

Министерство энергетики Российской Федерации
 Министерство образования и науки Российской Федерации
 ФГБОУ ВПО «Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина»
 Открытое акционерное общество «Системный оператор Единой энергетической системы» (ОАО «СО ЕЭС»)
 НП «Российский национальный комитет Международного Совета по большим электрическим системам
 высокого напряжения» (РНК СИГРЭ)
 Фонд «Надежная смена» ЗАО «Шнейдер электрик»

ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА-2014

МЕЖДУНАРОДНАЯ СТУДЕНЧЕСКАЯ ОЛИМПИАДА
ПО ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКЕ, г.Иваново, 18-22 ноября 2014 г.

ШИФР:	
Задача 1	15 баллов

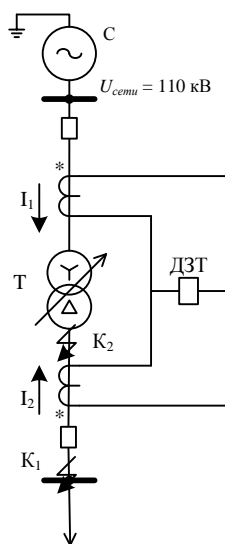


Рис.1

На трансформаторе установлена дифференциальная токовая защита с торможением (рис.1). Характеристика срабатывания защиты представлена на рис.2.

Рассчитать коэффициент торможения характеристики срабатывания и оценить чувствительность защиты.

Исходные данные:

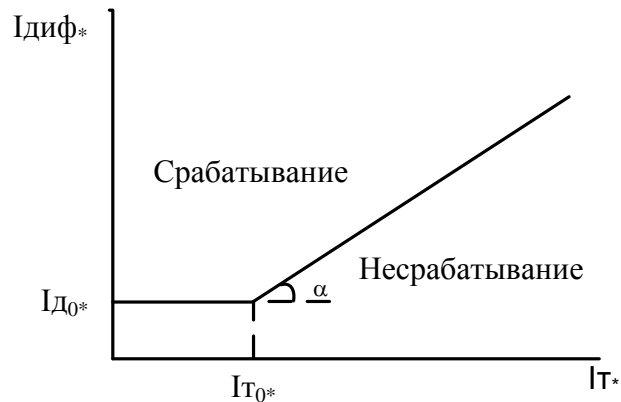


Рис.2

$$I_{диф} = |I_1 + I_2|, \quad I_T = 0,5 \cdot (|I_1| + |I_2|)$$

Минимальный ток срабатывания $I_{Д0*} = 0,3$ о.е.

Ток начала торможения $I_{Т0*} = 1$ о.е.

Максимальный сквозной ток внешнего КЗ $I_{внеш.макс*} = 3,5$ о.е.

Минимальный ток внутреннего КЗ $I_{внутр.мин*} = 2,5$ о.е.

Коэффициент отстройки $K_{отс} = 1,3$, коэффициент, учитывающий переходный процесс

$K_{пер} = 2$, погрешность ТТ $\varepsilon = 0,1$, коэффициент однотипности ТТ $K_{одн} = 1$, погрешность регулирования под напряжением $\Delta U^* = 0,16$ о.е., погрешность выравнивания $\Delta f_{выр} = 0,02$.

$K_{ч.мин.доп} = 2$.

