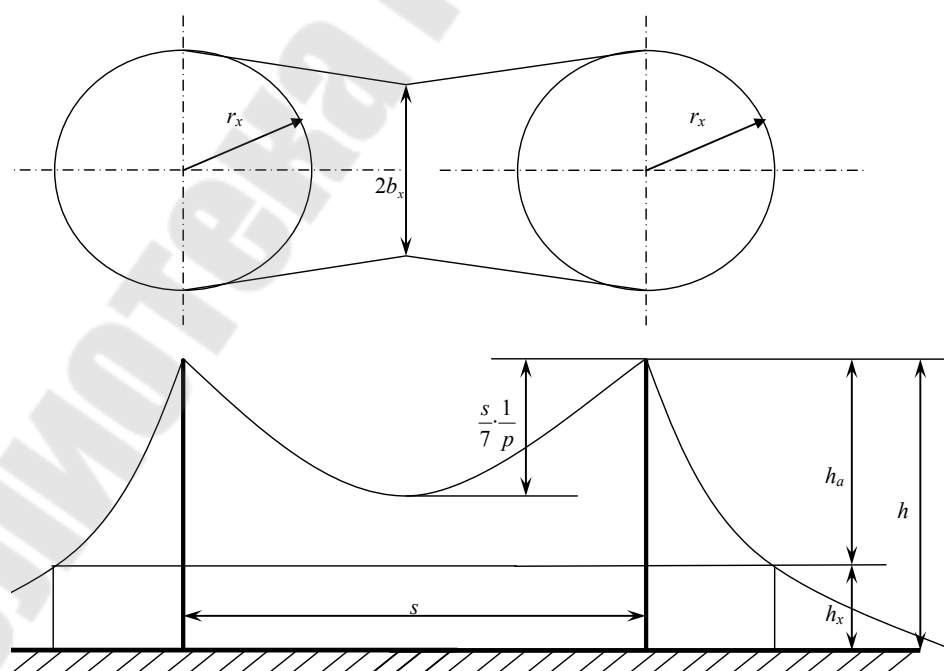


Рис. 1.4. Зона защиты двух стержневых молниеотводов

В случае когда высота молниеотводов не совпадает, определение защитной зоны производится в следующем порядке:

1. Вокруг молниеотвода большей высоты строится зона защиты, как для одиночного молниеотвода.

2. Через вершину молниеотвода меньшей высоты проводится горизонтальная линия до пересечения с зоной защиты молниеотвода большей высоты.

3. Принимая полученную точку за вершину некоторого фиктивного молниеотвода той же высоты, что и молниеотвод меньшей высоты строят зону защиты для двух молниеотводов одинаковой высоты (меньшей высоты и фиктивного).

