Январь 2016

Дисциплина:

ТЕХНИКА ВЫСОКИХ НАПРЯЖЕНИЙ

Преподаватель:

Соловьев Михаил Александрович,

Доцент кафедры ЭСС ЭНИН

Контакты:

Аудитория 212, гл. корпус

Тел. (3822) 60-62-50

Эл. почта: solo@tpu.ru

Техника высоких напряжений (ТВН) является одной из профилирующих дисциплин при подготовке инженеров-электриков.

Цель – изучение экономически оправданных и технически выполнимых приемов и методов проектирования и эксплуатации изоляции линий электропередачи и подстанций.

Научный фундамент курса (ТВН) - теоретические и экспериментальные данные по электрофизическим процессам в газообразных, жидких и твердых изоляционных средах.

На этом базируется возможность создания надежной изоляции электрических систем.
Кроме этого, надежность изоляции обусловливается грамотной эксплуатацией, ограничением всех видов воздействий (перенапряжений) на нее и своевременно проведенными испытаниями.

Дисциплина имеет тесную связь с дисциплинами:
«Электромеханика»,
«Электрические станции»,
«Электрические сети и системы»,
рассматривая вопросы производства, передачи и распределения электрической энергии с точки зрения надежности.

Основой для освоения курса ТВН является знание основ физики, математики, теории вероятности и теоретических основ электротехники.

После изучения дисциплины студент **должен**:

1) **Знать виды электрической изоляции оборудования высокого напряжения, воздушных ЛЭП, электрооборудования станций и подстанций.**

2) **Овладеть методами профилактических испытаний изоляции, методами защиты изоляции электрооборудования от набегающих волн и прямых ударов молнии.**

3) **Уметь выполнить расчеты по оценке уровня и показателя грозоупорности воздушных линий.**

4) **Организовать техническое обслуживание и безопасную эксплуатацию установок высокого напряжения.**

Изучение дисциплины включает рассмотрение 4-х основных разделов:

1) **Электрический разряд в газовых, жидких и твердых диэлектриках** (физика и теория, факторы, влияющие на разрядное напряжение, коронный разряд, разряд по поверхности и др.)

2) **Испытательные установки в измерение высоких нап**ряжений

3) **Изоляция и испытание изоляции установок высокого напряжения** (устройство и расчет воздушных ЛЭП, кабелей, трансформаторов, конденсаторов, электрических машин. Координация изоляции в элементах энергосистемы. Профилактика изоляции.

4) **Перенапряжения в электрических системах и методы защиты оборудования** (внутренние перенапряжения, дуговые, коммутационные, атмосферные (молния и грозозащита)).

Изучение дисциплины:

1) Лекции (1 + 4)
2) Лабораторные работы (6)
3) Самостоятельная работа
   - Работа с литературой
   - Выполнение Индивидуального домашнего задания

Индивидуальное домашнее задание:

- Ответ на 3 контрольных вопроса по основным разделам дисциплины

- Решение 4 задач

Срок сдачи задания – за 2 недели до начала экзаменационной сессии (15 апреля)

ТЕХНИКА ВЫСОКИХ НАПРЯЖЕНИЙ

portal.tpu.ru/ido-tpu/teacher/books

Институт Электронного Обучения

Тайга
Мыски
Абакан
Кривошеино
Томск
Саяногорск
Зеленогорск
Новосибирск
Кемерово

Главная - Преподавателю - Учебные материалы

Преподавателю

- Новости
- Графики учебного процесса (сессий)
- Учебные материалы
- Расписание занятий
- Проверка отчётов студентов (текущий контроль)
- Проверка экзаменов / зачётов / рубежного контроля
- Ликвидация академических задолженностей
- Журнал преподавателя
- Объявления студентам
- Консультационный форум
- Медиатека
- Авторам АПИМов
- Нормативные документы
- Службы ИнЭО для преподавателей

УЧЕБНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

В данном разделе размещаются кейсы с учебно-методическими материалами по дисциплина пособия, методические указания по изучению дисциплины, рабочие программы, индивид лабораторные и курсовые работы, виртуальные лабораторные комплексы, ссылки на записи веб

Чтобы посмотреть учебно-методические материалы онлайн из фильтров выберите нужную дисциплину, архив с учебно-методическими материалами по дисциплине на Ваш компьютер, кликните на ссылку "Скача

Внимание! Для просмотра файлов в формате PDF (.pdf) на Вашем компьютере должно быть устано Рекомендуемая программа - Adobe Reader X (версия 10), которую можно бесплатно скачать в Интернете.

С вопросами обращайтесь в Службу поддержки пользователей >>

Дисциплина: Техника высоких напряжений
Группа: З-5А10 - Электроэнергетика и электротехника
Семестр: 8
Показать

Группа: З-5А10 (КЗФ) ; **Курс**:4; **Текущий семестр**:7; **Текущая сессия**: зимняя

Техника высоких напряжений (140400) (Авторы: Мытников А.В.)
Скачать пособие

ИНСТИТУТ ДИСТАНЦИОННОГО ОБРАЗОВАНИЯ

Материалы предназначены для использования в учебных целях студентами Института дистанционного образования ТПУ

6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1. Основная литература

1. Важов В.Ф. Техника высоких напряжений: учеб. пособие / В.Ф. Важов [и др.]. – Томск: Изд-во ТПУ, 2013. – 232 с.
2. Техника высоких напряжений / под ред. Д.В. Разевига. – М.: Энергия, 1976. – 488 с.
3. Техника высоких напряжений / под ред. М.В. Костенко. – М.: Высшая школа, 1973.– 528 с.
4. Шваб А. Измерения на высоком напряжении. – М.: Энергия, 1973. – 233 с.
5. Мирдель Г. Электрофизика. – М.: Мир, 1972. – 608 с.
6. Важов В.Ф. Руководство к лабораторным работам по технике высоких напряжений / В.Ф. Важов [и др.]. – Томск: Изд. ТПУ, 2000.– 76 с.
7. Байер М. Техника высоких напряжений: теоретические и практические основы применения / М. Байер [и др.]. – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 555 с.
9. Ларионов В.П., Базуткин В.В., Пинталь Ю.С. Техника высоких напряжений. – Энергоатомиздат, 1986. – 464 с.

6.2. Литература дополнительная

11.Куртенков Г.Е. Основы проектирования изоляции высоковольтного оборудования: учебное пособие. – Томск: Изд-во НТЛ, 1999. – 276 с.
12.Леонтьев Ю.Н. Высоковольтные испытательные и электрофизические установки. Высоковольтные измерения. – Томск, ТПУ, 1993. – 93 с.

ИНСТИТУТ ДИСТАНЦИОННОГО ОБРАЗОВАНИЯ
Материалы предназначены для использования в учебных целях студентами Института дистанционного образования ТПУ

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

УТВЕРЖДАЮ
Директор ИДО
_____ С.И. Качин
«____» _____ 2013 г.

