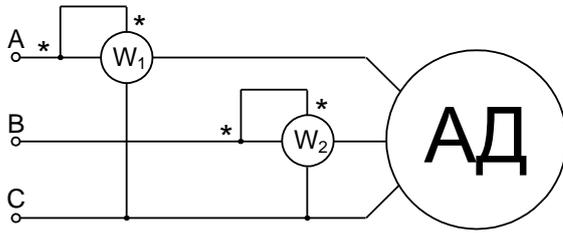


К симметричной трехфазной сети с линейным напряжением $U_{л}=380\text{ В}$ и сопротивлениями $R_{л}=X_{л}=10\text{ Ом}$ подключена симметричная нагрузка.

Задание

Определить значение сопротивления нагрузки $R_{н}$ при котором на ней будет потребляться максимальная мощность ($P_{н}=\max$), найти значение этой мощности.

Решение



В цепь асинхронного двигателя (АД) с линейным напряжением 380 В включены два одинаковых ваттметра, показания которых 2670 и 398 Вт.

Задание

Определить активное и реактивное сопротивления обмотки АД, соединенной звездой.

Решение

Задание

Определить количество активной и реактивной электроэнергии, получаемой потребителем, графики нагрузки которого приведены на рис. 1. Определить потери активной мощности ΔP и энергии ΔW в воздушной линии в процентах.

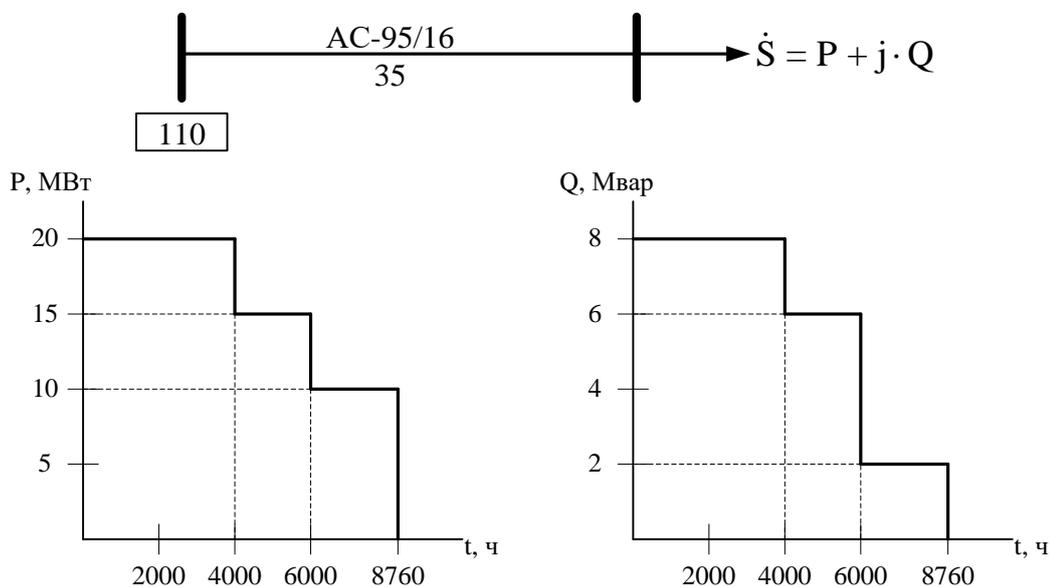


Рис. 1.

Справочные данные для воздушной линии:

$$r_0 = 0,301 \text{ Ом/км};$$

$$x_0 = 0,434 \text{ Ом/км};$$

$$b_0 = 2,611 \cdot 10^{-6} \text{ См/км}.$$

Решение

Задание

Рассчитать потокораспределение с учетом потерь мощности в замкнутой сети (рис. 1) в заданном режиме работы. Проверить пропускную способность по току сечения ВЛ А-3 при отключении ВЛ А-2, если температура воздуха $+40\text{ }^{\circ}\text{C}$. Зарядной мощностью ВЛ пренебречь.

