Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение

высшего образования

ИРКУТСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

Кафедра электроснабжения

и электротехники

Отчет задач по дисциплине

«Информационно-измерительная техника и электроника»

Выполнил студент: гр. ЭСб-22-2

xxxx

Принял: преподаватель

Солонина Н.Н.

Иркутск – 2023

Содержание

Задача №2.....3

Задача №3.....8

Задача №4.....10

Задача №5.....16

Задача №2
ИЗМЕРЕНИЕ ТОКА И НАПРЯЖЕНИЯ В ЦЕПЯХ ПОСТОЯННОГО ТОКА

Измерительный механизм (ИМ) магнитоэлектрической системы рассчитан на ток $I_и$ = 15 мА и напряжение $U_и$ = 75 мВ и имеет шкалу на $\alpha_н$ = 150 делений.

При решении задания необходимо:

1. Составить схему включения измерительного механизма с шунтом и дать вывод формулы $r_ш$.

2. Определить постоянную измерительного механизма по току C_I, величину сопротивления шунта $r_ш$ и постоянную амперметра C'_I, если этим прибором нужно измерять ток $I_н$.

3. Определить мощность, потребляемую амперметром при номинальном значении тока $I_н$ = 3,0 А.

4. Составить схему включения измерительного механизма с добавочным сопротивлением и дать вывод формулы $r_д$.

5. Определить постоянную измерительного механизма по напряжению C_u, величину добавочного сопротивления $r_д$ и постоянную вольтметра C'_u, если этим прибором нужно измерять напряжение $U_н$ = 60 В.

6. Определить мощность, потребляемую вольтметром при номинальном значении напряжения $U_н$ = 60 В.

Постоянная ИП по току

$$C_I = I_и / \alpha_н$$

Постоянная ИП по напряжению:

$$C_u = U_и / \alpha_н$$

Решение

1.

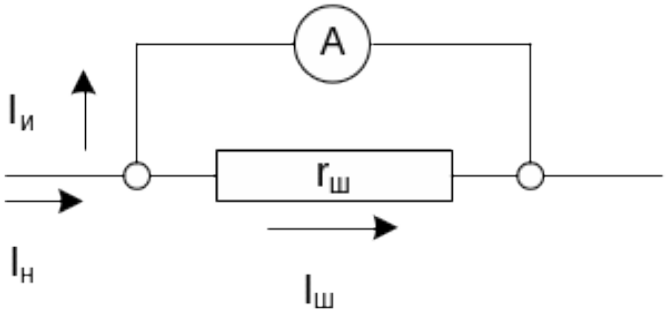


Схема включения измерительного прибора с шунтом в случае масштабирования по току

Шунт является простейшим измерительным преобразователем тока в напряжение. Он представляет собой четырёхзажимный резистор. К двум токовым зажимам подводится ток I, с двух потенциальных зажимов снимается напряжение U.

Шунты применяются для расширения пределов измерения ИМ по току, при этом большую часть измеряемого тока пропускают через шунт, а меньшую – через ИМ.

Ток $I_и$, протекающий через ИМ, связан с измерительным током $I_н$ зависимостью:

$$I_и = I_н \cdot \frac{r_ш}{r_ш + r_и};$$

Здесь $r_и$ – сопротивление измерительного механизма.

Пусть необходимо измерить ток $I_н$ в n раз больший тока измерительного механизма $I_и$, т. е. $n = I_н / I_и$. Так как соединение параллельное, то можно записать $I_н = I_ш + I_и$, но у нас $I_н = I_и \cdot n$, тогда $I_N \cdot n = I_ш + I_и$. Учитывая, что $I_и = U / r_п$ и $I_ш = U / r_ш$ получим:

$$\frac{U}{r_П} \cdot n = \frac{U}{r_П} + \frac{U}{r_Ш}.$$

Сократив на U, получим:

$$r_ш = \frac{r_и}{n - 1},$$

где n коэффициент шунтирования.