ТЕХНИКА ВЫСОКИХ НАПРЯЖЕНИЙ

Методические указания и индивидуальные задания
для студентов ИДО, обучающихся по направлению
140400 «Электроэнергетика и электротехника»,
профиль «Электроэнергетические системы и сети»

Составитель
А.В. Мытников

Семестр	**8**
Кредиты	4
Лекции, часов	8
Лабораторные работы, часов	6
Индивидуальные задания	1
Самостоятельная работа, часов	94
Формы контроля	зачет

Издательство
Томского политехнического университета
2013

ИНСТИТУТ ДИСТАНЦИОННОГО ОБРАЗОВАНИЯ
Материалы предназначены для использования в учебных целях студентами Института дистанционного образования ТПУ

ОГЛАВЛЕНИЕ

1. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОСНОВНОЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ 4
Результаты освоения дисциплины 5
2. СОДЕРЖАНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКОГО РАЗДЕЛА ДИСЦИПЛИНЫ 6
Тема 1. Введение 6
Тема 2. Электрофизические процессы в диэлектрических средах 6
Тема 3. Получение и измерение высоких напряжений 7
Тема 4. Изоляция высоковольтного оборудования и контроль ее состояния 8
Тема 5. Перенапряжения в электрических системах 9
3. СОДЕРЖАНИЕ ПРАКТИЧЕСКОГО РАЗДЕЛА ДИСЦИПЛИНЫ 10
3.1. Перечень лабораторных работ 10
4. ИНДИВИДУАЛЬНЫЕ ДОМАШНИЕ ЗАДАНИЯ 11
4.1. Общие методические указания по выполнению индивидуального задания 11
4.2. Варианты индивидуальных заданий 11
4.3. Вопросы и задачи по теме «Электрофизические процессы в газах, изоляции электрических установок, высоковольтное оборудование» 13
Задача 1 25
Задача 2 28
Задача 3 30
Задача 4 31
5. ПРОМЕЖУТОЧНЫЙ КОНТРОЛЬ 34
5.1. Вопросы для подготовки к зачёту 34
5.2. Образец билета к зачету по дисциплине «Техника высоких напряжений» 38
6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ 39
6.1. Основная литература 39
6.2. Литература дополнительная 39

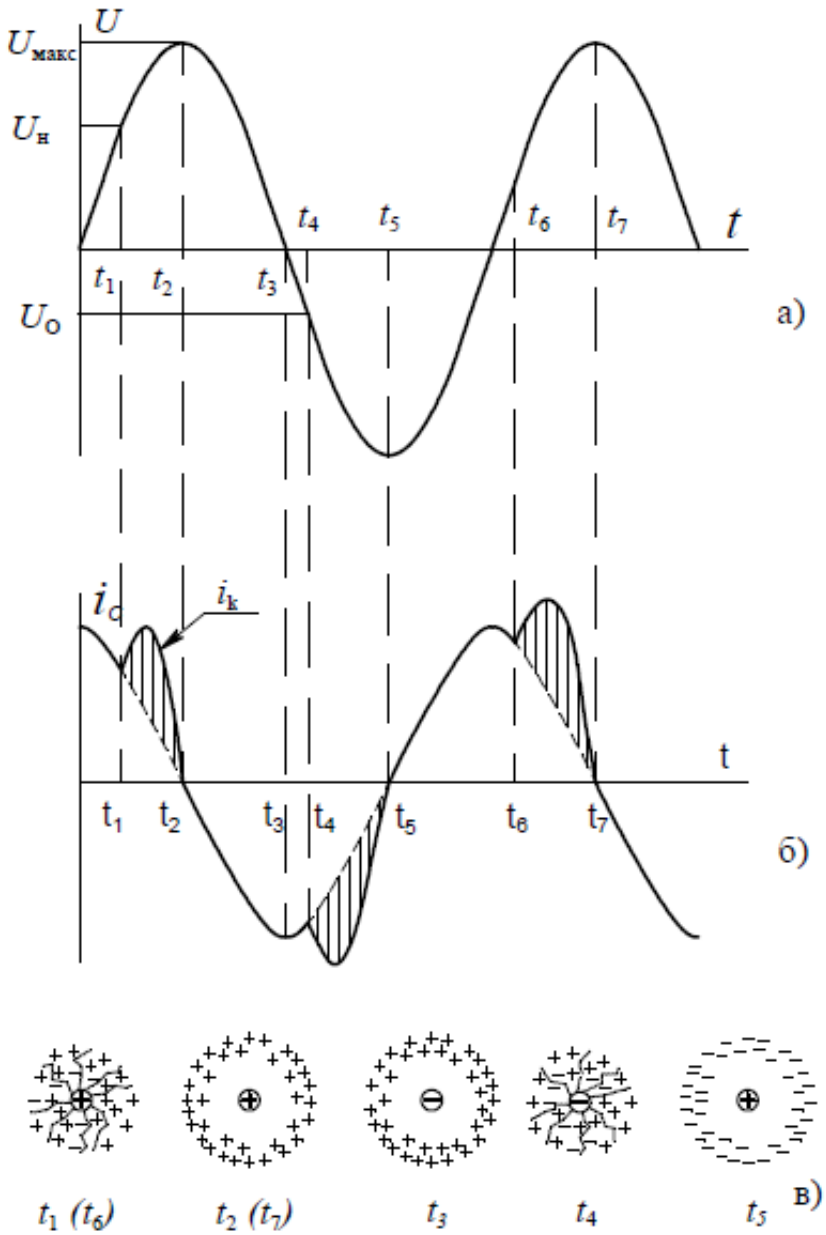
КОМПЛЕКТ ЭЛЕКТРОННЫХ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ
ОГЛАВЛЕНИЕ ЗАКРЫТЬ

Задача 1

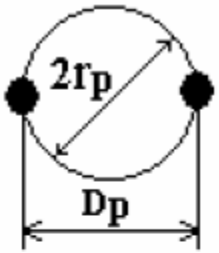
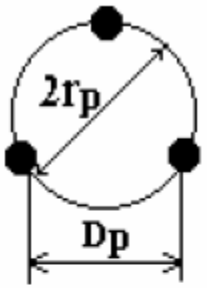
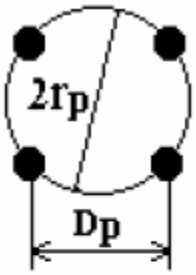
Определить потери энергии на корону и среднегодовую мощность потерь для трехфазной линии переменного напряжения с горизонтальным расположением проводов