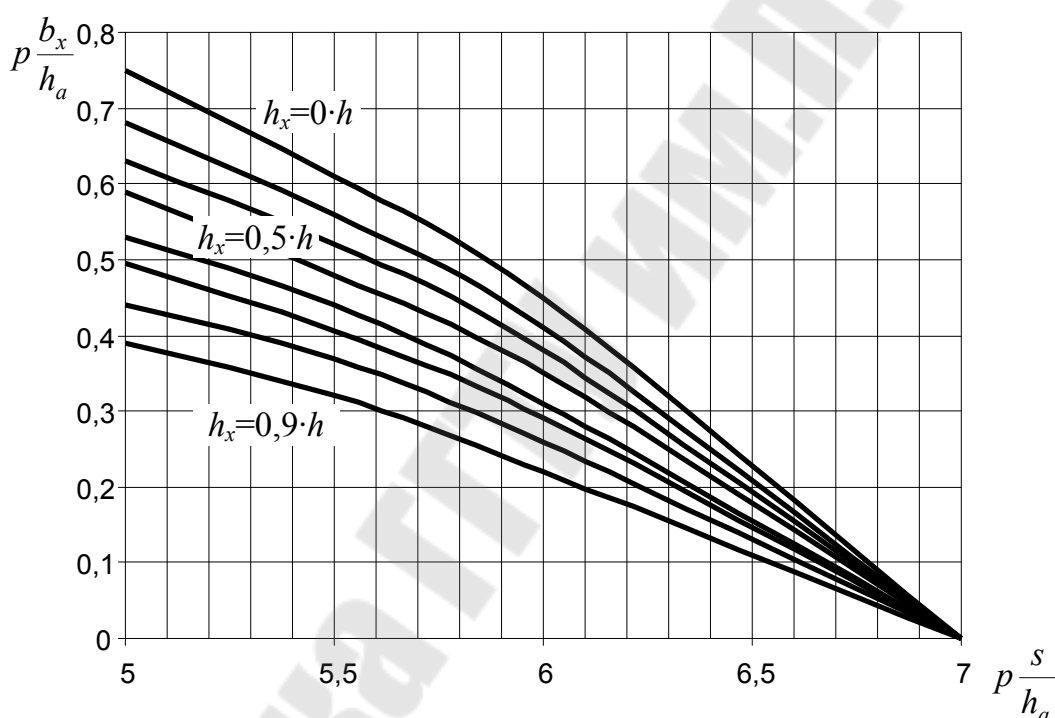


Рис. 1.5. Расчетные кривые для определения ширины защитной зоны двух стержневых молниеотводов

Порядок проведения работы

В рамках выполнения лабораторной работы необходимо произвести расчеты по четырем заданиям.

Задание № 1

На рис. 1.6 показано расположение открытой подстанции и дымовой трубы на территории предприятия. На дымовой трубе проложен молниеотвод. Необходимо установить обеспечивает ли

молниеотвод защиту подстанции. Исходные данные к расчету приведены в таблице 1.1.

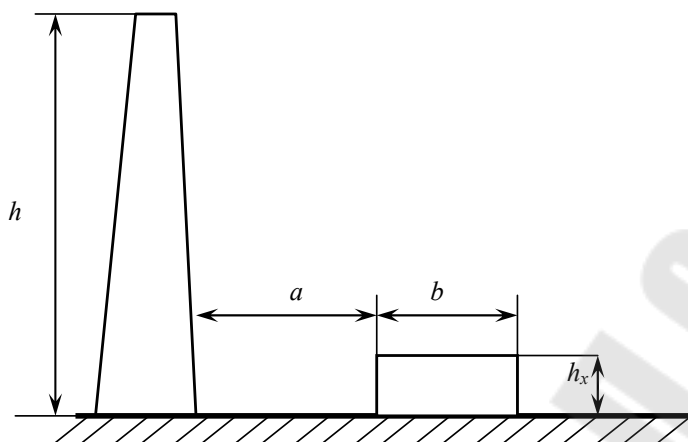


Рис. 1.6. Схема расположения трубы и открытой подстанции

Таблица 1.1 Исходные данные к заданию № 1

№ варианта	Высота трубы, h , м	Высота подстанции, h_x , м	Расстояние от трубы до подстанции, a , м	Длина подстанции, b , м
1	80	6	60	24
2	80	8	50	12
3	80	10	40	24
4	100	12	80	12
5	100	6	70	24
6	100	8	60	12
7	120	10	80	24
8	120	12	70	12
9	120	6	50	24
10	60	8	30	12
11	60	10	40	24
12	60	12	50	12
13	90	6	70	24
14	90	8	60	12
15	90	10	50	24

Задание № 2

Определить необходимую высоту стержневых молниеотводов для защиты линии электропередач от ударов молнии. Молниеотводы установлены около опор линии электропередачи. Схема

расположения линии электропередачи приведена на рисунке 1.7. Исходные данные к расчету приведены в таблице 1.2.