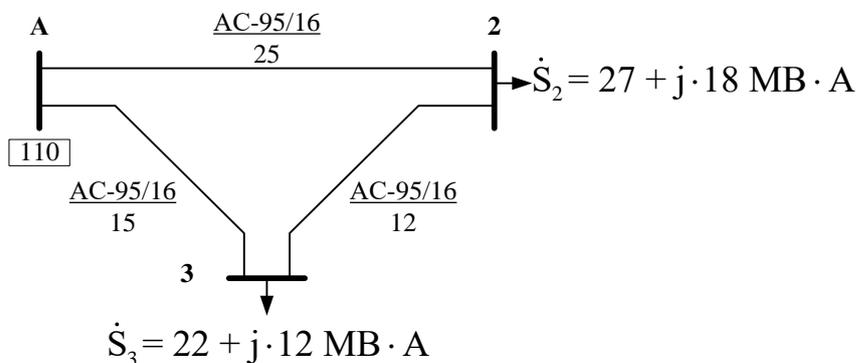


Рис. 1.

Справочные данные для воздушной линии:

$$r_0 = 0,301 \text{ Ом/км};$$

$$x_0 = 0,434 \text{ Ом/км};$$

$$b_0 = 2,611 \cdot 10^{-6} \text{ См/км}.$$

Допустимый длительный ток при температуре $+25\text{ }^{\circ}\text{C}$: $I_{\text{доп}} = 330 \text{ А}$.

Решение

Изоляционный промежуток провод–стойка опоры ЛЭП 500 кВ обладает средним разрядным напряжением 1350 кВ при нормальных атмосферных условиях.

Задание

Определить, как изменится электрическая прочность данного промежутка, при расположении ЛЭП в горной местности на высоте 1100 м над уровнем моря.

В расчетах принять, что температура и влажность воздуха соответствуют нормальным условиям, а давление воздуха зависит от высоты в соответствии с барометрической формулой:

$$P = P_0 e^{-\frac{Mgh}{RT}},$$

где $P_0=101,3$ [кПа] — давление на уровне моря (нормальное атмосферное давление); $M = 0,029$ [кг/моль] — молярная масса сухого воздуха; $g = 9,81$ [м/с²] — ускорение свободного падения; $R = 8,31$ [Дж/моль К] — универсальная газовая постоянная; $T = t + 273$ [К] — температура воздуха, где t — температура в °С; h — высота над уровнем моря [м].

Решение

При проектировании изоляционной конструкции к диэлектрику были предъявлены требования по электрической проводимости: удельная объемная проводимость должна быть не более 10^{-12} См/м, а удельная поверхностная проводимость – не более 10^{-11} См. Рассматриваются три образца диэлектриков: лакоткань, электрокартон и стеклотекстолит. У образцов материалов были измерены сопротивления по трехэлектродной схеме (рис. 1, рис. 2). Диаметр центрального (измерительного) электрода $d_1 = 66 \cdot 10^{-3}$ м, кольцевого электрода $d_2 = 70 \cdot 10^{-3}$ м. Толщины образцов: лакоткань – $h_{\text{лак}} = 0,1 \cdot 10^{-3}$ м, электрокартона – $h_{\text{эл.к}} = 0,2 \cdot 10^{-3}$ м, стеклотекстолита – $h_{\text{ст}} = 0,5 \cdot 10^{-3}$ м

Результаты измерений показали, что:

1. полное объемное сопротивление лакоткани $R_{V \text{лак}} = 30 \cdot 10^9$ Ом, электрокартона – $R_{V \text{эл.к}} = 60 \cdot 10^{10}$ Ом, стеклотекстолита $R_{V \text{ст}} = 15 \cdot 10^8$ Ом.

2. полное поверхностное сопротивление лакоткани $R_{S \text{лак}} = 12 \cdot 10^8$ Ом, электрокартона – $R_{S \text{эл.к}} = 10 \cdot 10^7$ Ом, стеклотекстолита $R_{S \text{ст}} = 8 \cdot 10^{10}$ Ом.