Наименование		Значение в соответствии с номером варианта
$U_{НОМ,}$ кВ	номинальное напряжение линии	500
	Число и марка проводов в фазе	2 х АС-400
r_0, см	радиус одиночного провода	1,36
$D_Р$, см	расстояние между проводами фазы	40
а, м	расстояние между соседними фазами	10,5
$h_{х.п}$, час	продолжительность хорошей погоды	7235
$h_Т$, час	продолжительность тумана	375
$h_И$, час	продолжительность инея, гололёда и изморози	225
$h_Д$, час	продолжительность дождя и мокрого снега	425
$h_{СН}$, час	продолжительность сухого снега	500
$J_Д$, мм/ч	средняя интенсивность дождя и мокрого снега	0,2
$3J_{СН}$, мм/ч	средняя интенсивность сухого снега	0,8

Коронный разряд



Развитие короны при переменном напряжении

	Характеристика провода			
	Число проводов в фазе n	2	3	4
2	Эквивалентный радиус $r_э$	$\sqrt{r \cdot D_p}$	$\sqrt[3]{r \cdot D_p^{\,2}}$	$\sqrt[8]{2} \cdot \sqrt[4]{r \cdot D_p^{\,3}}$
1	Радиус расщепления $r_р$	$\frac{D_p}{2}$	$\frac{D_p}{\sqrt{3}}$	$\frac{\sqrt{2}}{2} D_p$
3	$\kappa_У = \frac{E_{max}}{Eср}$	$1 + 2\frac{r}{D_p}$	$1 + 2\sqrt{3}\frac{r}{D_p}$	$1 + 3\sqrt{2}\frac{r}{D_p}$

4 $$E_K = 23{,}3 \cdot m \cdot \delta \cdot \left[1 + \frac{0{,}62}{(r \cdot \delta)^{0{,}38}}\right],$$

Коэффициент гладкости провода:

m = 0,85 – хорошая погода;
m = 0,7 – туман;
m = 0,6 - иней;

Дождь и снег – по графику в зависимости от интенсивности

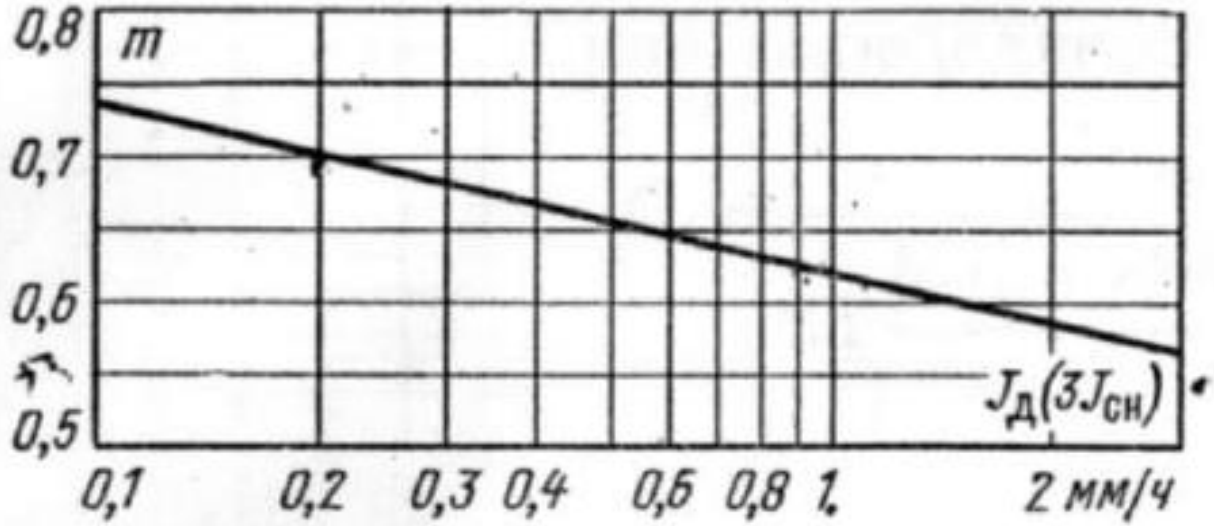


Рис. 3-10. Зависимость коэффициента гладкости m от средней интенсивности дождя $J_д$ или сухого снега $J_{сн}$.

5

Средне геометрическое расстояние между фазами:

$$d = \sqrt[3]{2a^3}$$

Рабочая емкость фаз ($C_1 = C_3$, $C_2 = 0{,}05 * C_1$):

6

$$C = \frac{2 \cdot \pi \cdot \varepsilon \cdot \varepsilon_0}{\ln \frac{d}{r_Э}},$$

Внимание на размерность d и r - в метрах или сантиметрах!

Критическое напряжение начала короны:

7

$$U_K = \frac{2 \cdot \pi \cdot \varepsilon \cdot \varepsilon_0 \cdot n \cdot r_0 \cdot E_K}{K_У \cdot C},$$

Эквивалентная емкость объемного заряда короны:

8

$$C_Э = \frac{2 \cdot \pi \cdot \varepsilon \cdot \varepsilon_0}{\ln \frac{\sqrt{r_p^2 + 2{,}5 \cdot K \cdot C \cdot U_к / \delta \cdot \varepsilon \cdot \varepsilon_0 \cdot \omega}}{r_Э}},$$