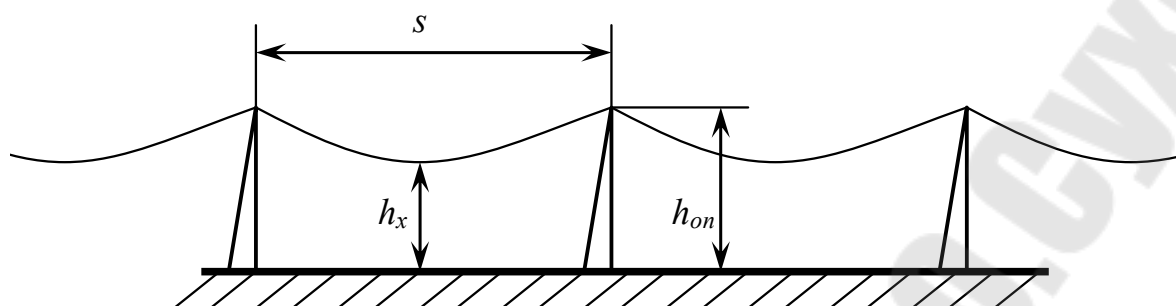


Рис. 1.7. Схема линии электропередачи

Таблица 1.2 Исходные данные к заданию № 2

№ варианта	Высота опоры, h_{on} , м	Нижняя точка линии электропередачи, h_x , м	Расстояние между опорами, s , м	Расстояние от опоры до молниеотвода, м
1	10	6	50	2
2	10	7	60	3
3	10	8	70	4
4	20	14	80	4
5	20	16	100	6
6	20	18	120	8
7	30	20	80	6
8	30	23	100	8
9	30	26	120	12
10	15	10	60	4
11	15	11	50	5
12	15	12	70	6
13	25	15	120	6
14	25	18	80	8
15	25	20	100	4

Задание № 3

Определить каких геометрических размеров здание можно разместить между двумя молниеотводами различной высоты, при заданной высоте здания, обеспечив его полную защиту от ударов молнии. Исходные данные к расчету приведены в таблице 1.3.

Таблица 1.3 Исходные данные к заданию № 3

№ варианта	Высота молниеотвода №1, h_1 , м	Высота молниеотвода №2, h_2 , м	Расстояние между молниеотводами, м	Высота защищаемого здания, h_x , м
1	40	80	60	36
2	40	70	80	
3	40	60	100	
4	50	80	120	
5	50	70	140	
6	50	40	60	
7	60	80	80	
8	60	70	100	
9	60	50	120	
10	70	80	140	
11	70	40	120	
12	70	50	120	
13	80	45	160	
14	80	55	140	
15	80	65	120	

Задание № 4

Обеспечить защиту здания от попадания молнии с наименьшим расходом материала на сооружение молниеотвода. Исходные данные к расчету приведены в таблице 1.4.

Таблица 1.3 Исходные данные к заданию № 4

№ варианта	Высота защищаемого здания, h_x , м	Длина защищаемого здания, м	Ширина защищаемого здания, м
1	6	12	6
2	6	24	18
3	6	36	12
4	8	42	24
5	8	48	24
6	8	12	8
7	10	18	12
8	10	24	12
9	10	36	24
10	12	48	18
11	12	54	36
12	12	36	36

№ варианта	Высота защищаемого здания, h_x , м	Длина защищаемого здания, м	Ширина защищаемого здания, м
13	16	42	24
14	16	48	18
15	16	56	36

Содержание отчета

1. Титульный лист;
2. Цель работы;
3. Краткие теоретические сведения;
4. Результаты проведенных расчетов
5. Выводы.

Контрольные вопросы

1. Что такое активная высота молниеотвода?
2. Как определяется защитная зона двух стержневых молниеотводов различной высоты?
3. Как определяется ширина защитной зоны двух стержневых молниеотводов одинаковой высоты?
4. При каком расположении молниеотводов достигается наименьшая материалоемкость при защите зданий и сооружений?

Лабораторная работа № 2

Линейные резонансные перенапряжения в электрических системах

Цель работы: Изучить закономерности развития резонансных перенапряжений в электрических системах. Научиться определять величину возможных резонансных перенапряжений.

Краткие теоретические сведения

Резонансные явления в электрических системах развиваются в форме линейного, параметрического или нелинейного резонанса. Простейшей формой резонанса в электрических системах является линейный резонанс, который может возникать в цепях с неизменными индуктивностями, емкостями и сопротивлениями. Именно таковыми являются цепи электрических систем, если не учитывать насыщение магнитопроводов и все вращающиеся машины заместить их переходными или сверхпереходными ЭДС и реактивными сопротивлениями.

Рассмотрим закономерности линейного резонанса в простейших цепях с одной степенью свободы. К таким цепям часто удается свести сложную цепь электрической системы. Различные схемы цепей содержащих активное, индуктивное и емкостное сопротивление приведены в первой графе таблицы 2.1.

Признаком резонансного режима в таких цепях является совпадение или близость частоты собственных колебаний в цепи к частоте источника напряжения. В резонансном режиме наблюдается резкое возрастание токов и напряжений на всех элементах цепи. Поэтому резонансный режим, как правило, приводит к опасным перенапряжениям в системе.