Задание:

1. Выберите из предложенных типов приборов любой мегомметр и впишите его обозначение в приведенные схемы измерения (рис. 2, 3). Соедините на схемах клеммы прибора с электродной системой для проведения измерения объемного и поверхностного сопротивлений диэлектриков.

2. Определите, какие из предложенных изоляционных материалов можно использовать в соответствии с условиями задачи.

Примечание: при расчете поверхностного сопротивления диэлектриков можно принять допущение, что измерение поверхностного сопротивления с использованием кольцевых электродов, эквивалентно измерению с использованием плоских электродов с шириной электродов равной длине окружности центрального (измерительного) электрода.

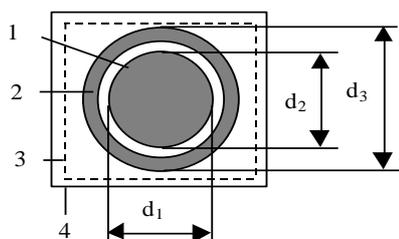


Рис. 1. Эскиз образца твердого диэлектрика. Электроды из фольги, наклеенные на образец: а) сверху: 1 – центральный (измерительный) дисковый электрод; 2 – кольцевой электрод; б) снизу: 3 – электрод в виде квадрата или круга диаметром не менее d_3 . 4 – диэлектрик.

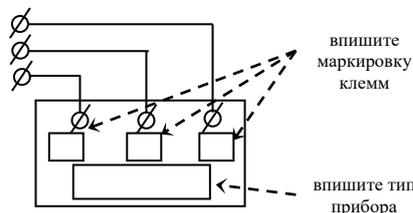
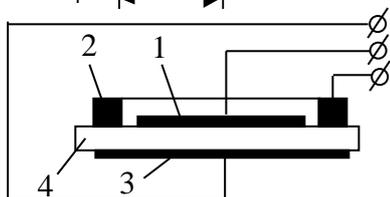


Рис. 2. Схема измерения объемного сопротивления диэлектрика: 1,2,3 – электроды; 4 – диэлектрик

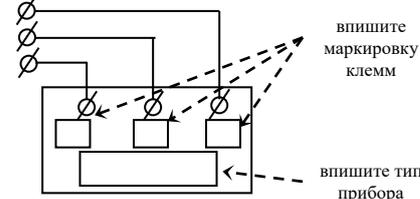
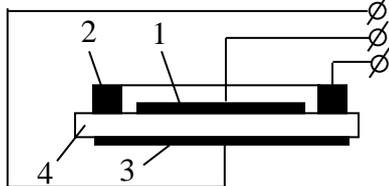


Рис. 3. Схема измерения поверхностного сопротивления диэлектрика: 1,2,3 – электроды; 4 – диэлектрик

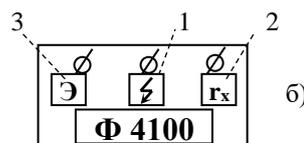
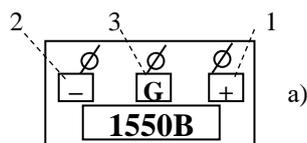


Рис. 4. Схемы обозначений клемм мегомметров: а – FLUKE 1550В; б – Ф 4100; 1 – высоковольтный вывод; 2 – измерительный вывод; 3 – защитная клемма (экран)

Решение

Трансформаторная подстанция инструментального цеха получает питание с шин 10 кВ ГПП машиностроительного завода по кабельной линии, проложенной в земле **совместно с тремя кабелями** (рис. 1). Цех работает в две смены, $T_{МА} = 3750$ час. Цеховая силовая сеть выполнена по схеме блока трансформатор – магистраль. Расположения и значения нагрузок приведены на рис. 1.

Задание:

1. Определить расчетные нагрузки трансформатора, приняв $K_{PM} = 0,95$;
2. Выбрать мощность трансформатора ТП с учетом категории приемников цеха по требуемой надежности электроснабжения;
3. Определить мощность БСК, устанавливаемых на шинопроводе;
4. Выбрать сечение КЛ с $U_H = 10$ кВ, приняв температуру окружающей среды $+10^{\circ}\text{C}$, а расстояние между кабелями в свету – 100 мм.