9

$$U_{\Phi} = \frac{U_{НОМ} \cdot \sqrt{2}}{\sqrt{3}}$$

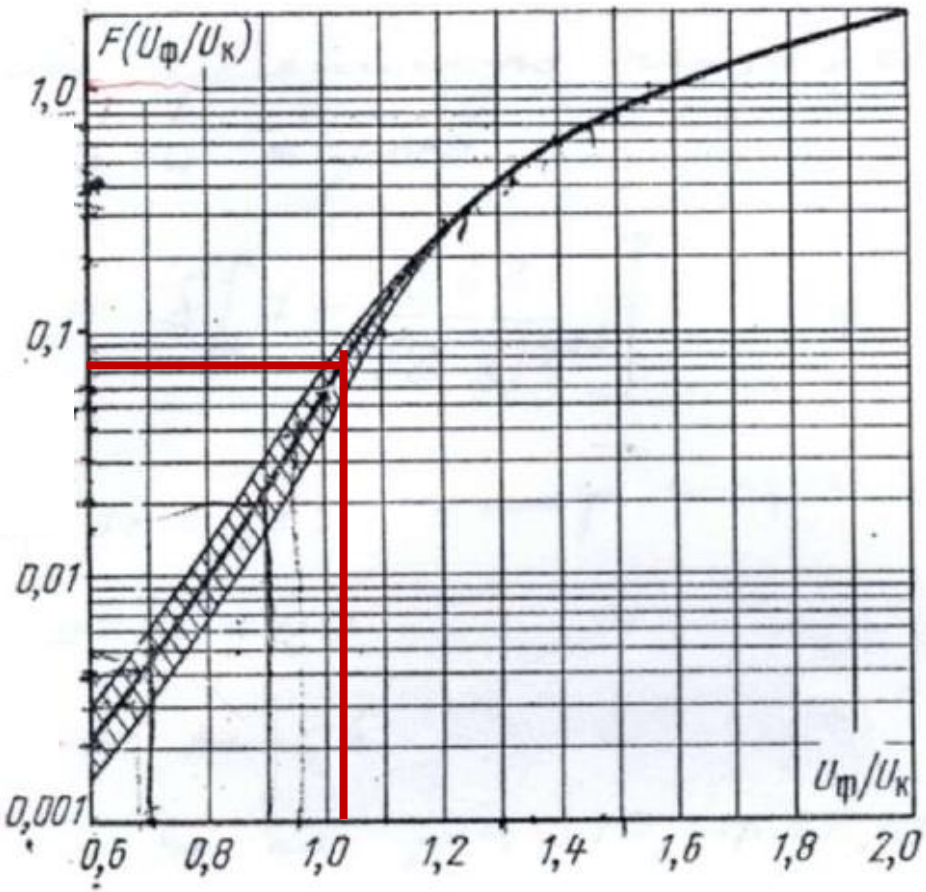


Рис. 3-11. Функция $F\left(\frac{U_{\Phi}}{U_{к}}\right)$ в формуле для определения потерь на корону (3-19).

Потери на корону:

10

$$P = 350 \cdot \omega \cdot \frac{C^2}{C_Э - C} \cdot U_К{}^2 \cdot F(U_Ф / U_К),$$

Потери на корону линии за год:

11

$$A = P_{Х.П.} \cdot h_{Х.П.} + P_Т \cdot h_Т + P_И \cdot h_И + P_Д \cdot h_Д + P_{СН} \cdot h_{СН}$$

Средняя за год мощность потерь:

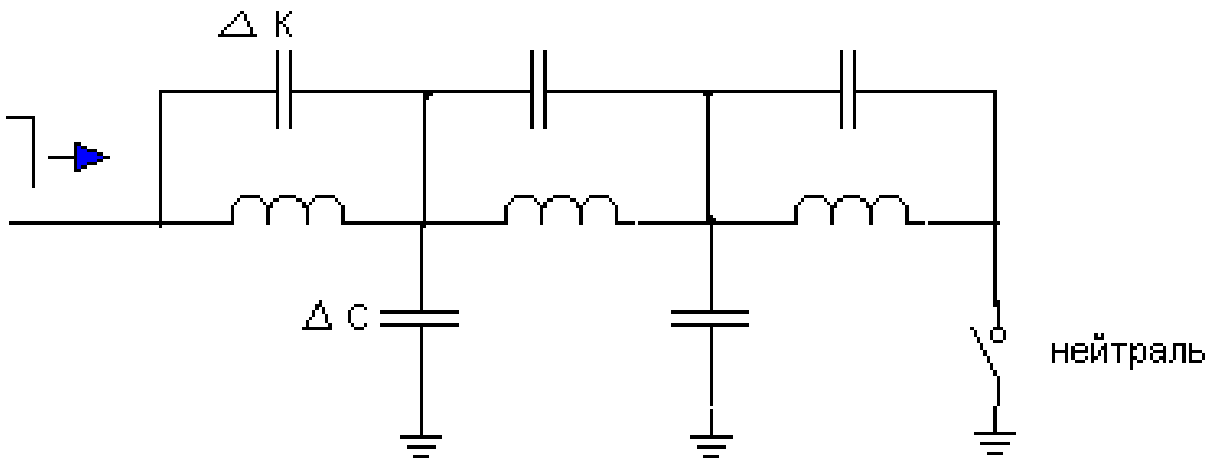
12

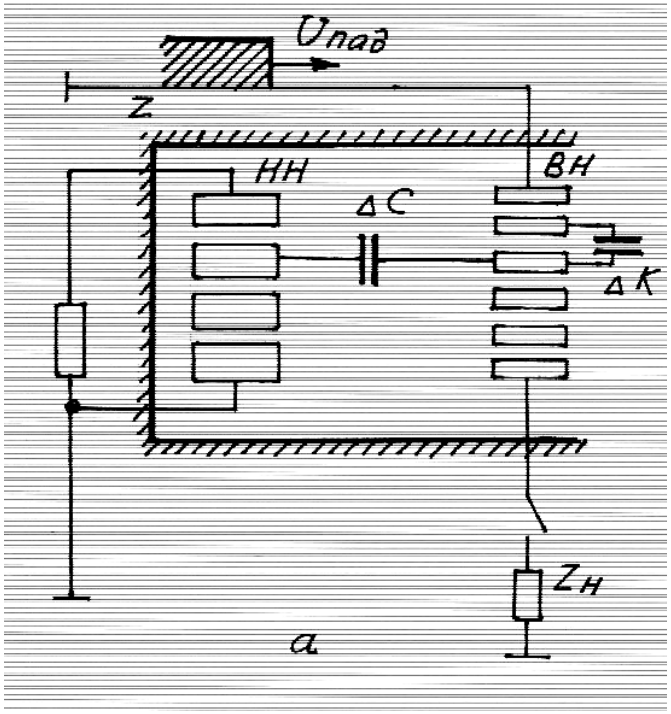
$$P_{СР} = A/8760.$$

Задача 2

Рассчитать и построить кривую ёмкостного (начального) распределения напряжения (U_C) кривую максимальных потенциалов ($U_{МАКС}$) вдоль обмотки трансформатора в координатах U_O, n/N , при воздействии прямоугольной , бесконечно длинной волны напряжения с амплитудой U_O.