Количественную оценку токов и напряжений в цепях с одной степенью свободы можно дать по формуле:

$$A = M \cdot k \cdot E, \quad (2.1)$$

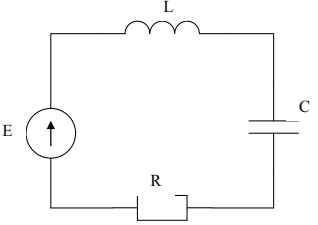
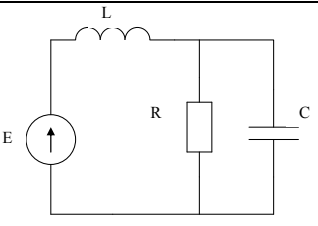
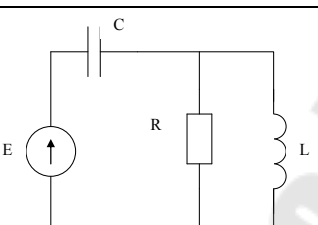
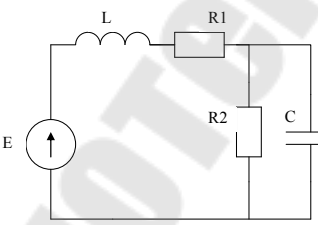
где A – амплитуда искомого тока или напряжения;

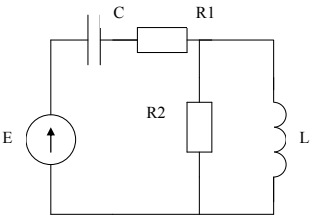
E – напряжение источника, кВ;

k – коэффициент, значение которого зависит от схемы, приводится в таблице 2.1;

M – коэффициент, значение которого определяется по кривым рис. 2.1, в зависимости от соотношения ω/Ω_0 и δ/Ω_0 (δ – коэффициент затухания схемы, Ω_0 – собственная частота колебаний).

Таблица 2.1 Расчетные коэффициенты

№ п/ п	Схема	Параметр	Коэффициенты		
			δ	Ω_0	k
1		i	$\frac{R}{2L}$	$\frac{1}{LC}$	aC
		U_C	$\frac{R}{2L}$	$\frac{1}{LC}$	1
		U_L	$\frac{R}{2L}$	$\frac{1}{LC}$	$a^2 LC$
2		i	$\frac{1}{2RC}$	$\frac{1}{LC}$	$\frac{1}{R} \sqrt{1 + (\omega RC)^2}$
		U_C	$\frac{1}{2RC}$	$\frac{1}{LC}$	1
		U_L	$\frac{1}{2RC}$	$\frac{1}{LC}$	$\frac{aL}{R} \sqrt{1 + (\omega RC)^2}$
3		i	$\frac{1}{2RC}$	$\frac{1}{LC}$	$\frac{1}{R} \omega^2 LC \sqrt{1 + \left(\frac{R}{\omega L}\right)^2}$
		U_C	$\frac{1}{2RC}$	$\frac{1}{LC}$	$\frac{\sqrt{R^2 + (\omega L)^2}}{R}$
		U_L	$\frac{1}{2RC}$	$\frac{1}{LC}$	$a^2 LC$
4		i	$\frac{1}{2} \left(\frac{1}{R_2 C} + \frac{R_1}{L} \right)$	$\sqrt{\frac{1}{LC} \left(1 + \frac{R_1}{R_2} \right)}$	$\frac{1}{R_1 + R_2} \sqrt{1 + (\omega R_2 C)^2}$
		U_C	$\frac{1}{2} \left(\frac{1}{R_2 C} + \frac{R_1}{L} \right)$	$\sqrt{\frac{1}{LC} \left(1 + \frac{R_1}{R_2} \right)}$	$\frac{R_2}{R_1 + R_2}$