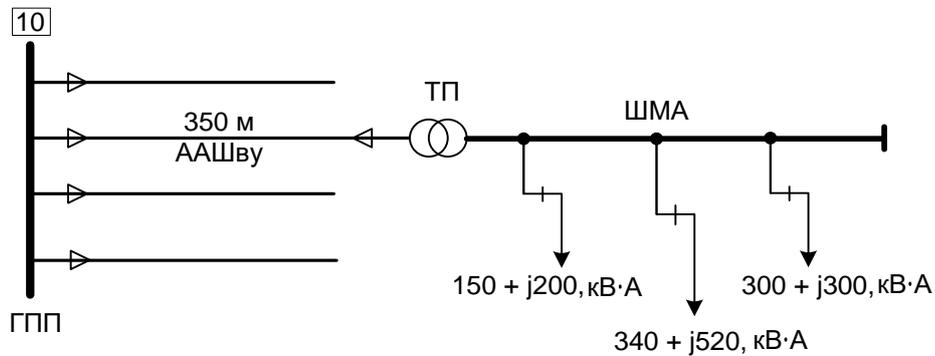


Рис.1

Решение

Задание

К существующей ГПП (рис. 1) необходимо подключить дуговую сталеплавильную печь (ДСП) в комплекте с трансформатором мощностью $S_{\Pi} = 4$ МВА, выбрав режим работы трансформаторов ГПП с таким расчетом, чтобы колебания напряжения, вызванные работой подключаемой печи, не превышали бы допустимых. Допустимое значение размаха изменения напряжения $\delta U_{t \text{ доп}} = 1,6 \%$. ($S_1 = S_2 = S_3 = S_4$)

Для этого требуется:

- определить размах изменения напряжения δU_t в точке подключения ДСП, если она подключается на одну из расщепленных обмоток трансформатора T_1 при раздельной работе T_1 и T_2 и их расщепленных обмоток, принять коэффициент расщепления обмоток $K_p = 4$;
- определить размах изменения напряжения (δU_t), если ДСП подключается к шинам 10 кВ при параллельной работе T_1 и T_2 и их расщепленных обмоток;
- выбрать режим работы трансформаторов ГПП с целью снижения колебаний напряжения в сети 10 кВ.

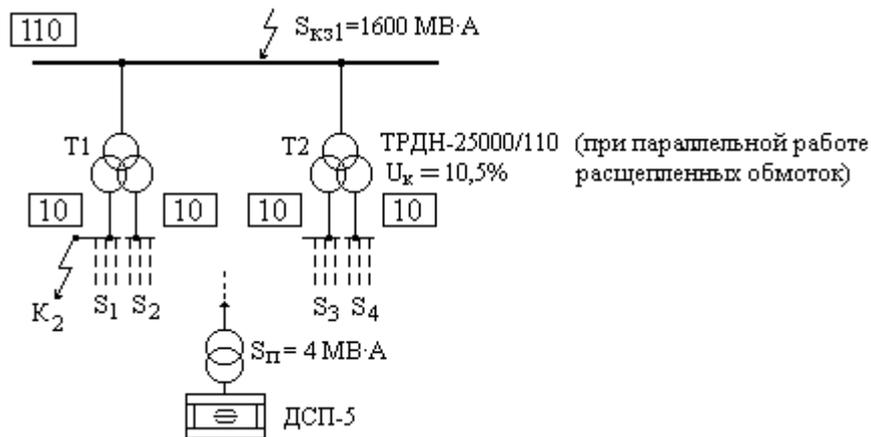


Рис. 1

Решение

Задание

1. Рассчитать коэффициент торможения характеристики срабатывания дифференциальной токовой защиты линии.
2. Оценить чувствительность защиты.