2. Постоянная измерительного механизма по току определяется по формуле

$$C_I = I_и / \alpha_н = 15 / 150 = 0{,}1\ ^{мА}/_{дел}$$

Величина сопротивления шунта определяется по формуле $r_ш = \frac{r_и}{n - 1}$, где

$n = I_н / I_и = 3 / 0{,}015 = 200$

$r_и = U_и / I_и = 75 / 15 = 5$ Ом

соответственно $r_ш = 5 / 199 = 0{,}025$ Ом

Постоянная амперметра по току C'_I при измерении этим прибором тока $I_н = 3{,}0$ А равна

$C'_I = I_н / \alpha_н = 3 / 150 = 0{,}02\ ^{А}/_{дел}$

3. Мощность, потребляемая амперметром при номинальном значении тока $I_н$ = 3,0 А равна

$P = I_и^2 \cdot r_и = 0{,}015^2 \cdot 5 = 0{,}001$ Вт

4.

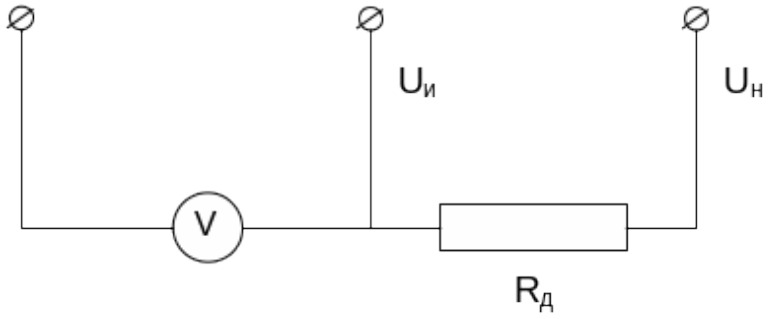


Схема включения измерительного прибора с добавочным сопротивлением

в случае масштабирования по напряжению

Добавочные резисторы являются измерительными преобразователями напряжения в ток, а на значение тока непосредственно реагируют измерительные механизмы стрелочных вольтметров. Добавочные резисторы служат для расширения пределов измерения по напряжению вольтметров, ваттметров, счётчиков энергии. Добавочный резистор включается последовательно с ИП. Ток $I_н$ в цепи состоящей из ИП с сопротивлением $r_и$ и добавочного резистора с сопротивлением $r_д$ составит:

$$I_н = \frac{U}{r_и + r_д}$$

где U – измеряемое напряжение.

Если вольтметр имеет предел измерения $U_и$ и сопротивление ИМ – $r_и$ и при помощи добавочного резистора $r_д$ надо расширить предел измерения в n

раз, то учитывая постоянство тока $I_н$, протекающего через вольтметр, можно написать:

$$\frac{U_и}{r_и} = \frac{n \cdot U_и}{r_и + r_д}$$, откуда $n \cdot r_и = r_и + r_д$, $r_д = r_и \cdot (n-1)$, $n = U_н / U_и$

5. Постоянная измерительного механизма по напряжению определяется по формуле

$C_U = U_и / \alpha_н = 75 / 150 = 0{,}5$ мВ/дел

величина добавочного сопротивления определяется по формуле $r_д = r_и \cdot (n-1)$, где

$n = 60 / 0{,}075 = 800$

$r_и = U_и / I_и = 75 / 15 = 5$ Ом

соответственно $r_д = r_и \cdot (n-1) = 5 \cdot 799 = 3995$ Ом

Постоянная амперметра по напряжению C'_U при измерении этим прибором напряжения $U_н = 60$ В равна

$C'_U = U_н / \alpha_н = 60 / 150 = 0{,}4$ В/дел

6. Определить мощность, потребляемую вольтметром при номинальном значении напряжения $U_н = 60$ В

$P = I_и^2 \cdot (r_и + r_н) = 0{,}015^2 \cdot (5 + 3995) = 0{,}9$ Вт

Задача №3
ИЗМЕРЕНИЕ ТОКА В ЦЕПЯХ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА

1. В цепь несинусоидального тока включены: амперметр магнитоэлектрической системы и амперметр электродинамической системы. Амперметры имеют одинаковые номинальные токи $I_н$ = 5А и шкал одинаковым номинальным числом делений $a_н$ = 100 дел. Начертить схему цепи и определить, на какое число делений шкалы отклонится стрелка: а) магнитоэлектрического амперметра; б) электродинамического амперметра, если в цепи проходит ток

$$\mathbf{I= I_0+I_{1m}*}\boldsymbol{sin}\omega t\mathbf{+I_{3m}*}\boldsymbol{sin}(3\omega t+\psi_3)$$

Построить в масштабе в одних осях координат графики заданного тока i=f(t) за время одного периода основной гармоники тока.