№ п/ п	Схема	Параметр	Коэффициенты		
			δ	Ω_0	k
		U_L	$\frac{1}{2} \left(\frac{1}{R_2 C} + \frac{R_1}{L} \right)$	$\sqrt{\frac{1}{LC} \left(1 + \frac{R_1}{R_2} \right)}$	$\frac{aL}{R_1 + R_2} \sqrt{1 + (\omega R_2 C)^2}$
5		i	$\frac{1}{2} \frac{L + R_1 R_2 C}{LC(R_1 + R_2)}$	$\sqrt{\frac{1}{LC} \frac{1}{1 + \frac{R_1}{R_2}}}$	$\frac{1}{R_2} \omega^2 LC \sqrt{1 + \left(\frac{R_2}{\omega L} \right)^2}$
		U_C	$\frac{1}{2} \frac{L + R_1 R_2 C}{LC(R_1 + R_2)}$	$\sqrt{\frac{1}{LC} \frac{1}{1 + \frac{R_1}{R_2}}}$	$\frac{\sqrt{R_2^2 + (\omega L)^2}}{R_2}$
		U_L	$\frac{1}{2} \frac{L + R_1 R_2 C}{LC(R_1 + R_2)}$	$\sqrt{\frac{1}{LC} \frac{1}{1 + \frac{R_1}{R_2}}}$	$a^2 LC$

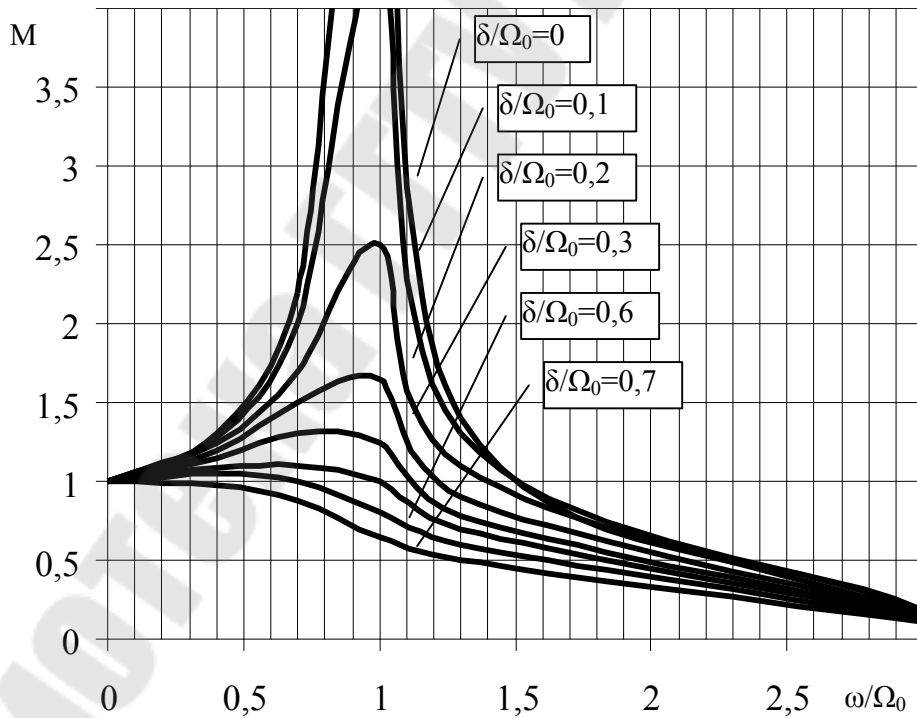


Рис. 2.1. Амплитудно-частотные резонансные кривые

Порядок проведения работы

В рамках выполнения лабораторной работы необходимо произвести расчеты по двум заданиям.

Задание № 1

Питание трансформаторной подстанции (35/6 кВ) производится от системы бесконечной мощности по кабельной линии. К шинам низкого напряжения трансформаторной подстанции подключена батарея конденсаторов и группа асинхронных двигателей. Определить амплитуду линейного резонансного перенапряжения на шинах низкого напряжения. Исходные данные к расчету приведены в таблице 2.2.

Таблица 2.2 Исходные данные к заданию № 1

№ варианта	Характеристики кабельной линии	Характеристика силового трансформатора	Мощность конденсаторной батареи, Мвар	Характеристика группы электродвигателей
1	Кабель с бумажной изоляцией сечением 120 мм ² , протяженностью 2 км	S=40 МВА Uкз=10%	5	3 двигателя мощностью по 2 МВт, Xd=0,21
2		S=630 МВА Uкз=11%	7	3 двигателя мощностью по 3 МВт, Xd=0,2
3		S=80 МВА Uкз=12%	8	4 двигателя мощностью по 2,5 МВт, Xd=0,18
4	Кабель с бумажной изоляцией сечением 120 мм ² , протяженностью 1,2 км	S=25 МВА Uкз=10%	5	2 двигателя мощностью по 6 МВт, Xd=0,17
5		S=16 МВА Uкз=11%	7	2 двигателя мощностью по 5 МВт, Xd=0,12
6		S=40 МВА Uкз=12%	8	4 двигателя мощностью по 4 МВт, Xd=0,15

