

Задания для контрольной работы

Вариант соответствует сумме двух последних цифр номера зачетной книжки студента (если сумма - двузначное число, то вторая цифра этого числа).

Задачи, составленные в трех модификациях, выполняются:
с индексом “а” – студентами, фамилия которых начинается с букв “А - Ж”;
с индексом “б” – студентами, фамилия которых начинается с букв “З - Р”;
с индексом “в” – студентами, фамилия которых начинается с букв “С - Я”.

Задача 1а

Плоский конденсатор имеет изоляцию с относительной диэлектрической проницаемостью ϵ и ёмкость $C=1$ мкФ. К конденсатору подведено напряжение U . Пробивная напряженность материала E .

Определить поверхность электродов; заменить $1/3$ толщины изоляционного материала воздухом и определить, как изменится плотность зарядов на обкладках конденсатора; построить график напряженности поля и потенциала в обоих случаях.

Числовые значения заданных величин указаны в табл.1.

Таблица 1

№ вар	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ϵ	4	2	3	8	10	2	4	6	8	10
E , кВ/м	150	120	80	150	80	100	200	150	150	200
U , кВ	300	200	200	250	250	200	400	200	350	350

Задача 1б

В воздушном промежутке между коаксиальными цилиндрами возникает электрический разряд. Радиус внутреннего цилиндра – r_1 ; наружного – r_2 . Температура воздуха t , давление p . Определить разрядное напряжение U и оптимальную величину радиуса внутреннего цилиндра $r_{1оп}$, соответствующую при данных значениях r_2 , t и p наибольшей величине разрядного напряжения $U_{оп}$. Определить $U_{оп}$. Построить графики $E_k=f(r_2)$ при радиусах внутреннего цилиндра равных r_1 и $r_{1оп}$ и графики $U=f(r_1)$ и $E_{кр}=f(r_1)$ при заданных r_2 , t и p и изменении r_1 от заданной величины до $r_1=r_2$.

Числовые значения заданных величин указаны в табл.2.

Таблица 2

№ варианта	r_1 , см	r_2 , см	t , °С	p , Па
1	5	8	5	730
2	4	10	15	740
3	3	12	25	750
4	2	8	35	760
5	1	12	45	770
6	5	10	5	780
7	4	12	15	730
8	3	8	25	740
9	2	10	35	760
10	1	12	45	780

Задача 1в

Проходной изолятор на напряжение $U=110$ кВ имеет два слоя изоляции – гетинаксовую трубу и нефтяное масло. Диаметр токоведущего стержня d_1 , диаметр гетинаксовой трубы d_2 , диаметр наружных электродов d_3 . Диэлектрическая проницаемость гетинакса ϵ_1 , масла ϵ_2 .

Построить график изменения напряжённости поля E в двухслойном диэлектрике в зависимости от расстояния от оси изолятора. Определить, каким должен быть диаметр гетинаксовой трубы для равенства максимальных значений напряжённости электрического поля в обоих слоях диэлектрика. Определить ёмкость между электродами на единицу длины изолятора.

Числовые значения заданных величин указаны в табл.3.

Таблица 3

№ варианта	d_1 , см	d_2 , см	d_3 , см	ϵ_1	ϵ_2
1	3,0	3,0	11	2,0	2,3
2	2,0	3,5	12	3,0	2,4
3	2,5	4,0	13	4,0	2,5
4	3,0	4,0	12	5,0	2,4
5	2,0	4,5	10	6,0	2,2
6	2,5	5,0	11	4,2	2,6
7	3,0	5,5	12	4,3	2,3
8	2,2	5,0	10	4,3	2,4
9	2,5	86,0	13	4,5	2,2
10	2,5	5,0	11	4,6	2,5

Задача 2.

Выбрать схему и выполнить расчет зарядного и разрядного контура генератора импульсных напряжений, обеспечивающего получение стандартной волны с амплитудой U , емкость объектов испытаний C .

Числовые значения заданных величин указаны в табл.4.

Таблица 4

№ варианта	U_2 , кВ	C , пФ
1	3500	200
2	3000	400
3	2500	600
4	2000	800
5	1500	1000
6	1000	1200
7	800	1400
8	500	1600
9	1500	1800
10	2000	2000

Задача 3.

Рассчитать напряжение для испытания заданного объекта (табл.5) грозовыми, коммутационными импульсами и напряжением промышленной частоты.

Числовые значения заданных величин указаны в табл.5

Таблица 5

Объект	Номинальное напряжение для варианта, кВ									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Трансформатор	1150	750	500	330	220	110	150	35	10	6
Ввод аппаратуры	10	35	6	500	750	330	1150	220	110	150

Задача 4.