Решение

ШИФР:	
Задача 2	35 баллов

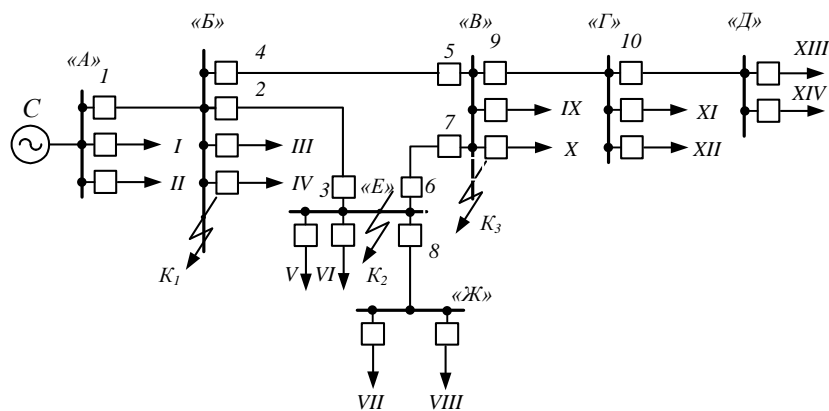


Рис. 2

Исходные данные: $I_{K1\max}^{(3)} = 2,8 \text{ кА}$; $I_{\text{защ.}K1\min}^{(2)} = 1,8 \text{ кА}$;
 $I_{\text{защ.}K2\min}^{(2)} = 1,2 \text{ кА}$; $I_{\text{защ.}K3\min}^{(2)} = 0,63 \text{ кА}$; $I_{\text{раб.макс}} = 0,2 \text{ кА}$.

Для защиты: $\Delta t = 0,5 \text{ с}$; $K_{\text{зан}} = 1,5$; $K_{\text{в}} = 0,95$; $K_{\text{отсМТЗ}} = 1,2$;
 $K_{\text{отсТО}} = 1,3$.

Время срабатывания защит отходящих линий I - XIV
указано в таблице.

t_I	t_{II}	t_{III}	t_{IV}	t_V	t_{VI}	t_{VII}	t_{VIII}	t_{IX}	t_X	t_{XI}	t_{XII}	t_{XIII}	t_{XIV}
1	1,1	0,9	2,7	0,5	2,1	0	0,5	2,2	1,5	1,8	0,8	1,5	1

На линиях сети 35 кВ (рис.2) установлены направленные и ненаправленные токовые ступенчатые защиты с независимой характеристикой выдержки времени.

1. Определить, какие защиты принять направленными.

2. Выбрать выдержки времени максимальных токовых защит 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 в сети.

3. Выбрать $I_{\text{сзТО1}}$ и $I_{\text{сзМТЗ1}}$. Привести методику выбора уставок.

4. Оценить чувствительность МТЗ защиты 1.

Решение

ШИФР:	
Задача 3	15 баллов

Подстанция получает питание по воздушной ЛЭП 10 кВ, выполненной проводом АС–50/8 ($r_0 = 0,603$ Ом/км; $x_0 = 0,388$ Ом/км) протяженностью 5 км. Передаваемая по ЛЭП мощность составляет $1200 + j \cdot 1050$ кВ·А.

Требуется: определить мощность конденсаторной батареи, которую необходимо установить на стороне 10 кВ подстанции, чтобы потери напряжения снизились до значения 5 % от $U_{ном}$.

Решение

ШИФР:	
Задача 4	35 баллов

На подстанции установлены два трансформатора ТДН-16000/110 ($\Delta P_{кз} = 85$ кВт, $\Delta P_{xx} = 19$ кВт), работающие параллельно. График изменения нагрузки в течение года приведен на рис. 1. Наибольшая нагрузка подстанции $P_1 = 20$ МВт. В течение года наименьшая нагрузка $P_2 = \alpha \cdot P_1$, значение α изменяется в диапазоне $0,3 \div 0,6$. Коэффициент мощности не изменяется в течение года и равен $0,9$.

Требуется:

1. Определить при каких значениях α экономически целесообразно отключение одного из трансформаторов при наименьшей нагрузке.
2. Определить потери активной мощности и электроэнергии в трансформаторах за год при отключении одного из трансформаторов в режиме наименьшей нагрузки (при $\alpha = 0,3$).