Исходные данные

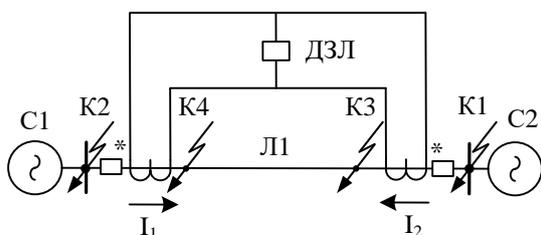


Рис. 1

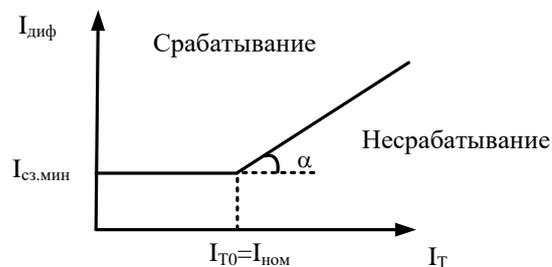


Рис. 2

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

$$I_{диф} = |\dot{I}_1 + \dot{I}_2|, I_T = 0,5 \cdot (|\dot{I}_1| + |\dot{I}_2|).$$

Номинальный ток $I_{ном} = 300$ А.

Токи коротких замыканий, протекающие через защиту $I_{зК1макс} = 1230$ А, $I_{зК2макс} = 1470$ А.

Токи через защиту в режиме отключения системы С2 $I_{зК3мин} = 1190$ А, в режиме отключения системы С1 $I_{зК4мин} = 1340$ А.

Коэффициент отстройки $K_{отс} = 1,5$;

коэффициент, учитывающий переходный процесс $K_{пер} = 2$;

погрешность ТТ $\varepsilon = 0,1$;

коэффициент однотипности ТТ $K_{одн} = 0,5$;

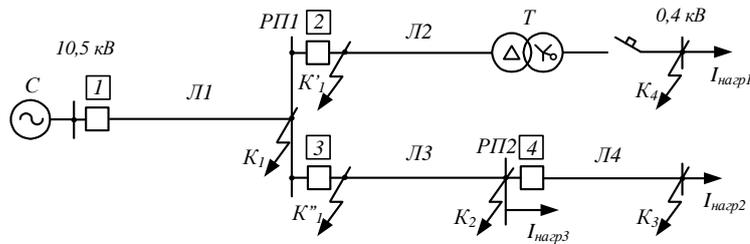
минимально допустимый коэффициент чувствительности $K_{ч.мин.доп} = 2$.

Решение

Задание

1. Согласовать по времени характеристики срабатывания МТЗ №1, №2, №3 с обратнoзависимыми характеристиками: рассчитать коэффициенты k характеристик.

2. Оценить чувствительность защит №1, №2, №3 в зонах ближнего и дальнего резервирования. Оценить необходимость применения трехрелейной схемы для повышения чувствительности.



Исходные данные

На линиях сети 10 кВ установлены микропроцессорные токовые защиты от междуфазных КЗ с обратнoзависимыми характеристиками, определяемыми уравнением:

$$t_{сз} = \frac{k\beta}{I_*^\alpha - 1}, \quad I_*^\alpha = \left(\frac{I_{Кмакс}}{I_{сз}} \right)^\alpha, \quad \alpha = 0,02; \beta = 0,14.$$

Защиты выполнены в **двухфазном исполнении**.

Защиты 1, 2, 3 имеют плавно-зависимую характеристику с токами срабатывания:

$$I_{сз1} = 253 \text{ А}; I_{сз2} = 119,2 \text{ А}; I_{сз3} = 134 \text{ А}.$$

Защита 4 имеет ограниченно зависимую характеристику (ТО+МТЗ) с параметрами срабатывания:

$$I_{сзТО4} = 1500 \text{ А}; I_{сзМТЗ4} = 75 \text{ А}; k_4 = 1.$$

На стороне НН трансформатора Т (10,5 / 0,4 кВ) установлен **автомат** с $I_{ном} = 1000 \text{ А}$ с характеристикой срабатывания:

$$t_{сз\text{ТОавт}} = 0,04 \text{ с при } I \geq 10 I_{ном},$$

$$t_{сз\text{МТЗавт}} = 8 \text{ с при } I < 10 I_{ном}.$$

Токи КЗ, приведенные к стороне 10,5 кВ:

$$I^{(3)}_{К1макс} = 3180 \text{ А}, I^{(2)}_{К1мин} = 1500 \text{ А},$$

$$I^{(2)}_{К2мин} = 1000 \text{ А}, I^{(2)}_{К3мин} = 700 \text{ А}, I^{(2)}_{К4мин} = 350 \text{ А}.$$

Токи нагрузки, приведенные к стороне 10,5 кВ: $I_{нагр1} = 80 \text{ А}$, $I_{нагр2} = 50 \text{ А}$, $I_{нагр3} = 40 \text{ А}$.

Степень выдержки времени $\Delta t = 0,3 \text{ с}$.

При ближнем резервировании минимально допустимый коэффициент чувствительности $K_{ч.мин.доп} = 1,5$; при дальнем резервировании $K_{ч.мин.доп} = 1,2$.

Результаты расчетов занести в таблицу:

Коэффициенты характеристик срабатывания		
k_1	k_2	k_3

$K_{ч1(K1)}$	$K_{ч1(K2)}$	$K_{ч1(K4)}$	$K_{ч3(K2)}$	$K_{ч3(K3)}$	$K_{ч2(K4)}$	Принятая схема	
						Для защиты 1	Для защиты 2

Решение

На рис.1 представлена расчетная схема.

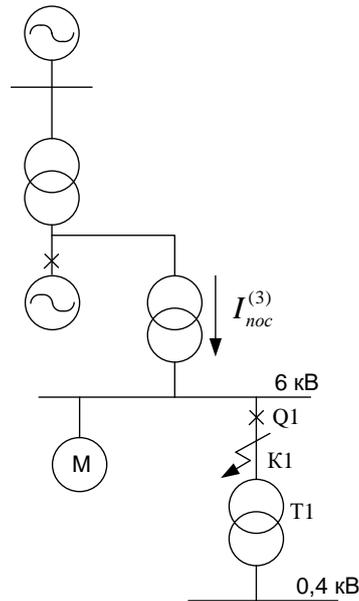


Рис. 1. Расчетная схема

К шинам 6 кВ собственных нужд блока подключен эквивалентный электродвигатель 6 кВ, заменяющий нагрузку асинхронных двигателей и трансформатор второй ступени трансформации 6/0,4 кВ.

Исходные данные:

1. $I_{n,0c} = 10$ кА – действующее начальное значение периодической составляющей тока при КЗ «от системы» в расчетной точке К1.

2. Параметры эквивалентного двигателя:

$$P_d = 6 \text{ МВт}; U_{нд} = 6 \text{ кВ}; \cos \varphi_d = 0,87; \eta_d = 0,94; K_{II} = 5,6; K_{y0} = 1,65;$$

$$T_{ад} = 0,04 \text{ с}; T_{нд} = 0,07 \text{ с}.$$

3. $S_{ТЧН 6/0,4} = 630$ кВА – параметры трансформатора Т1 второй ступени трансформации;

4. $t_{откл} = 0,2$ с – время отключения короткого замыкания в точке К1;

5. $T_{ac} = 0,1$ с – постоянная времени затухания аperiodического тока КЗ «от системы»;

6. $\kappa_{yc} = 1,9$ – ударный коэффициент тока КЗ «от системы»;

7. Параметры предполагаемого к установке выключателя Q1:

$$U_H = 10 \text{ кВ}; I_H = 630 \text{ А}; I_{H.откл} = 20 \text{ кА}; \beta_H = 0,45; i_{дин} = 52 \text{ кА}; I_{тер} = 20 \text{ кА};$$

$$t_{тер} = 3 \text{ с}; I_{вкл.H} = 20 \text{ кА}; t_{об} = 0,07 \text{ с}; t_{co} = 0,03 \text{ с};$$

Задание

Проверить предполагаемый к установке выключатель Q1 по длительному режиму и режиму КЗ.