Рассчитать и построить кривые импульсных напряжений на шинах подстанции (рис.1). Набегающая волна имеет косоугольный фронт длиной τ_f и амплитуду U_n . Емкости изоляции и разрядника принять равными нулю.

Числовые значения заданных величин указаны в табл. 6

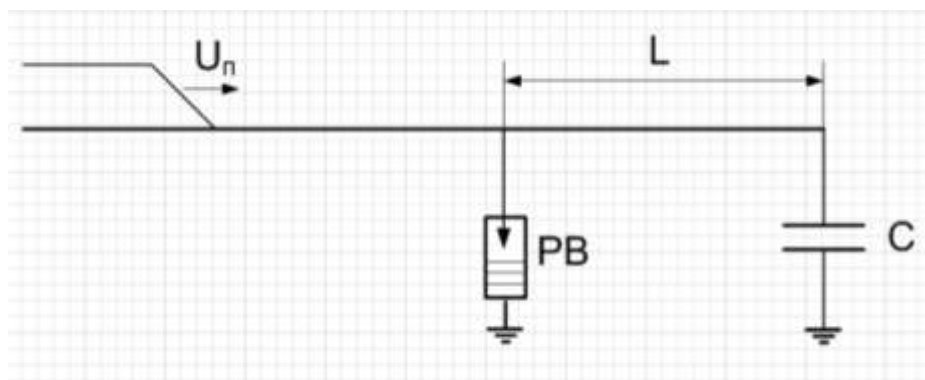


Рис. 1. Схема к задаче 4

Таблица 6

№ вар	Напряжение подстанции, кВ	U_n , кВ	Тип разрядника	τ_ϕ , мкс	l , м	Z , Ом
1	110	350	РВС	1,5	20	300
2	220	200	РВМГ	2,0	40	350
3	10	450	РВС	2,5	60	400
4	35	400	РВМГ	3,0	80	450
5	220	500	РВС	3,5	30	450
6	110	700	РВМГ	4,0	50	400
7	10	800	РВС	2,5	70	350
8	35	900	РВМГ	3,0	90	300
9	110	1000	РВС	3,5	60	350
10	220	150	РВМГ	4,0	50	400

Задача 5.

Защита от прямых ударов молнии здания длиной a , шириной b и высотой h осуществляется отдельно стоящими молниеотводами. Удельное сопротивление грунта ρ . Коэффициент сезонности для труб $Km=1,3$, для полос $Kn=1,7$.

Выбрать молниеотводы и рассчитать их параметры при токе молнии, вероятность амплитуды которого v .

Спроектировать заземляющее устройство с импульсным сопротивлением растеканию тока Z_i .

Найти минимально допустимое расстояние от молниеотводов до защищаемого объекта по воздуху и земле. Определить значение шагового напряжения между точками, удаленными на расстояние x и $x+a$ от заземлителя.

Числовые значения заданных величин указаны в табл. 7

Таблица 7

№ вар	Число молниеотводов	Размеры, м			ρ , Ом м	v, %	Z_i , Ом	x, м
		a	b	h				
1	2	18	8	12	$2 \cdot 10^2$	30	30	1,0
2	4	14	4	10	$2 \cdot 10^3$	50	20	1,5
3	1	10	7	14	$8 \cdot 10^3$	70	10	2,0
4	4	14	8	10	$2 \cdot 10^4$	90	5	2,5
5	1	12	10	12	$5 \cdot 10^2$	20	6	3,0
6	2	16	12	18	$4 \cdot 10^3$	40	8	3,5
7	1	20	14	26	$2 \cdot 10^2$	60	10	4,0
8	4	25	16	20	$1 \cdot 10^4$	80	12	4,5
9	2	26	18	25	$5 \cdot 10^3$	35	14	5,0
10	2	28	20	30	$8 \cdot 10^3$	55	16	5,5

Контрольные вопросы

Вариант 1

1. Охарактеризуйте методы измерения импульсных высоких напряжений.
2. Выведите формулу разрядного напряжения

$$U_p = \frac{B_p S}{\ln \left(\frac{A_p S}{\ln 1/\gamma} \right)}$$

для однородного поля и сформулируйте закон Пашена.

3. Опишите принцип координации изоляции с воздействующими рабочими напряжениями.
4. Рассчитайте защитный уровень линии 220 кВ на металлических опорах без троса. Изоляция линии – 12 изоляторов ПФ6-А.
5. Опишите, каким образом дугогасящие катушки способствуют гашению емкостного тока замыкания на землю.

Вариант 2

1. Опишите методы измерения частичных разрядов в изоляции.
2. Выберите тип и число изоляторов в гирлянде и определите минимальное изоляционное расстояние для линии 220, 330, 500 кВ при ограничении кратности перенапряжений в соответствии с ГОСТ 1516.1-76.
3. Изложите методы расчета напряжения на изоляции при прямом ударе молнии в трос в середине пролета.