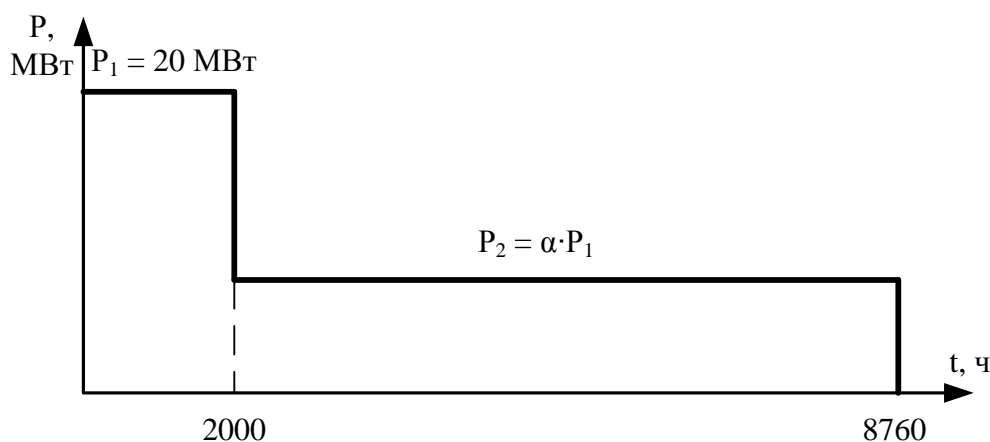


Рис.1. График изменения активной нагрузки

Решение

ШИФР:	
Задача 5	15 баллов

К шинам 10 кВ ГПП (рис.1) подключена нагрузка группы цехов предприятия с $\dot{S}_p = 12365 + j8084 \text{ кВ} \cdot \text{А}$. К этим же шинам подключены два синхронных двигателя типа СТД, мощностью каждый $P_H = 800 \text{ кВт}$, работающие с опережающим $\cos \varphi_H = 0,9$ и коэффициентом загрузки по активной мощности $\beta = 0,85$.

Определить тип и необходимую мощность БСК 10 кВ, исходя из условия, что значение $\text{tg } \varphi$, на шинах 10 кВ не должно превышать 0,3.

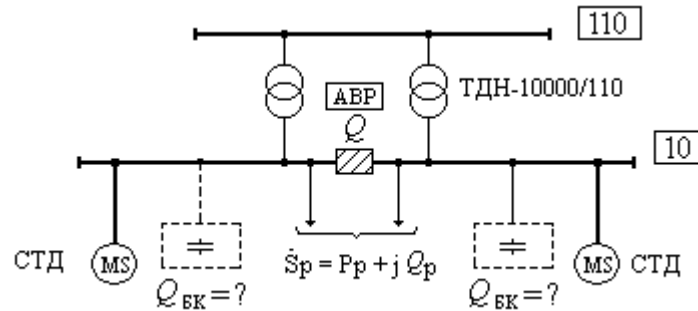


Рис. 1

Решение

ШИФР:	
Задача 6	35 баллов

К шинам 10 кВ существующей ГПП (рис.1) подключается новая дуговая сталеплавильная печь ДСП-5.

Требуется:

- определить размах изменения напряжения в точке подключения ДСП-5 (секция шин 10 кВ) для режима работы трансформаторов T_1 и T_2 , указанного на рис.1;
- сделать вывод о допустимости колебаний напряжения, приняв длительность периода расплава 10 мин, а частоту колебаний напряжения $0,3 \text{ с}^{-1}$.

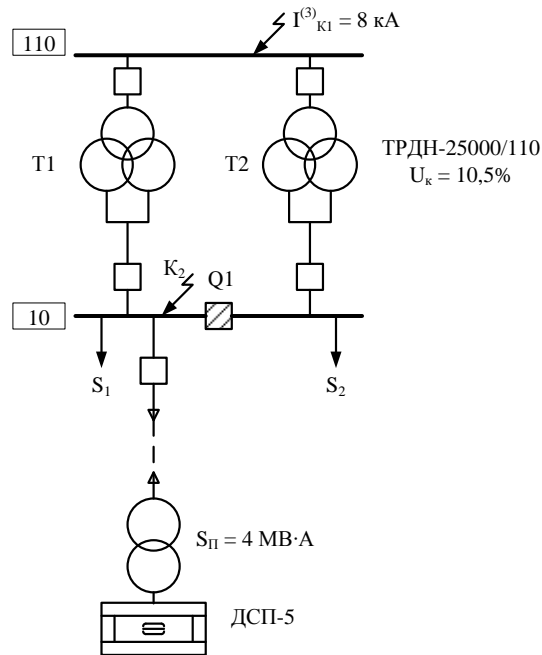


Рис. 1.