Окончание табл.2.2

№ варианта	Характеристики кабельной линии	Характеристика силового трансформатора	Мощность конденсаторной батареи, Мвар	Характеристика группы электродвигателей
7	Кабель с пластмассовой изоляцией сечением 120 мм ² , протяженностью 2 км	S=80 МВА Uкз=10%	5	6 двигателей мощностью по 4 МВт, Xd=0,21
8		S=63 МВА Uкз=11%	7	6 двигателей мощностью по 4,5 МВт, Xd=0,16
9		S=40 МВА Uкз=12%	8	4 двигателя мощностью по 5 МВт, Xd=0,21
10	Кабель с пластмассовой изоляцией сечением 120 мм ² , протяженностью 1,2 км	S=40 МВА Uкз=10%	8	3 двигателя мощностью по 3 МВт, Xd=0,23
11		S=63 МВА Uкз=11%	7	5 двигателей мощностью по 2,5 МВт, Xd=0,14
12		S=80 МВА Uкз=12%	5	6 двигателей мощностью по 4 МВт, Xd=0,12
13		S=25 МВА Uкз=10%	5	2 двигателя мощностью по 6 МВт, Xd=0,15
14		S=16 МВА Uкз=11%	6	2 двигателя мощностью по 4,5 МВт, Xd=0,21
15		S=100 МВА Uкз=12%	7	8 двигателей мощностью по 4 МВт, Xd=0,17

Задание № 2

Для заданной схемы замещения электрической сети определить соотношение между емкостью и индуктивностью для возникновения линейного резонанса с заданным значением кратности перенапряжения. Активные сопротивления принять равными 10 Ом. Исходные данные к расчету приведены в таблице 2.3.

Таблица 2.3 Исходные данные к заданию № 2

№ варианта	Номер схемы замещения электрической сети по таблице 2.1	Заданное значение кратности перенапряжения	Величина индуктивности, Гн
1	4	1,5	0,5
2	5	1,6	0,6
3	4	1,7	0,7
4	5	1,8	0,5
5	4	1,9	0,6
6	5	2,0	0,7
7	4	1,9	0,8
8	5	2,1	0,9
9	4	2,3	0,6
10	5	2,4	0,3
11	4	2,5	0,7
12	5	2,6	0,9
13	4	1,8	1,0
14	5	1,9	1,1
15	4	2,0	1,2

Содержание отчета

1. Титульный лист;
2. Цель работы;
3. Краткие теоретические сведения;
4. Результаты проведенных расчетов
5. Выводы.

Контрольные вопросы

1. Что такое линейный резонанс в электрической цепи?
2. Что такое коэффициент затухания схемы?
3. Как определить амплитуду перенапряжения при линейном резонансе?
4. Что такое собственная частота колебаний?

Лабораторная работа № 3

Применение резисторов и резисторных блоков для защиты от перенапряжений

Цель работы: Изучить конструкцию и особенности эксплуатации резисторных блоков. Изучить методику выбора параметров резисторных устройств при высокоомном и низкоомном заземлении.

Краткие теоретические сведения

Блоки резисторов и резисторы предназначены для эксплуатации в силовых электрических цепях и применяются для заземления нейтрали синхронных генераторов и трансформаторов. Устройства для резисторного заземления нейтрали различаются по номинальному току, номинальному сопротивлению, количеству выводов, ступеней, степени защиты, габаритным и установочным размерам и массе.

Большинство резисторных блоков представляет собой многоэтажную колонку установленных друг над другом резисторов. Так как многоэтажные блоки защищенного исполнения работают в условиях теплообмена, отличных от условий работы открытого одноэтажного блока, необходимо допустимые токи нагрузки на резисторы выбрать с учетом коэффициента снижения нагрузки по току. В таблице 3.1 представлены коэффициенты снижения нагрузки по току на этаже блоков резисторов.