2. В цепь несинусоидального тока включены: амперметр электродинамической системы и амперметр выпрямительной системы. Амперметры имеют одинаковые номинальные токи $I_н$ = 5А и шкалы с одинаковым номинальным числом делений $a_н$= 100 дел.

На какое число делений шкалы отклонится стрелка: а) электродинамического амперметра; б) выпрямительного амперметра, если в цепи проходит ток

$$\mathbf{I= I_{1m}*}\boldsymbol{sin}\omega t\mathbf{+I_{3m}*}\boldsymbol{sin}(3\omega t+\psi_3)$$

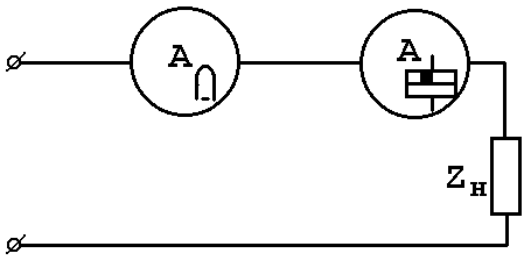
Данные величины	Значения
I_0	2,5 А
I_{1m}	3 А
I_{3m}	2 А
Угол ψ_3	$\pi/2$

Решение

Вычисляем постоянную измерительного механизма по току:

$$C_1=\frac{I_н}{100}=\frac{5}{100}=0,05\,A/дел$$

Схема включения в цепь электродинамического и выпрямительного приборов:



1. Электродинамический амперметр при токе I= $I_0+I_{1m}*sin\omega t+I_{3m}*sin(3\omega t+\psi_3)$

$$I=\sqrt{I_0^2+I_1^2+I_3^2}=\sqrt{I_0^2+\left(\frac{I_{1m}}{\sqrt{2}}\right)^2+\left(\frac{I_{3m}}{\sqrt{2}}\right)^2}=3.57\ A$$

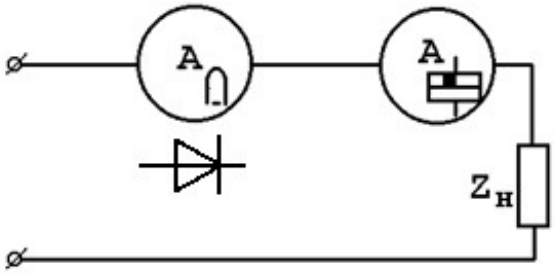
$$\alpha=\frac{3.57}{0.05}=71.4\ Делений$$

2. Выпрямительный амперметр при токе I= $I_0+I_{1m}*sin\omega t+I_{3m}*sin(3\omega t+\psi_3)$

$$I_{cp}=\frac{2}{\pi}\left(I_{1m}*\cos\square_1+\frac{1}{3}*I_{3m}*\cos\square_3\right)=1.9\ A$$

$$\alpha=\frac{1.9}{0.05}=38\ Делений$$

Схема включения в цепь электродинамического и выпрямительного приборов:



1. Магнитоэлектрический амперметр при токе I= $I_{1m}*sin\omega t+I_{3m}*sin(3\omega t+\psi_3)$ измеряет постоянную составляющую

$$I=I_0=2.5\ A$$

$$\alpha=\frac{2.5}{0.05}=50\ Делений$$

2. Электродинамический амперметр при токе I= $I_{1m}*sin\omega t+I_{3m}*sin(3\omega t+\psi_3)$ измеряет действующее значение

$$I=\sqrt{\left(\frac{I_{1m}}{\sqrt{2}}\right)^2+\left(\frac{I_{3m}}{\sqrt{2}}\right)^2}=2.6\ A$$

$$\alpha = \frac{2.6}{0.05} = 52 \text{ Делений}$$

Задача №4
ИЗМЕРЕНИЕ АКТИВНОЙ МОЩНОСТИ В ЦЕПЯХ ТРЕХФАЗНОГО ТОКА

Для измерения активной мощности трехпроводной цепи трехфазного тока с симметричной активно-индуктивной нагрузкой, соединенной *звездой* или *треугольником*, необходимо выбрать два одинаковых ваттметра с номинальным током $I_н$, номинальным напряжением $U_н$ и числом делений шкалы $\alpha_н$ = 150 дел.