4. Опишите конструкцию нелинейных ограничителей перенапряжений.
5. Изложите существо методики расчета потерь на корону при переменном напряжении.

Вариант 3

1. Опишите особенности конструкций высоковольтных трансформаторов.
2. Поясните смысл формул, дающих условие возникновения самостоятельного разряда при низких и высоких давлениях.
3. Определите число разрядов молнии в линию длиной 200 км при средней высоте подвеса тросов 13 м, если число грозовых дней в году равно 45.
4. При положительной и отрицательной полярности приложенного напряжения определите по таблицам разрядное напряжение шарового промежутка, диаметр шаров 125 мм, расстояние между шарами 5 см.
5. Опишите конструкцию разрядников типа РВМ.

Вариант 4

1. Опишите методы регулирования электрического поля внешней изоляции.
2. Опишите схему компенсации емкостного тока замыкания на землю.
3. Рассчитайте индуктированное перенапряжение на проводах линии со средней высотой подвеса проводов 10 м, если разряд молнии с током 130 кА произойдет на расстоянии 75 м от линии.
4. Опишите схемы защиты генераторов, соединенных непосредственно с воздушными линиями.
5. Приведите схему каскадного соединения испытательных трансформаторов.

Вариант 5

1. Нарисуйте нормальную и перевернутую схемы моста переменного тока и укажите области их применения.
2. Изложите методику снятия вольт-секундных характеристик при использовании стандартной волны и поясните ход этих характеристик.
3. Определите начальное напряжение короны для двух гладких проводов диаметром 40 мм, находящихся на расстоянии 2,5 м друг от друга при давлении $p=720$ Па и температуре $t=15^{\circ}\text{C}$.
4. Опишите схемы защиты генераторов, соединенных непосредственно с воздушными линиями.
5. Охарактеризуйте резонансные перенапряжения в длинных линиях.

Вариант 6

1. Объясните, каким прибором измеряется сопротивление изоляции. Для чего определяется коэффициент абсорбции?
2. Начертите эскиз устройства для выравнивания напряжения вдоль обмоток трансформаторов. Объясните, как влияет устройство на амплитуду колебаний в обмотке трансформатора.
3. Опишите конструкцию комбинированного вентильного разрядника для ограничения грозовых и коммутационных перенапряжений.
4. Постройте график, иллюстрирующий изменения напряжения во времени в узлах А и В схемы а (рис.2) при падении по линии с волновым сопротивлением Z прямоугольной волны.
5. Охарактеризуйте коммутационные перенапряжения в электрических системах.

Вариант 7

1. Опишите процесс развития разряда по поверхности диэлектрика в резко неоднородном поле. Как влияет на развитие разряда удельная поверхностная емкость диэлектрика?
2. Как влияет на волну, набегающую на шины подстанций, число линий, подключенных к шинам подстанции, и емкость подключенного к ним оборудования?
3. Опишите составляющие напряжения на изоляции при прямом ударе молнии вблизи опоры линии с тросами.
4. Опишите принципы координации изоляции с воздействующими внешними перенапряжениями.
5. Постройте график, иллюстрирующий характер изменения напряжения во времени в узлах А и Б (см.рис. 2б).

Вариант 8

1. Опишите методы регулирования электрического поля внутренней изоляции.
2. Какое влияние на грозозащиту подстанций оказывают крутизна набегающей волны, расстояние от разрядника до наиболее удаленной точки защищаемой изоляции?
3. Определите вероятность перехода импульсного перекрытия в силовую дугу на деревянной опоре 110 кВ при 6 изоляторах ПФ6-А и расстоянии между фазами 4 м. Высота опоры 12,5 м.

- Опишите принципы координации изоляции с с воздействующими внутренними перенапряжениями.
- Постройте график, иллюстрирующий характер изменения напряжения в узлах А и В схемы в (рис. 2).