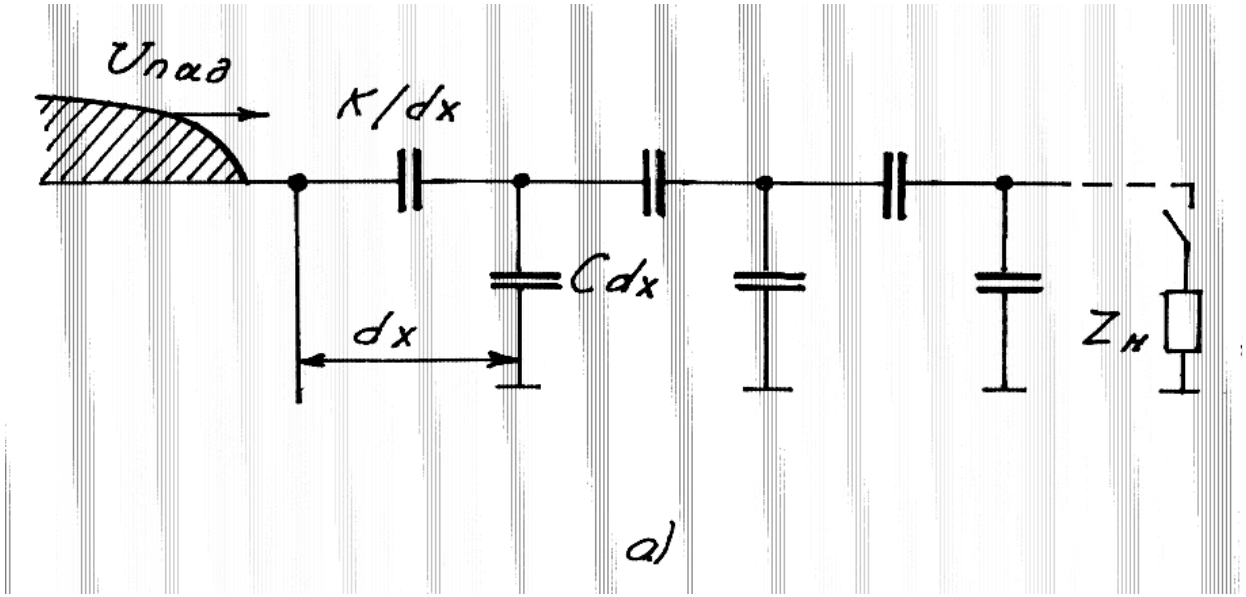
– Общее число элементов схемы замещения обмотки трансформатора - N,
– Число элементов, где определяется величина U_C и $U_{МАКС}$ –n.
– Ёмкость одного элемента на землю - ΔC ,
– Собственная ёмкость каждого элемента вдоль трансформатора – ΔK
– Режим нейтрале трансформатора: заземленная / изолированная





Конструктивная схема однофазной катушечной обмотки (*а*) и электрическая схема замещения (*б*) высоковольтного трансформатора; Z_H – сопротивление нейтрали трансформатора

1. Начальное распределение напряжения вдоль обмотки трансформатора в начальный момент (*t = 0*)



Начальное распределение напряжения по обмотке трансформатора:
а) электрическая схема замещения для начального процесса (t = 0);
б) распределение напряжения вдоль обмотки для *t* = 0.

2. Установившийся режим (или принуждённый режим) для импульсной прямоугольной волны напряжения этот режим соответствует длительному времени приложения *t* → ∞.

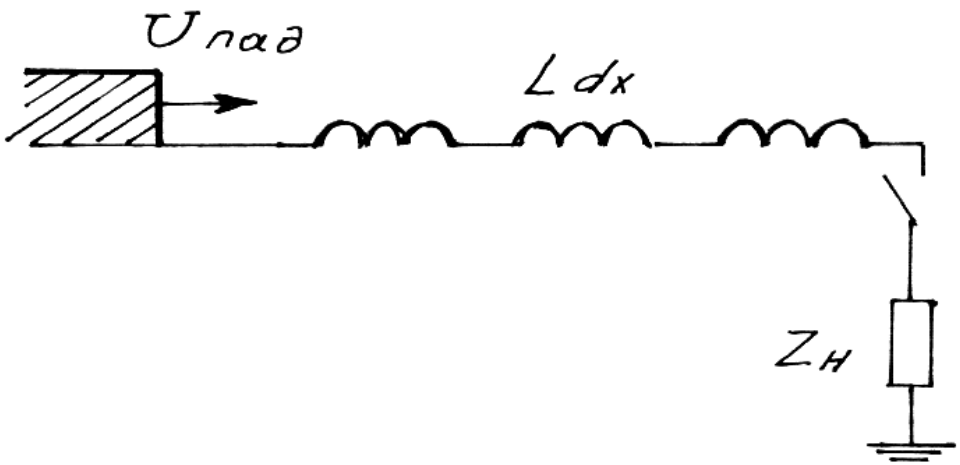


Схема замещения обмотки трансформатора в установившемся режиме

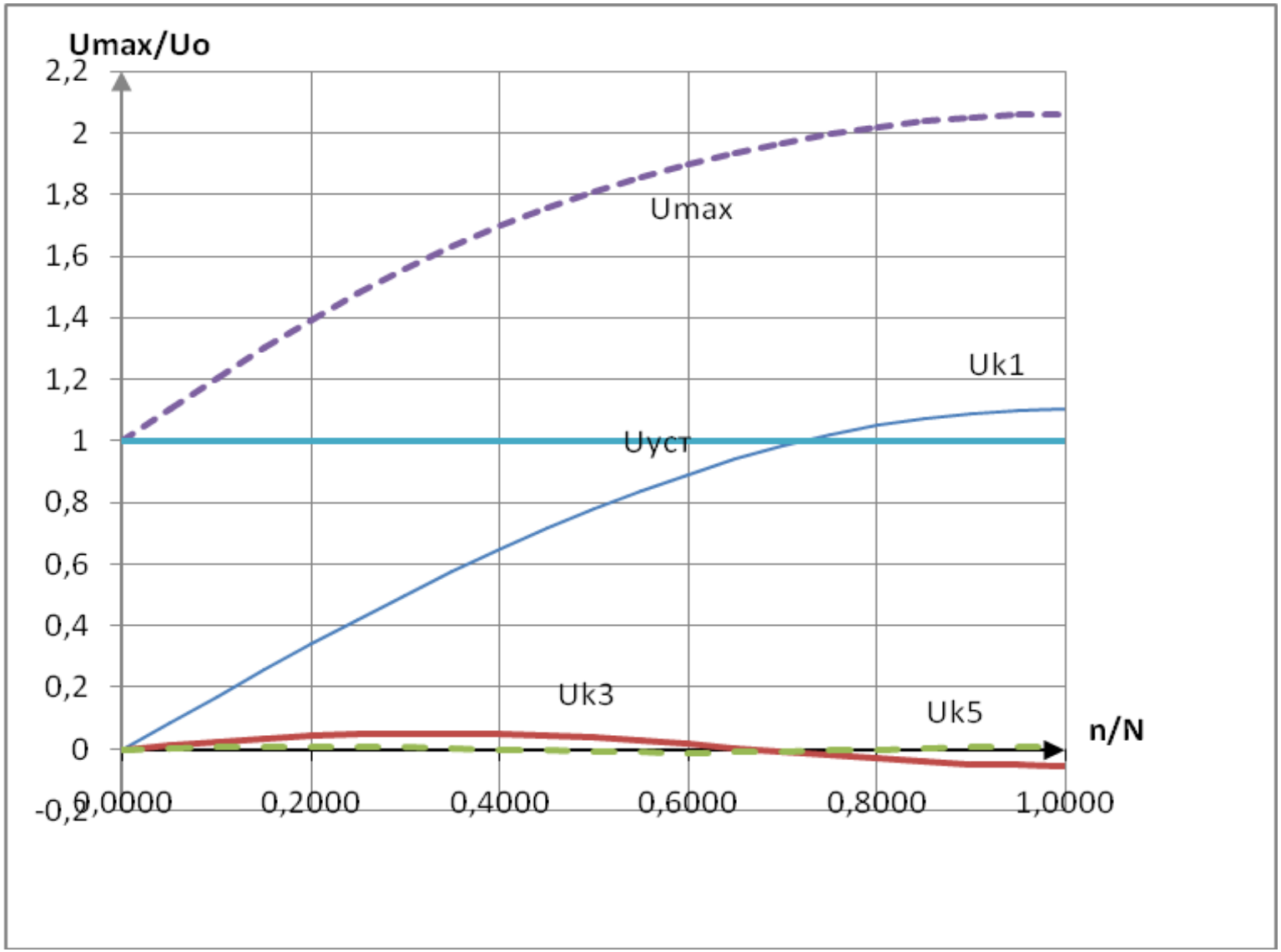
РАСЧЕТЫ ГАРМОНИК:

$$U_k = U_{k\,max} \cdot \sin(\omega \cdot n)$$

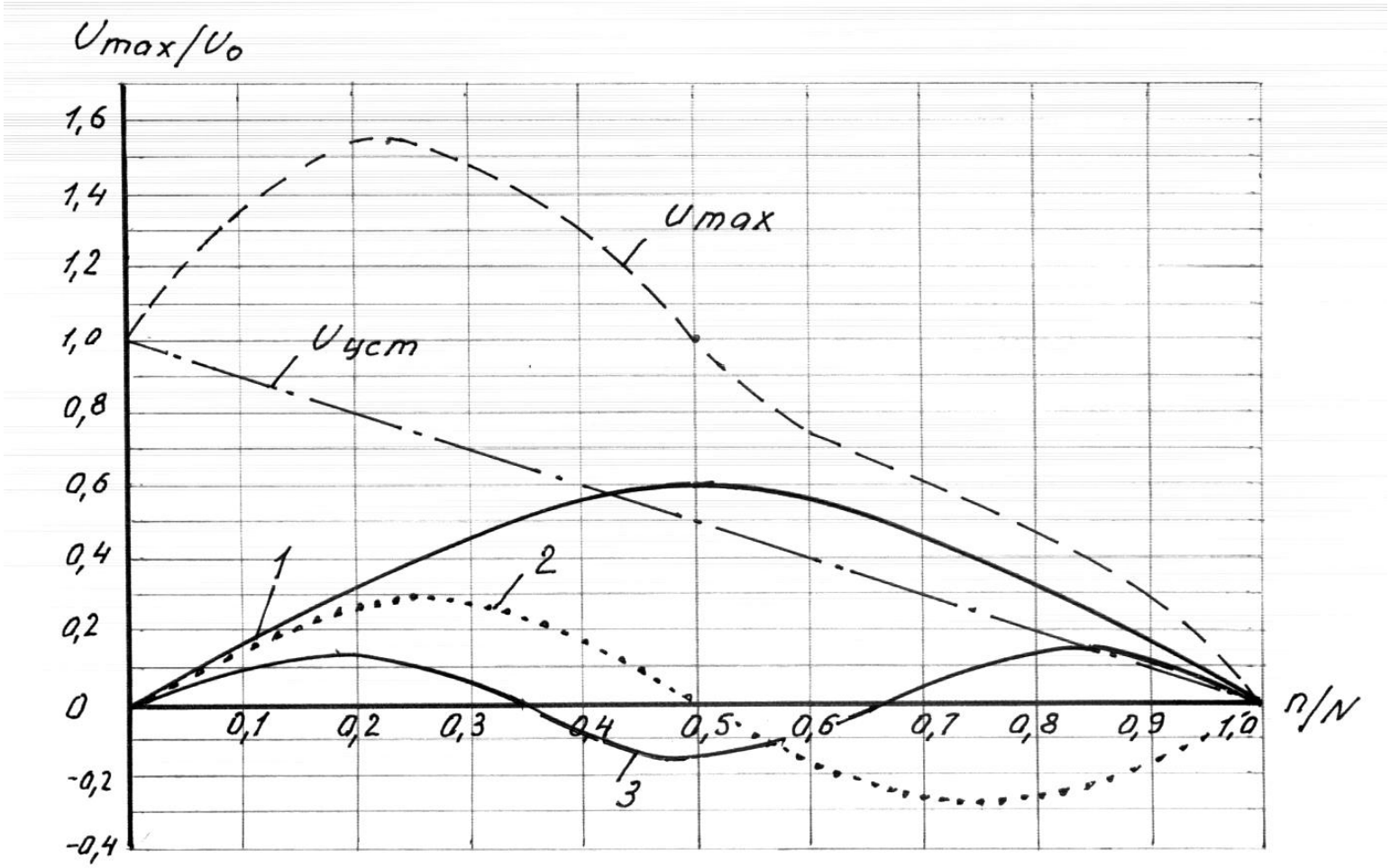
$$\omega = \frac{2\pi}{T}$$

Изолированная нейтраль (К = 1, 3, 5)	**Заземленная нейтраль** (К = 1, 2, 3)
1 гармоника - $\mathrm{T} = 4 \cdot N$	1 гармоника - $\mathrm{T} = 2 \cdot N$
3 гармоника - $\mathrm{T} = \frac{4}{3} \cdot N$	2 гармоника - $\mathrm{T} = N$
5 гармоника - $\mathrm{T} = \frac{4}{5} \cdot N$	3 гармоника - $\mathrm{T} = \frac{2}{3} \cdot N$