Дано

S=3 кВ*А

Cos ψ=0,83

Uф=380 В

Обрыв фазы ВС

При решении необходимо

I.

По данным варианта для нормального режима работы цепи:

1. Начертить схему включения ваттметров в цепь.

2. Доказать, что активную мощность трехпроводной цепи трехфазного тока можно представить в виде суммы двух слагаемых.

3. Построить в масштабе векторную диаграмму, выделив на ней векторы напряжений и токов, под действием которых находятся параллельные и последовательные обмотки ваттметров.

4. Определить мощности P_1 и P_2, измеряемые каждым из ваттметров.

5. Определить число делений шкалы α_1 и α_2, на которые отклоняются стрелки ваттметров.

II.

По данным варианта при обрыве одной фазы приемника энергии:

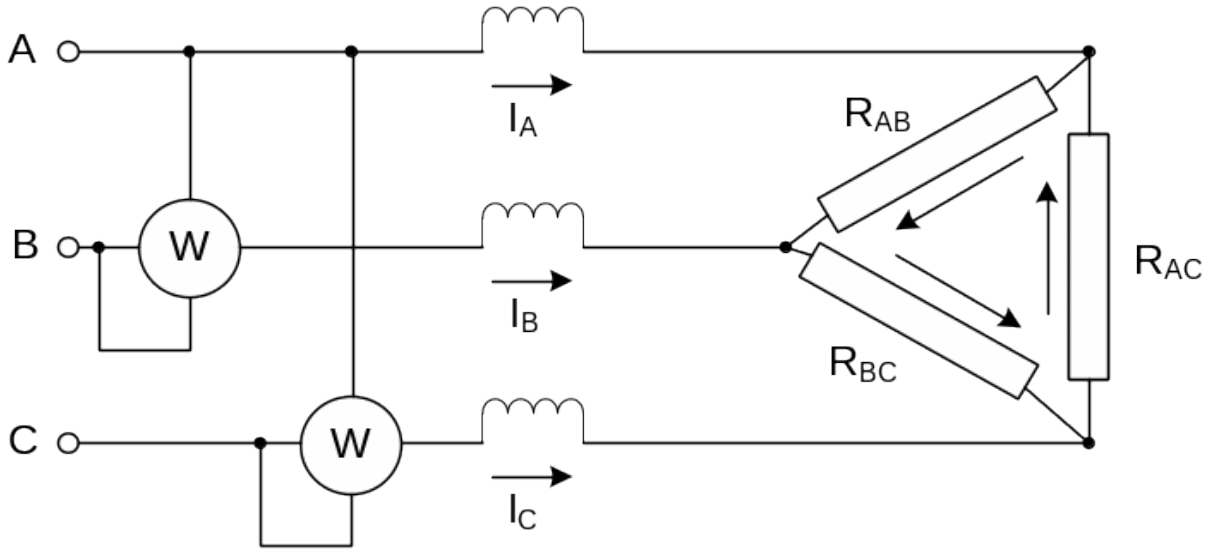
1. Начертить схему включения ваттметров в цепь.

2. Построить в масштабе векторную диаграмму, выделив на ней векторы напряжений и токов, под действием которых находятся параллельные и последовательные обмотки ваттметров.

3. Определить мощности P_1 и P_2, измеряемые каждым из ваттметров.

4. Определить число делений шкалы α_1 и α_2, на которые отклоняются стрелки ваттметров.

Решение



2. Мгновенная активная мощность цепи определяется по формуле

$$P = P_A + P_B + P_C = U_A \cdot I_A + U_B \cdot I_B + U_C \cdot I_C$$

согласно первому закону Кирхгофа $I_A + I_B + I_C = 0$, откуда $I_A = -I_B - I_C$, подставив это выражение в формулу активной мощности получим:

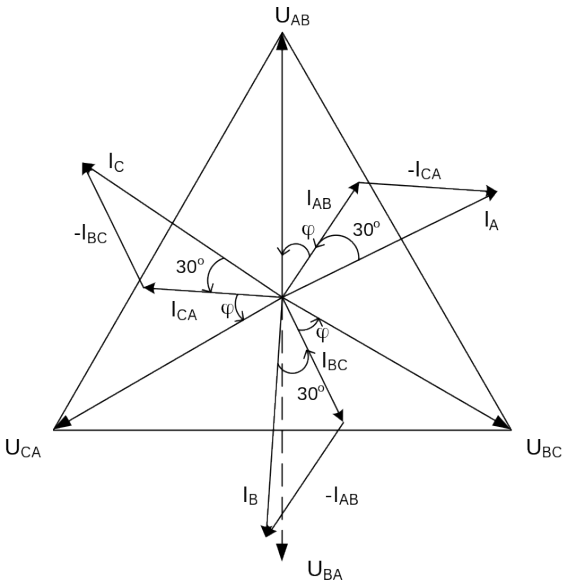
$$P = -U_A \cdot I_B - U_A \cdot I_C + U_B \cdot I_B + U_C \cdot I_C = I_B \cdot (U_B - U_A) + I_C \cdot (U_C - U_A) = U_{BA} \cdot I_B + U_{CA} \cdot I_C = P_1 + P_2$$

3. Линейное напряжение для «треугольника» определяется по формуле $U_л = U_ф = 380$ В

Линейный ток определяется по формуле $I_л = \sqrt{3} \cdot I_ф = \sqrt{3} \cdot \frac{S}{3 \cdot U_ф} = 4,558$ А

Угол отставания фазного тока от фазного напряжения равен φ = arccos 0,83 = 33,9°

Суммарная активная мощность системы определяется как $P = 3 \cdot U_ф \cdot I_ф \cdot \cos\varphi = 2488,5$ Вт



Векторная диаграмма напряжений и токов

4. Мощности, измеряемые ваттметрами

$P_1 = U_{BA} \cdot I_B \cdot \cos(\varphi - 30^\circ) = 380 \cdot 4.558 \cdot 0.997 = 1728{,}02$ Вт

$P_2 = U_{CA} \cdot I_C \cdot \cos(\varphi + 30^\circ) = 380 \cdot 4.558 \cdot 0.43 = 761{,}99$ Вт

5. Выбираем ваттметры с номинальным напряжением и номинальным током

$U_н = 300$ В

$I_н = 5$ А

Постоянная ваттметра определяется по формуле $Cp = \frac{U_H \cdot I_H}{\alpha_H} = \frac{300 \cdot 5}{150} = 10$ Вт / дел

Показания ваттметров соответственно

$\alpha_1 = \frac{P_1}{C_p} = 172{,}8$ дел

$\alpha_2 = \frac{P_2}{C_p} = 76{,}1$ дел

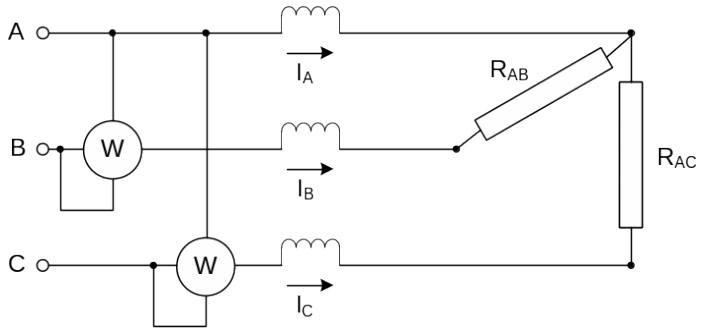


Схема включения ваттметров в цепь при обрыве одной фазы приемника энергии

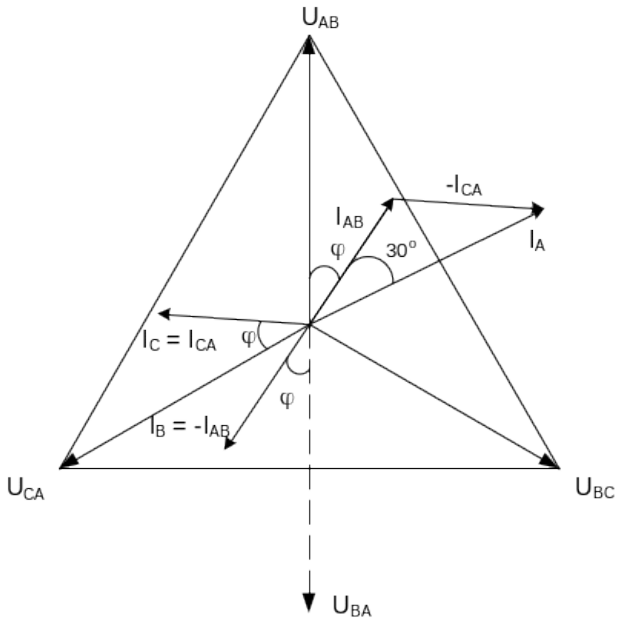
2. При обрыве фазы ВС сопротивление R_{BC} принимается равным бесконечности отсюда по закону Ома фазный ток $I_{BC} = 0$, при этом токи в двух других фазах останутся неизменными.

Линейные токи I_A, I_C и I_B могут быть определены через фазные токи по первому закону Кирхгофа

$I_A = I_{AB} – I_{CA}$

$I_C = I_{CA} – I_{BC} = I_{CA}$

$I_B = I_{BC} – I_{AB} = - I_{AB}$



Векторная диаграмма напряжений и токов

3. Мощности, измеряемые ваттметрами

$P_1 = U_{BA} \cdot I_B \cdot \cos\varphi = U_{BA} \cdot I_{AB} \cdot \cos\varphi = 380 \cdot 2{,}63 \cdot 0{,}83 = 829{,}5$ А

$P_2 = U_{CA} \cdot I_C \cdot \cos\varphi = U_{CA} \cdot I_{CA} \cdot \cos\varphi = 380 \cdot 2{,}63 \cdot 0{,}83 = 829{,}5$ А

4. Показания ваттметров $\alpha_1 = \alpha_2 = 829{,}5 / 10 = 82{,}95$ дел

	Наименование величин	Единица измерения	Результаты расчета
пункт 1	Мощность цепи P	Вт	2488,5
	Линейное напряжение $U_л$	В	380
	Линейный ток $I_л$	А	4,558
	Номинальное напряжение ваттметра $U_н$	В	300
	Номинальный ток ваттметра $I_н$	А	5
	Постоянная ваттметра	Вт / дел	10
	Мощность, измеряемая первым ваттметром P_1	Вт	1728
	Мощность, измеряемая вторым ваттметром P2	Вт	762
	Число делений шкалы 1	дел	173
	Число делений шкалы 2	дел	76
пункт 2	Мощность, измеряемая первым ваттметром P_1	Вт	830
	Мощность, измеряемая вторым ваттметром P_2	Вт	830
	Число делений шкалы 1	дел	83
	Число делений шкалы 2	дел	83

Задача №5
ВЫБОР ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ АППАРАТУРЫ

В высоковольтной трехпроводной цепи трехфазного тока необходимо измерить линейные токи, линейное напряжение, коэффициент мощности цепи и расход активной энергии всей цепи.

Подобрать для этой цели два измерительных трансформатора тока (ИТТ), два измерительных трансформатора напряжения (ИТН) и подключить к ним следующие измерительные приборы: два амперметра электромагнитной системы; два однофазных индукционных счетчика активной энергии; один трехфазный фазометр электромагнитной или электродинамической системы; один вольтметр электромагнитной системы.

Расстояние от трансформатора до измерительных приборов l (провод медный, сечением $S=2,5$ мм^2), номинальное напряжение сети U_1 и линейный ток I_1 приведены в табл. 9. Начертить схему включения ИТТ и ИТН в цепь, а также показать подключение к ним всех измерительных приборов.

Выполнить разметку зажимов обмоток ИТТ, ИТН, счетчиков и фазометра. Показать заземление вторичных обмоток ИТТ и ИТН.

При подборе измерительных трансформаторов тока необходимо учитывать, что для обеспечения правильности их работы общее сопротивление всех проводов и обмоток приборов во вторичной цепи не должно превышать номинальной нагрузки. Номинальной нагрузкой трансформатора тока называется наибольшее сопротивление, на которое может быть замкнута вторичная обмотка при условии, что погрешности его не превысили допустимых значений.

Наименование величин	Ед.измер.	Данные
Номинальное напряжение сети	В	15000
Линейный ток	А	25
Расстояние измерительных приборов до измерительных трансформаторов	М	21

Решение

Определяем сопротивление провода длинной в 15 метров

$$R_1 = \frac{L * \rho}{S} = \frac{21 * 0{,}017}{2{,}5} = 0{,}143\,Ом$$

Т.к. провода 2 то $R_L = 2 * R_1 = 2 * 0{,}143 = 0{,}286\,Ом$

Сопротивление обмоток амперметра Э514/3 $R_A = 0{,}008\,Ом$

Сопротивление последовательной обмотки счетчика И445/4Т $R_{сч} = 0{,}008\,Ом$

Сопротивление последовательной обмотки фазометра Э120 $R_Ф = 0{,}12\,Ом$

Общее сопротивление нагрузки

$$R_\Sigma = R_L + R_A + R_{сч} + R_Ф = 0{,}286 + 0{,}035 + 0{,}008 + 0{,}12 = 0{,}389\,Ом$$

В качестве трансформатора тока выбираем И515, у которого номинальная нагрузка

$$R_H = 0{,}4\,Ом > R_\varepsilon = 0{,}376\,Ом$$

Таким образом, выбранный трансформатор тока И515 удовлетворяет условиям обеспечения правильности работы ТТ.

2. Выбираем измерительный трансформатор напряжения (ТН). Выбор ТН производится по их допустимой номинальной мощности. К трансформатору напряжения можно подключать такое количество приборов, при котором их мощность при номинальном напряжении не должна превышать номинальной мощности трансформатора.

Исходя из данных варианта выбираем измерительный трансформатор напряжением И510 с номинальным напряжением $U_{2H} = 150\,В$.

Выбираем приборы из таблицы вольтметр Э515/3с номинальным напряжением $U_H = 150\,B$ с номинальным сопротивлением обмотки $R_i = 20000\,Ом$.

Вычислим суммарную проводимость приборов.

$$G_\Sigma = \frac{1}{R_V} + \frac{1}{R_{UW}} + \frac{1}{R_{U\varphi}}$$

$$G_\Sigma = \frac{1}{20000} + \frac{1}{41500} + \frac{1}{32000} = 0.00015\,c$$

Суммарное сопротивление приборов равно

$$R_\Sigma = \frac{1}{G_\Sigma} = \frac{1}{0.00015} = 6666.6\,Ом$$

Активная мощность потребляемая приборами при номинальном напряжении будет равна.

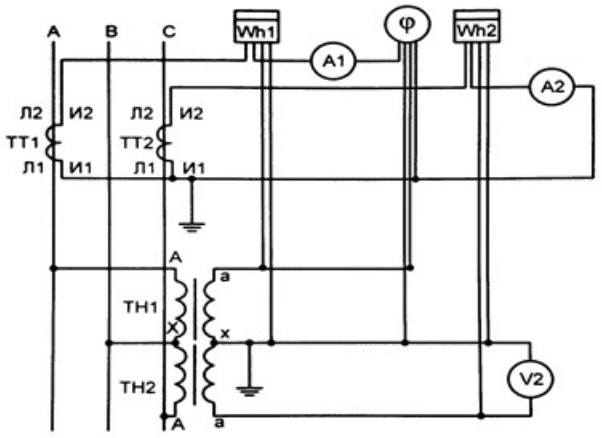
$$R_\Sigma = \frac{U_{2H}^2}{R_\Sigma} = \frac{150^2}{6666.6} = 3.38\,Вт$$

Полная мощность S_Σ при cos = 0.8 , будет равна.

$$S_\Sigma = \frac{P_\Sigma}{cox_\varphi} = \frac{3.38}{0.8} = 4.225\,B*A$$

Выбираем трансформатор напряжения И510 с номинальной мощностью нагрузки вторичной цепи $S_H = 15\,B*A$.

Проверка трансформатора

$$S_\Sigma < S_H \rightarrow 4.225\,B*A < 15\,B*A$$

Таким образом выбранный трансформатор напряжения И510 удовлетворяет требования по допустимости номинальной мощности.