Таблица 3.1 Коэффициент снижения нагрузки по току на этаже боков резисторов

Тип блоков	Используемый материал	Коэффициент снижения нагрузки на этаже			
		1 этаж	2 этаж	3 этаж	4 этаж
ЯС191	Контактановая проволока	1,0	0,84	0,79	0,75
ЯС191	Контактановая лента	1,0	0,86	0,84	0,78
ЯС192	Фахралева лента	1,0	1,0	1,0	1,0

Выбор параметров резисторных устройств при низкоомном заземлении.

Выбранное активное сопротивление с одной стороны должно ограничить величину тока, который дает минимум повреждения в точке аварии, с другой – величина тока должна быть такой, чтобы обеспечить удовлетворительную работу схем релейной защиты. По данным зарубежных источников в большинстве случаев ток замыкания на землю может быть ограничен резистором в нейтрали до величины соответствующей 5–20 % от тока трехфазного короткого замыкания. Минимум тока, создаваемого резистором, зависит от используемых схем релейной защиты от замыканий на землю.

В большинстве случаев использования такой системы заземления нейтрали при однофазном замыкании в сети напряжении e , появляющееся на резисторе, близко к нормальному фазному напряжению сети. Ток через резистор практически равен току в месте повреждения. Таким образом, этот ток определяется фазным напряжением, деленным на сопротивление резистора.

Выбор параметров резисторных устройств при высокоомном заземлении.

Заземляющий резистор и трансформатор выбираются, исходя из режима длительного протекания тока. Номинальное напряжение заземляющего резистора в нейтрали заземляющего трансформатора равно номинальному фазному напряжению сети. Номинальное напряжение заземляющего трансформатора равно номинальному линейному напряжению сети.

Заземляющий резистор выбирается по току, который имеет место при длительном приложении номинального напряжения. При использовании заземляющего трансформатора со схемой соединения обмоток звезда-треугольник с нейтралью, заземленной через резистор, номинальный ток заземляющего трансформатора определяется номинальным током резистора.

Оптимальное значение резистора R_N через который заземляется нейтраль сети, определяется формулой:

$$R_N = \frac{T}{3 \cdot C} = \frac{0,01}{3 \cdot 3 \cdot C} = \frac{1}{900 \cdot C} \quad (3.1)$$

где C – емкость фазы сети на землю; $T=0,01/3$ – постоянная времени разряда емкости нулевой последовательности на резистор R_N ,

обеспечивающая практически полный разряд емкости за половину периода промышленной частоты после очередного погасания перемежающей дуги.

Высокоомное сопротивление нейтрали можно выполнить как с помощью высоковольтного резистора R_N в нейтрали специального заземляющего трансформатора, так и с помощью низковольтного резистора R_Δ – в разомкнутом треугольнике при пятистержевой конструкции заземляющего трансформатора.

Ток замыкания на землю I_3 определяется суммарной емкостью сети на землю C , параметрами трансформатора R_K , X_K и резистора в нейтрали или треугольнике и находится с помощью соответственной схемы замещения сети и трансформатора. При однофазном замыкании ток в месте повреждения I_3 равен утроенному току нулевой последовательности I_0 , таким образом, для схемы резистором включенным в нейтраль имеем:

$$I_3 = 3 \cdot I_0 = U_\phi \left(3j\omega C + \frac{3}{3R_N + R_K + jX_K} \right) \text{ Ом. (3.2)}$$

Для схемы с резистором включенным в разомкнутый треугольник выражение для определения тока замыкания на землю примет вид:

$$I_3 = 3 \cdot I_0 = U_\phi \left(3j\omega C + \frac{3}{\frac{R'_\Delta}{3} + R_K + jX_K} \right) \text{ Ом. (3.3)}$$

В этом выражении R_K и X_K приведены к схеме обмотки, соединенной в звезду, R'_Δ – активное сопротивление, приведенное к той же стороне с помощью коэффициента приведения:

$$R'_\Delta = R_\Delta \left(\frac{K}{\sqrt{3}} \right), \quad (3.4)$$

где K – коэффициент трансформации, равный отношению линейных напряжений сторон трансформатора $K = U_{лY} / U_{л\Delta}$.

Порядок проведения работы

В рамках выполнения лабораторной работы необходимо произвести расчеты по двум заданиям.

Задание №1

Выбрать оптимальную величину резистора для заданной сети. Определить на сколько изменится ток замыкания на землю при подключении резистора в нейтраль заземляющего трансформатора и величину рассеиваемой в нем мощности. Исходные данные к расчету приведены в таблице 3.2.