Решение

ШИФР:	
Задача 7	15 баллов

Высоковольтные вводы трехфазной электротехнической установки номинальным напряжением 35 кВ выполнены в виде коаксиальной цилиндрической системы с двухслойной изоляцией. Первый слой – бакелит ($\epsilon=3,5$), второй слой – кремнийорганическая резина ($\epsilon=7$). Рассчитайте значения напряженностей электрического поля на границах изоляционных слоев и в серединах слоев изоляции высоковольтных вводов при воздействии номинального напряжения промышленной частоты.

Исходные данные:

- радиус токоведущего стержня – 4 мм;
- внешний радиус первого слоя – 14 мм;
- внешний радиус второго слоя – 20 мм.

Решение

ШИФР:	
Задача 8	35 баллов

После удара молнии в воздушную ЛЭП по ней распространяется волна напряжения с амплитудой 600 кВ. На расстоянии 1 км от места удара ВЛЭП переходит в кабельную линию. В месте перехода установлен ВЧ заградитель с индуктивностью 2 мГн. Рассчитайте и постройте преломленную $U_{пр}(t)$ и отраженную $U_{отр}(t)$ волны. Постройте распределение потенциала по длине линий через 5 мкс после удара молнии.

В расчетах принять, что волна перенапряжения имеет бесконечную длительность и прямоугольный фронт. Погонные параметры линий: $L_{0в\lambda\pi}=1,33$ мкГн/м, $C_{0в\lambda\pi}=8,33 \times 10^{-12}$ Ф/м, $L_{0к\lambda\pi}=0,67$ мкГн/м, $C_{0к\lambda\pi}=67 \times 10^{-12}$ Ф/м.