Решение

Рассматривается электрическая станция со схемой выдачи мощности, изображённой на рис. 1.

Задание

Дать рекомендации о допустимости продолжительного (без ограничения по времени) простоя одного из силовых автотрансформаторов в аварийном ремонте в режиме максимальных нагрузок исходя из суточного износа витковой изоляции.

Автотрансформатор типа 3*АОДЦТН-167000/500/220. Параметры автотрансформатора приведены в табл. 1. Переток мощности в режиме максимальных нагрузок 558,95 МВА.

Таблица 1. Параметры автотрансформатора связи.

Тип	$\frac{S_{ном}}{S_{нн}}$	Напряжение обмотки			Потери ВН-СН		u_k			I_x
		ВН	СН	НН	P_x	P_k	ВН-СН	ВН-НН	СН-НН	
	МВ·А	кВ	кВ	кВ	кВт	кВт	%	%	%	%
3хАОТДЦТН-167000/500/220	3х160	$500/\sqrt{3}$	$230/\sqrt{3}$	20	90	315	11	35	21,5	0,25

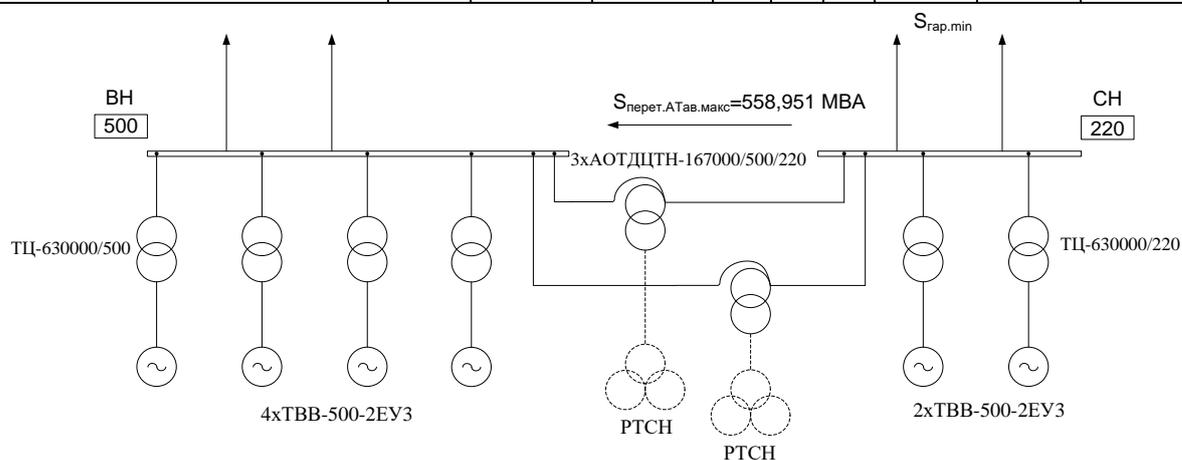


Рис. 1. Схема выдачи мощности электрической станции

Справочные данные

Система охлаждения	$\vartheta_{мном}, ^\circ\text{C}$	$\vartheta_{ннтном}, ^\circ\text{C}$	x, о.е.	y, о.е.	d, о.е.	$\tau_m, \text{ч}$
М и Д	50	28	0,9	1,6	5	1,5
ДЦ и Ц	40	38	1,0	1,8	5	2

Согласно ГОСТ 14209-85, т.к система охлаждения трансформатора типа Ц, примем следующие значения эмпирических коэффициентов x и y, а так же превышения температур масла, наиболее нагретой точки и температуру окружающей среды

$$x = 1.0; y = 1.8; \vartheta_{мном} = 40^\circ\text{C}; \vartheta_{ннтном} = 38^\circ\text{C}; \theta_{охлном} = \theta_{экр} = 20^\circ\text{C}.$$

Решение