Таблица 3.2 Исходные данные к заданию № 1

№ варианта	Номинальное напряжение сети, кВ	Емкость сети, мкФ	Активное сопротивление заземляющего трансформатора, Ом	Реактивное сопротивление заземляющего трансформатора, Ом
1	6	0,18	37	69
2	6	0,16	35	70
3	6	0,10	36	71
4	10	0,2	41	99
5	10	0,22	40	100
6	10	0,21	42	102
7	35	0,31	55	120
8	35	0,32	52	122
9	35	0,35	53	124
10	6	0,17	30	68
11	6	0,14	31	67
12	6	0,2	32	66
13	10	0,23	38	95
14	10	0,24	39	96
15	10	0,25	40	97

Задание № 2

Выбрать оптимальную величину резистора для заданной сети. Определить на сколько изменится ток замыкания на землю при подключении резистора в разомкнутый треугольник заземляющего трансформатора и величину рассеиваемой в нем мощности. Исходные данные к расчету приведены в таблице 3.3.

Таблица 3.3 Исходные данные к заданию № 2

№ варианта	Номинальное напряжение сети, кВ	Емкость сети, мкФ	Активное сопротивление заземляющего трансформатора, Ом	Реактивное сопротивление заземляющего трансформатора, Ом
1	6	0,16	35	70
2	10	0,22	40	100
3	35	0,31	55	120
4	6	0,17	30	68
5	10	0,23	38	95
6	10	0,25	40	97
7	6	0,2	32	66
8	35	0,35	53	124
9	10	0,21	42	102
10	10	0,2	41	99
11	6	0,10	36	71
12	6	0,18	37	69
13	10	0,24	39	96
14	6	0,14	31	67
15	35	0,32	52	122

Содержание отчета

1. Титульный лист;
2. Цель работы;
3. Краткие теоретические сведения;
4. Результаты проведенных расчетов
5. Выводы.

Контрольные вопросы

1. Какие существуют схемы подключения заземляющих резисторов?
2. Для чего применяются резисторы и резисторные блоки?
3. Как влияет конструкция резисторного блока на определение его мощности?
4. Исходя из какого соотношения определяется величина оптимального сопротивления?

Литература

1. Кучинский, Г. С. Изоляция установок высокого напряжения./ – М. : Энергоатомиздат, 1987. – 206 с.
2. Долгинов, А. И., Перенапряжения в электрических сетях. – М. : Госэнергоиздат, 1962 – 512 с.
3. Перенапряжения в сетях 6-35 кВ/ Ф. А. Гиндуллин, В. Г. Гольдштейн, А. А. Дульзон, Ф.Х. Халилов. – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 192 с.
2. Проектирование линий электропередачи сверхвысокого напряжения / под ред. Г. Н. Александрова, Л. Л Петерсона – Л.: Энергоатомиздат, Ленингр. отд-ние, 1983. – 312 с.
3. Лихачев, Ф. А. Замыкания на землю в сетях с изолированной нейтралью и с компенсацией емкостных токов. – М. : Энергия, 1971. – 214 с.
4. Короткевич, М. А., Жив ДЛ. Режимы нейтрали городской электрической сети. – Минск, 1997. – 156 с.
5. Защита сетей 6 - 35 кВ от перенапряжений / под ред. Ф. Х. Халилова. – СПб, 2002. – 272 с.

СОДЕРЖАНИЕ

Лабораторная работа № 1

Средства защиты подстанционного оборудования
от воздействия атмосферного перенапряжения..... 3

Лабораторная работа № 2

Линейные резонансные перенапряжения
в электрических системах..... 11

Лабораторная работа № 3

Применение резисторов и резисторных
блоков для защиты от перенапряжений 17

Литература 22

Мороз Денис Равильевич

**ДУГОВЫЕ И КОММУТАЦИОННЫЕ
ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЯ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ
СЕТЯХ**

**Лабораторный практикум
по одноименному курсу для студентов
специальности 1-43 01 02
«Электроэнергетические системы
и сети» дневной формы обучения**

Подписано к размещению в электронную библиотеку
ГГТУ им. П. О. Сухого в качестве электронного
учебно-методического документа 31.05.11.

Рег. № 6Е.

E-mail: ic@gstu.by

<http://www.gstu.by>