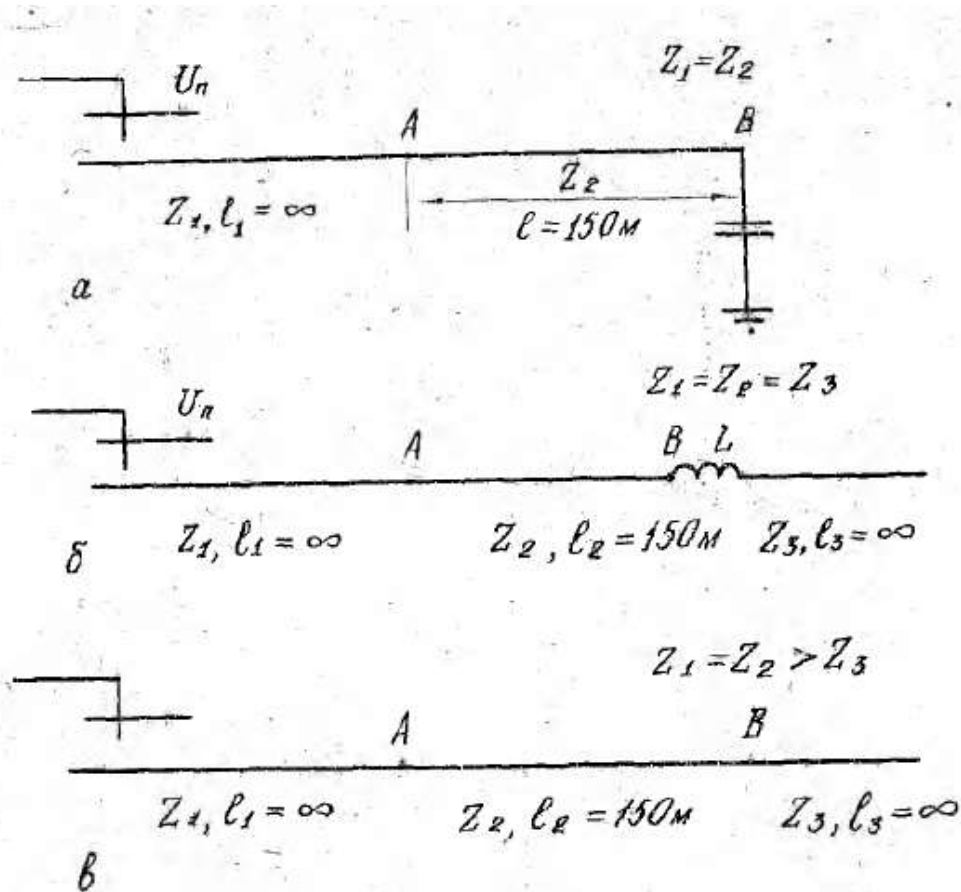


Рис. 2. Схемы к вопросам 4 (вариант 6), 5 (вариант 7, 8)

Вариант 9

- Объясните влияние барьеров на разрядные напряжения промежутков стержень-плоскость при положительной и отрицательной полярности стержня.
- Определите импульсную прочность комбинированной изоляции: 10 изоляторов П-4,5 плюс 3 м деревянной траверсы.
- Опишите конструкцию трубчатых разрядников типа РТФ и РТВ.
- Охарактеризуйте методы измерения импульсных токов. Опишите измерительные устройства.
- Как выбираются трубчатые разрядники.

Вариант 10

- Приведите конструкцию и объясните устройство электростатических вольтметров.

2. Опишите процесс коронирования на проводе при переменном напряжении и покажите, как связано изменение заряда с коронным током.
3. Изложите основные принципы защиты подстанций от волн, набегающих с линий.
4. Определите вероятность перехода импульсного перекрытия в силовую дугу для линии 110 кВ без троса на деревянных опорах. Изоляция линии – 7 изоляторов ПФ6-А в гирлянде.
5. Изложите методику снятия вольт-секундных характеристик при использовании импульсов с линейным фронтом.

Основная учебная литература

1. Техника высоких напряжений : учебник для электроэнерг. спец. вузов / Под общ. ред. Д.В. Разевига, 1976. - 488.
2. Техника высоких напряжений [Электронный ресурс] : методические указания к выполнению лабораторных работ / Иркут. гос. техн. ун-т, 2012. - 72.
3. Чумаков Г. И. Изоляция и перенапряжения [Электронный ресурс] : учебное пособие / Г. И. Чумаков, 2011. - 76.

Дополнительная учебная и справочная литература

1. Базуткин В. В . Техника высоких напряжений: Изоляция и перенапряжения в электр. системах : учеб. для электроэнергет. спец. вузов / В.В. Базуткин; Под общ. ред. Ларионова В. П., 1986. - 462 с.
2. Кучинский Г. С . Изоляция установок высокого напряжения : учеб. для вузов по спец. "Техника и электрофизика высок. напряжений" / Г.С. Кучинский; Под общ. ред. Г. С. Кучинского, 1987. - 367 с.
3. Ларионов В. П. Техника высоких напряжений: (Изоляция и перенапряжения в электр. установках) : учеб. для энерг. и энергостроит. техникумов / Под ред. В. П. Ларионова, 1982. - 296 с.
4. Важов В. Ф. Техника высоких напряжений : учебник для вузов по направлению подготовки 13.03.02 "Электроэнергетика и электротехника" (квалификация "бакалавр") / В. Ф. Важов, В. А. Лавринович, 2017. - 260 с.