Изолированная нейтраль



Заземленная нейтраль

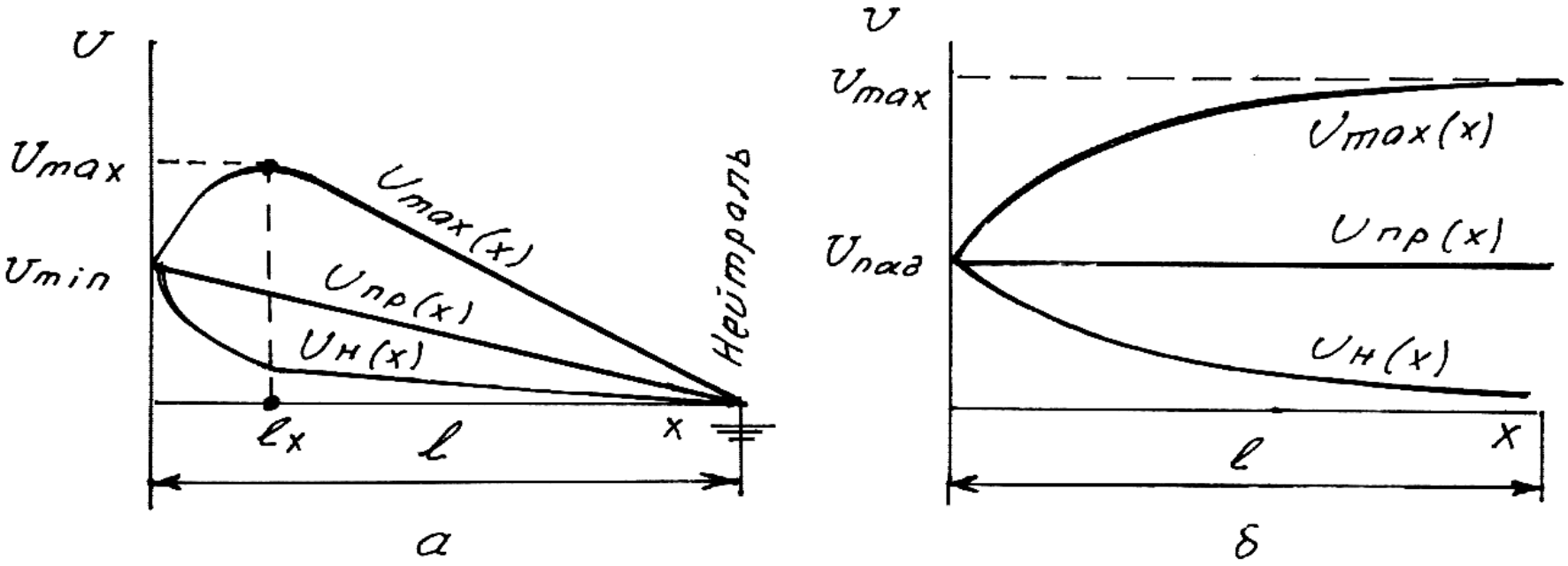


Построение кривой максимальных потенциалов:

1- начальное распределение напряжения; 2- установившееся распределение напряжения;

3- огибающая максимальных потенциалов;

$U_{уст}$ – установившееся напряжение; U_{max} – максимальное напряжение



Распределение напряжения вдоль обмотки трансформатора в разных стадиях:

а – сопротивление нейтрали равно нулю (нейтраль заземлена);

б – сопротивление нейтрали равно бесконечности (нейтраль изолированна).

Перенапряжения в переходном режиме **опасны** для главной изоляции, поэтому главная изоляция трансформатора должна быть усилена:

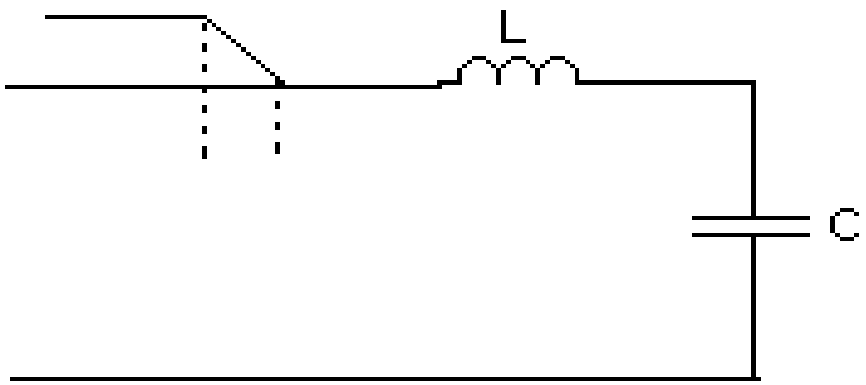
• для **заземлённой нейтрали** в начальной части обмотки (1/3 от начала обмоток);

•для **изолированной нейтрали** усиление необходимо производить по всей длине, но особенно в конце обмотки.

Задача 3

Рассчитать и построить форму волны на шинах подстанции, схема замещения которой содержит последовательно соединенные индуктивность L и ёмкость C. Набегающая волна имеет косоугольный фронт $t_ф$ и постоянную амплитуду U_0.

Значение времени t задавать от 0 до 2T с шагом 1/8T.

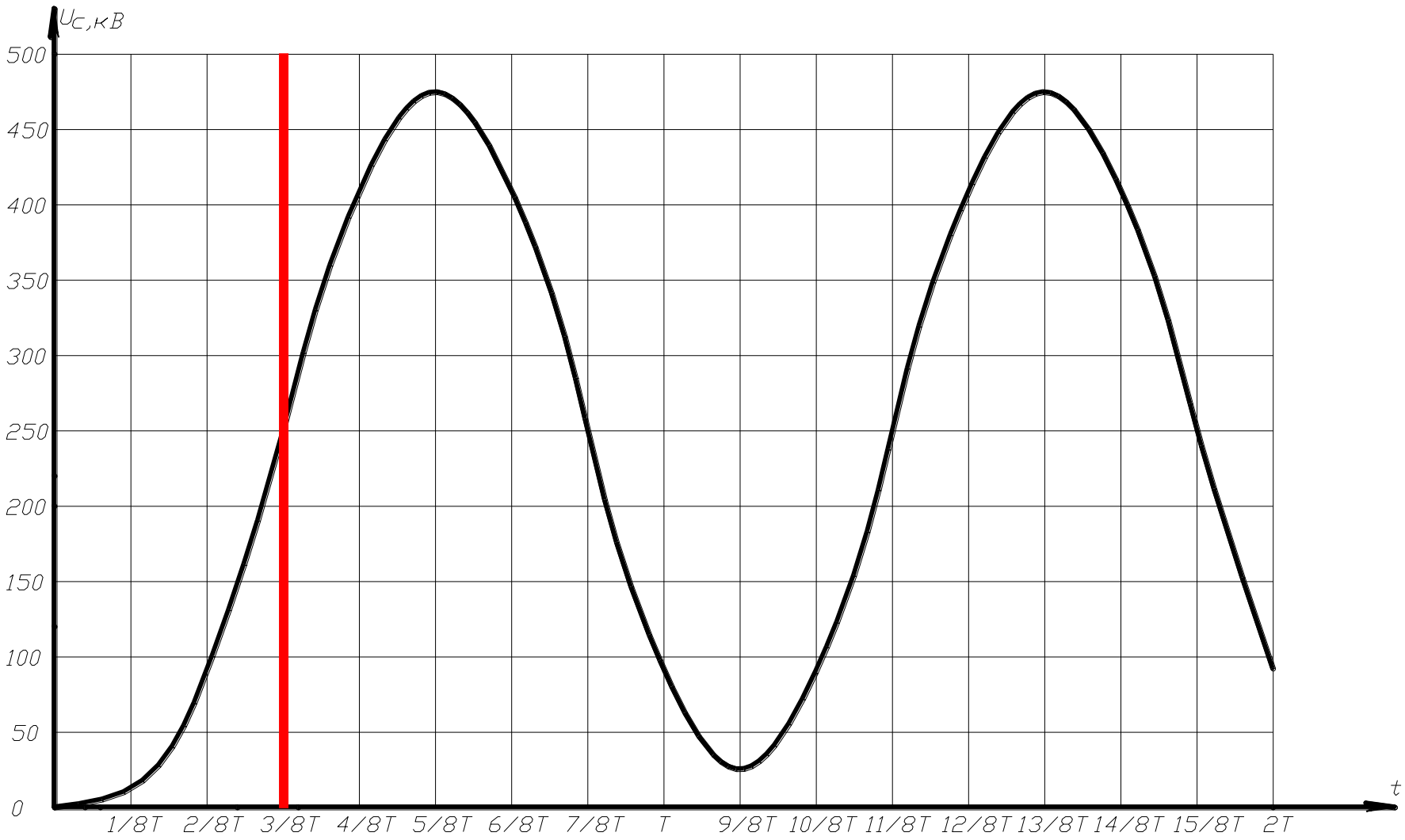


Напряжение при косоугольной волне для времени $t \le t_ф$ находим по формуле

$$U_C = a \cdot t - \frac{a}{\omega} \sin \omega t$$

Для значений времени $t \ge t_ф$ расчёт U_c ведём по формуле

$$U_C = U_0 \left[1 - \frac{\sin \frac{\pi \cdot t_ф}{T}}{\frac{\pi \cdot t_ф}{T}} \cos \omega \left(t - \frac{t_ф}{2} \right) \right]$$


Uc,кВ
500
450
400
350
300
250
200
150
100
50
0
t
1/8T
2/8T
3/8T
4/8T
5/8T
6/8T
7/8T
T
9/8T
10/8T
11/8T
12/8T
13/8T
14/8T
15/8T
2T

Задача 4

Рассчитать удельное число отключений линии на железобетонных опорах.

№ варианта	Значение согласно номеру варианта
$U_{ном.}$ линии, кВ	110
Средняя высота троса в пролете, м	15
Защитный угол, град.	30
Сопротивление заземления опоры, Ом	10
Длина пролета, м	200
Расстояние трос-провод в пролете, м	4
Число тросов	1
Высота опоры, м	19

$$n = 0{,}18h(0{,}5V_{ПЕР\,1}\cdot\eta_1 + 0{,}5V_{ПЕР\,2}\cdot\eta_2 + V_\alpha\cdot V_{ПЕР\,3}\cdot\eta_1),$$

1) **Перекрытие при ударе в опору**
2) **Перекрытие при ударе в провод (в пролете)**
3) **Перекрытие трос-провод при ударе в пролете**

$V_{ПЕР}$ - вероятность перекрытия изоляции

η - вероятность импульсного перекрытия в устойчивую силовую дугу

$E_{РАБ} = U_{РАБ}/l_{ПЕР}$, кВ$_{ДЕЙСТ.}$/м	50	30	20	10
η	0,6	0,45	0,25	0,1

- Определение числа изоляторов в гирлянде на номинальное напряжение.
- Определение длины гирлянды
- Определение 50% разрядного напряжения

Таблица 11-1

Импульсные разрядные напряжения гирлянд изоляторов (данные НИИПТ)

Тип изолятора	Число изоляторов в гирлянде	Импульсные разрядные напряжения, кв$_{макс}$			
		50%-ное		при 3 *мксек*	
		положительная полярность	отрицательная полярность	положительная полярность	отрицательная полярность
П-4,5	6	570	570	790	780
	7	665	645	905	880
	10	930	860	1 250	1 160
	12	1 000	1 000	1 450	1 340
	14	1 270	1 140	1 630	1 490
	18	1 600	1 400	1 940	1 750
П-7	6	510	560	660	630
	7	595	645	770	735
	10	850	870	1 100	1 040
	12	1 020	1 000	1 320	1 235
	14	1 190	1 130	1 540	1 425
	18	1 500	1 370	1 980	1 795
	20	1 640	1 485	2 200	1 980
П-8,5	6	610	660	800	780
	7	710	745	930	885
	10	1 000	1 000	1 300	1 170
	12	1 200	1 130	1 540	1 320
	14	1 400	1 230	1 770	1 460
	18	1 750	1 400	2 230	1 720
ПМ-4,5	6	510	525	690	690
	7	600	600	800	785
	10	870	830	1 130	1 050
	12	1 040	980	1 340	1 200
	14	1 210	1 120	1 550	1 350
	18	1 530	1 390	1 970	1 670
	20	1 690	1 520	2 170	1 820
	22	1 850	1 650	2 370	1 960
ПС-4,5*	6	480	490	510	580
	7	555	560	635	665
	10	770	750	940	900
	12	900	865	1 110	1 040
	14	1 030	980	1 260	1 170
	18	1 290	1 200	1 550	1 420
	20	1 420	1 310	1 680	1 540
	22	1 550	1 410	1 810	1 660
ПС-8,5*	6	480	500	650	640
	7	565	570	760	730
	10	820	780	1 060	990
	12	990	920	1 260	1 140
	14	1 150	1 050	1 430	1 280
	18	1 470	1 300	1 740	1 530

*Из щелочного закаленного стекла.

Вероятность перекрытия при ударе в опору

$$I_З \cong \frac{U_{50\%}}{R + \delta \cdot h_{оп}}, \qquad V_{ПЕР1} = 10^{-\frac{I_З}{60}} = e^{-\frac{I_З}{26}},$$

Вероятность перекрытия трос-провод при ударе в пролете

$$a_{кр} \geq \frac{2250 \cdot S}{(1 - K_д) \cdot l}, \ \frac{\text{кА}}{\text{мкс}}; \qquad V_{ПЕР2} = 10^{-\frac{a_{КР}}{36}} = e^{-\frac{a_{КР}}{15,7}},$$

Вероятность перекрытия при ударе в провод

$$I_{З\,ПР} = U_{50\%}/100, \ \text{кА}. \qquad V_{ПЕР3} = 10^{-\frac{I_{З\ ПР}}{60}},$$

$$\lg V_\alpha = \frac{\alpha\sqrt{h_{оп}}}{90} - 4,$$

ТЕХНИКА ВЫСОКИХ НАПРЯЖЕНИЙ

Главная > Персональные сайты > Соловьев Михаил Александрович > Учебная деятельность

Соловьев Михаил Александрович
кандидат технических наук

Управление проректора по образовательной деятельности, Заместитель проректора по образовательной деятельности
Кафедра электроэнергетических систем, Доцент

Тел.: 8 (3822) 60-62-50, 60-60-26
Вн. телефон: 1011
E-mail: solo@tpu.ru

Студенту очной формы обучения | **Студенту заочной формы обучения**

Новая вкладка

- Рабочая программа дисциплины
- Курс лекций для студентов ИДО (пособие)
- Установочная лекция
- Вопросы к экзамену по дисциплине "Техника высоких напряжений"
- Конспект лекции - Внешняя изоляция (разряды в газах)
- Конспект лекции - Внутренняя изоляция (жидкие и твердые диэлектрики)
- Конспект лекции - Внутренняя изоляция (осн. положения)
- Конспект лекции - Перенапряжения