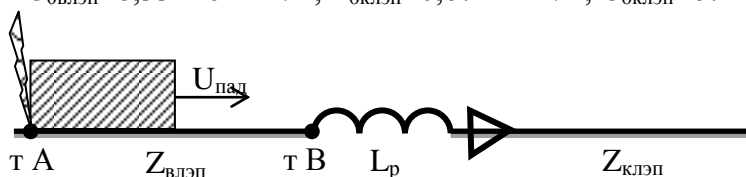


Рис. 1. Схема сети с реактором

Решение

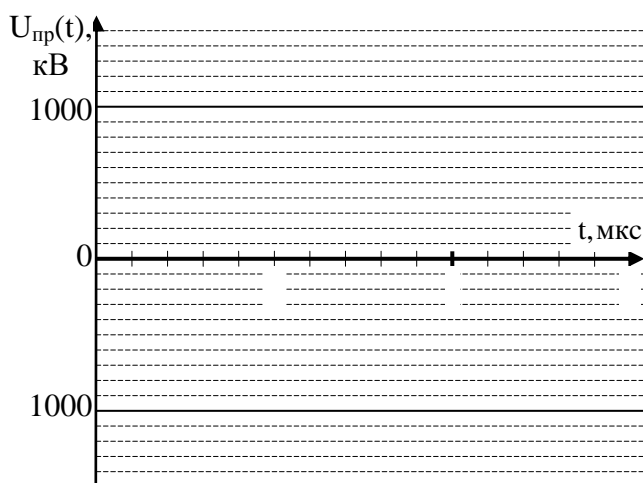


Рис. 2. Преломленная волна $U_{пр}(t)$

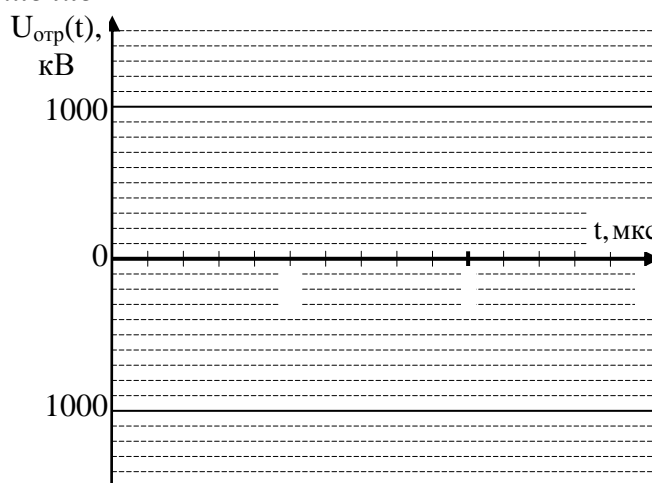


Рис. 3. Отраженная волна $U_{отр}(t)$

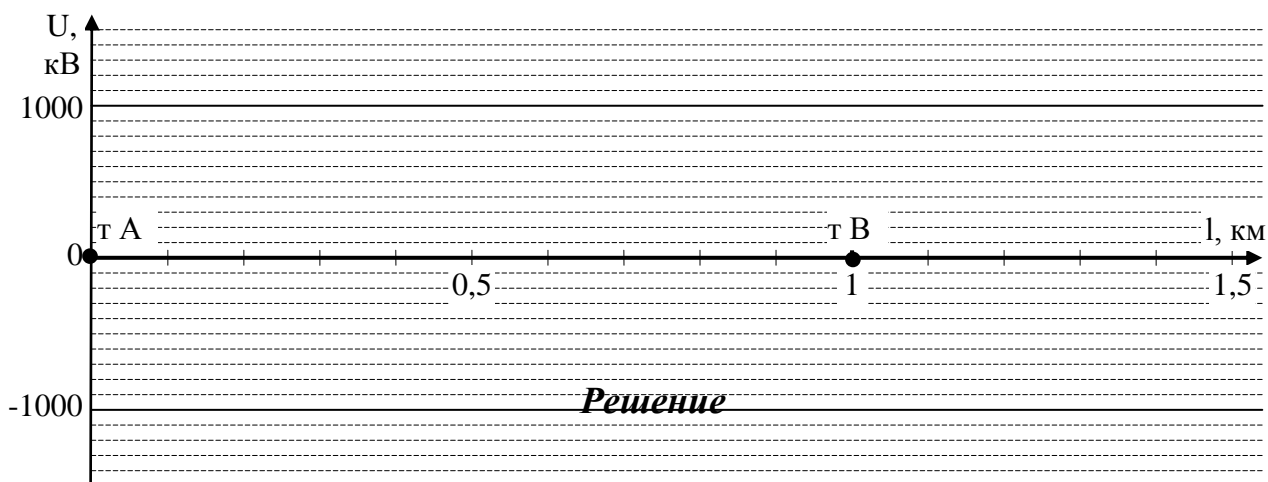
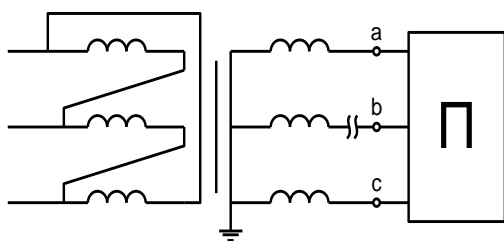


Рис. 4. Распределение потенциала по длине ЛЭП при $t=5$ мкс

ШИФР:	
Задача 9	15 баллов



Ко вторичной обмотке трансформатора (Δ/Y) 6,0/0,38 кВ подключен симметричный трехфазный резистивный приемник, фазы которого соединены по схеме “треугольник”. $P_{пр}=6\text{кВт}$.

Определить значения потенциалов точек a, b и c приемника относительно земли при обрыве линейного провода, подходящего к точке b.

Решение

ШИФР:	
Задача 10	35 баллов

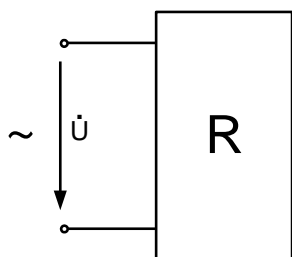


Рис. 1.

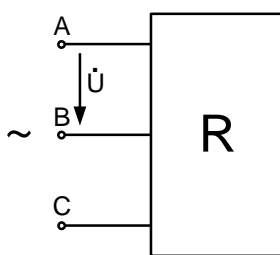


Рис. 2.

На рис. 1 представлен резистивный приёмник, включённый в однофазную цепь с напряжением U . На рис. 2 симметричный резистивный трёхфазный приёмник, включённый в трёхфазную цепь, линейное напряжение которой равно напряжению однофазной цепи. Длины проводов, материал, и плотности тока в проводе однофазной и трёхфазной цепях

одинаковы. Определить соотношение между массами проводов электроснабжения однофазной и трёхфазной цепей, если мощности однофазного и трёхфазного приёмников равны.

Решение

ШИФР:	
Задача 11	15 баллов

Выбрать токоведущую часть в цепи блока между генератором и блочным трансформатором. Схема блока представлена на рис. 1.

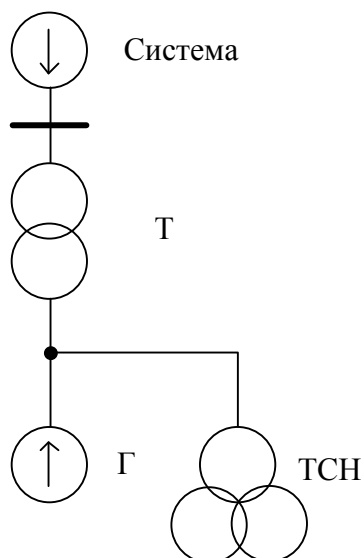


Рис. 1. Схема блока

Примечание: 1) мощность блока 300 МВт; 2) мощность короткого замыкания системы – 6500 МВА; 3) мощность ТСН 25 МВА.

Решение

ШИФР:	
Задача 12	35 баллов

На рис.1 представлена схема питания электродвигателя М.

Исходные данные:

1. Начальное действующее значение периодической составляющей трехфазного тока короткого замыкания в расчетной точке $I_{n,0}^{(3)} = 15$ кА.
 2. Постоянная времени затухания аperiodической составляющей трехфазного тока короткого замыкания в расчетной точке $T_a = 0,06$ с.
 3. По условиям длительного режима выбран кабель с алюминиевыми жилами с бумажно-масляной пропитанной изоляцией без брони сечением $q = 95$ мм².
 4. Время срабатывания основной релейной защиты – 0,1 с., резервной – 0,8 с.
- Полное время отключения установленного выключателя $t_{ОВ} = 0,07$ с.

Дополнительные данные:

1. Величина, обратная температурному коэффициенту сопротивления, $a = 228$ °С.
2. Постоянная, характеризующая теплофизические свойства алюминия,

$$b = 45,25 \left(\frac{\text{мм}^4}{\text{кА}^2 \cdot \text{с}} \right).$$
3. Начальная температура кабеля (предварительная нагрузка) $\Theta_n = 65$ °С.

Задание: проверить предварительно выбранный кабель по термической стойкости и условию невозгораемости.

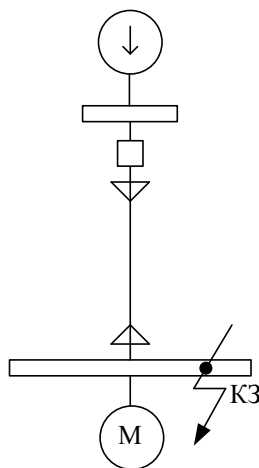


Рис. 1. Схема выдачи мощности электростанции

Решение: