

## Контрольные вопросы

### К главе 1.

1. Определение ЭТУ.
2. Положительные качества ЭТУ

### К главе 2.

3. Преимущества электронагрева.
4. Классификация электротермических установок.

### К главе 3.

5. Принцип действия печей сопротивления.
6. Установки контактного нагрева как потребителей электроэнергии.
7. Способы снижения электрических потерь в электродных соляных ваннах

### К главе 4.

8. Способы зажигания дуги в печах ДСП
9. Способы регулирования тока дуги ДСП
10. ДСП как потребители электроэнергии в системе электроснабжения

### К главе 5.

11. Условия устойчивого горения дуги
12. Дуговые сварочные установки как потребители электроэнергии

## Практическая работа

**Тема:** Анализ величины фактической мощности печей сопротивления в зависимости от вида схемы соединения нагревательных элементов и условий подключения к электрической сети.

### Исходные условия

От шин центра питания (трансформаторной подстанции) напряжением 0,4кВ отходит кабельная линия к силовому пункту (СП) (см. рис 1, 2). К СП подключены электрические печи сопротивления, с различными схемами включения нагревательных элементов (согласно рис.3).

Необходимо оценить потери напряжения и потери электрической энергии в кабельной линии при поочередном подключении печей и регулировании мощности путем изменения схемы соединения нагревательных элементов (согласно табл.1.1 УПП). Параметры нагревательных элементов и кабельной линии заданы вариантом и приведены в таблицах 1, 2.

*Допущение.* К шинам центра питания подключен идеальный источник напряжения. Напряжение (линейное) на шинах центра питания поддерживается на уровне величины, заданной по варианту.

### Задания

1. *Фактический режим.* Изобразить схемы замещения электрической цепи и рассчитать напряжение на зажимах электроприемников, фактическую мощность нагрузки, ток, потери напряжения и потери мощности в кабельной линии подводящей сети, КПД системы электроснабжения при заданном напряжении на шинах трансформаторной подстанции (в начале линии). Результаты расчетов занести в таблицу. Сделать вывод о том, как изменяется ток в линии, потери напряжения и мощности в линии при поочередном подключении печей к шинам СП. Сравнить фактическую мощность печей с номинальным значением. Определить схемы, создающие максимальную загрузку сети при подключении однофазных и трехфазных печей.

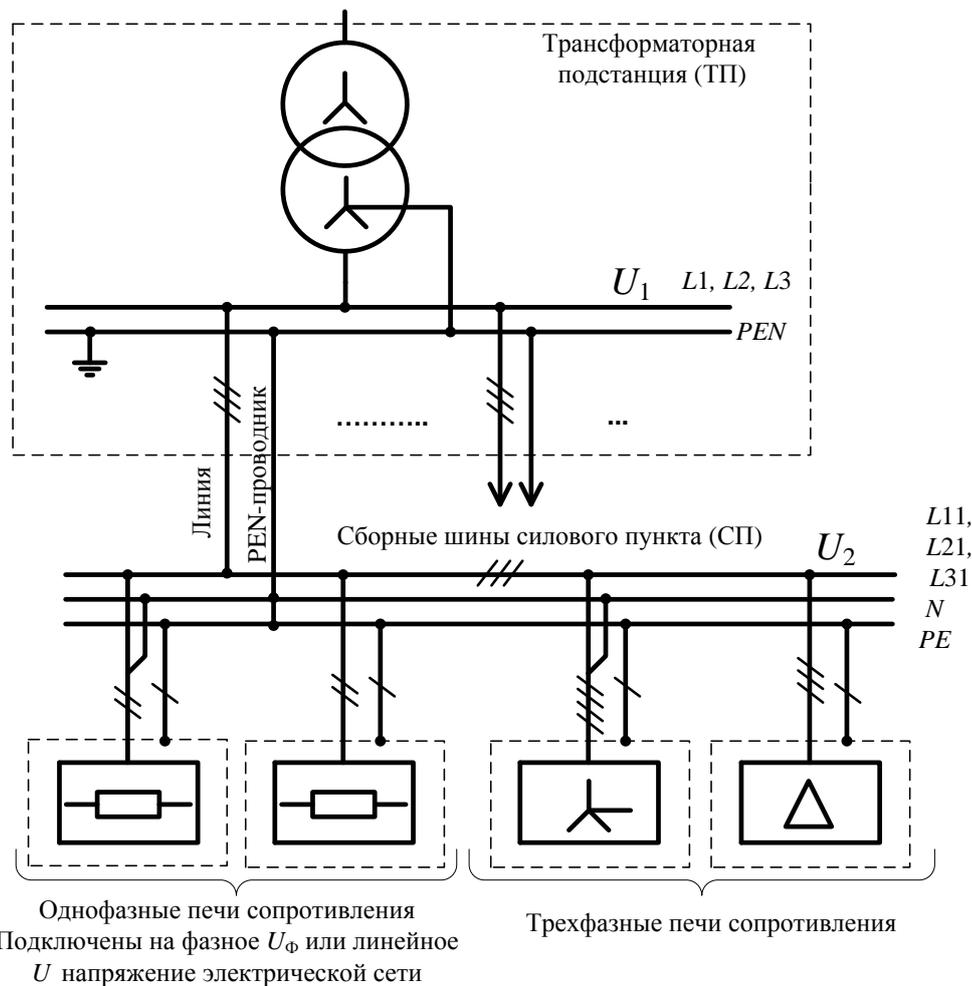


Рис. 1 – Принципиальная однолинейная схема сети с печами сопротивления

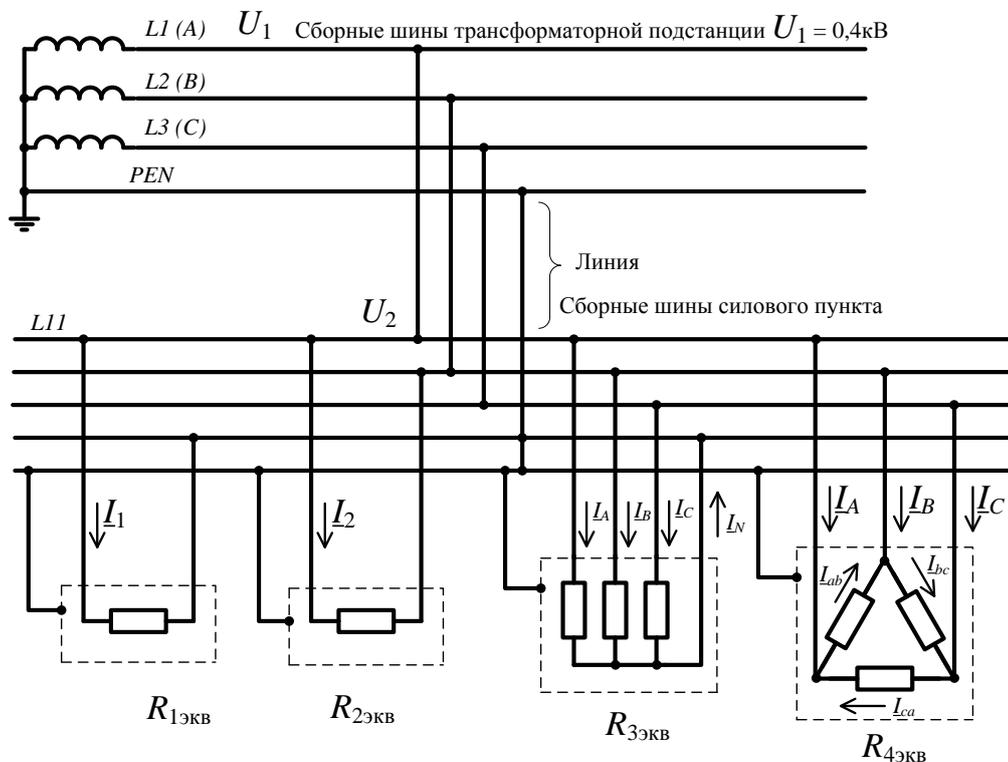


Рис. 2 – Принципиальная многолинейная схема сети с печами сопротивления

Таблица 1

## Исходные данные для расчета

Наименование параметров	Значение параметров нагрузки для первой цифры заданного варианта									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$R_{\text{нз}}$ , Ом	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Сечение кабеля, мм <sup>2</sup>	240	185	150	120	95	70	50	35	25	16
Наименование параметров	Значение параметров нагрузки для второй цифры заданного варианта									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Длина линии, км	0,06	0,12	0,18	0,24	0,3	0,36	0,42	0,48	0,54	0,6
Напряжение на шинах ТП, В	384	386	388	390	392	394	396	398	400	402

Таблица 2

## Активные и индуктивные сопротивления

Сечение жилы ( $F$ ), мм <sup>2</sup>	Трехжильные кабели с алюминиевыми жилами		
	$r_o$ , Ом/км	$x_o$ , Ом/км	$x_o / r_o = \text{tg}\varphi$
16	1,950	0,0675	0,0346
25	1,250	0,0662	0,0530
35	0,894	0,0637	0,0713
50	0,625	0,0625	0,1000
70	0,447	0,0612	0,1369
95	0,329	0,0602	0,1830
120	0,261	0,0602	0,2307
150	0,208	0,0596	0,2865
185	0,169	0,0596	0,3527
240	0,130	0,0587	0,4515

Отчет по заданию должен содержать

а) электрические схемы: принципиальная однолинейная, принципиальная многолинейная, схемы замещения;

б) результаты расчетов, занесенные в таблицу; значения тока в амперах (А), напряжения в вольтах (В), мощности в киловольт-амперах или киловаттах (кВА, кВт) записать с точностью до трех знаков после запятой, угол в градусах с одним знаком после запятой;

в) выводы.

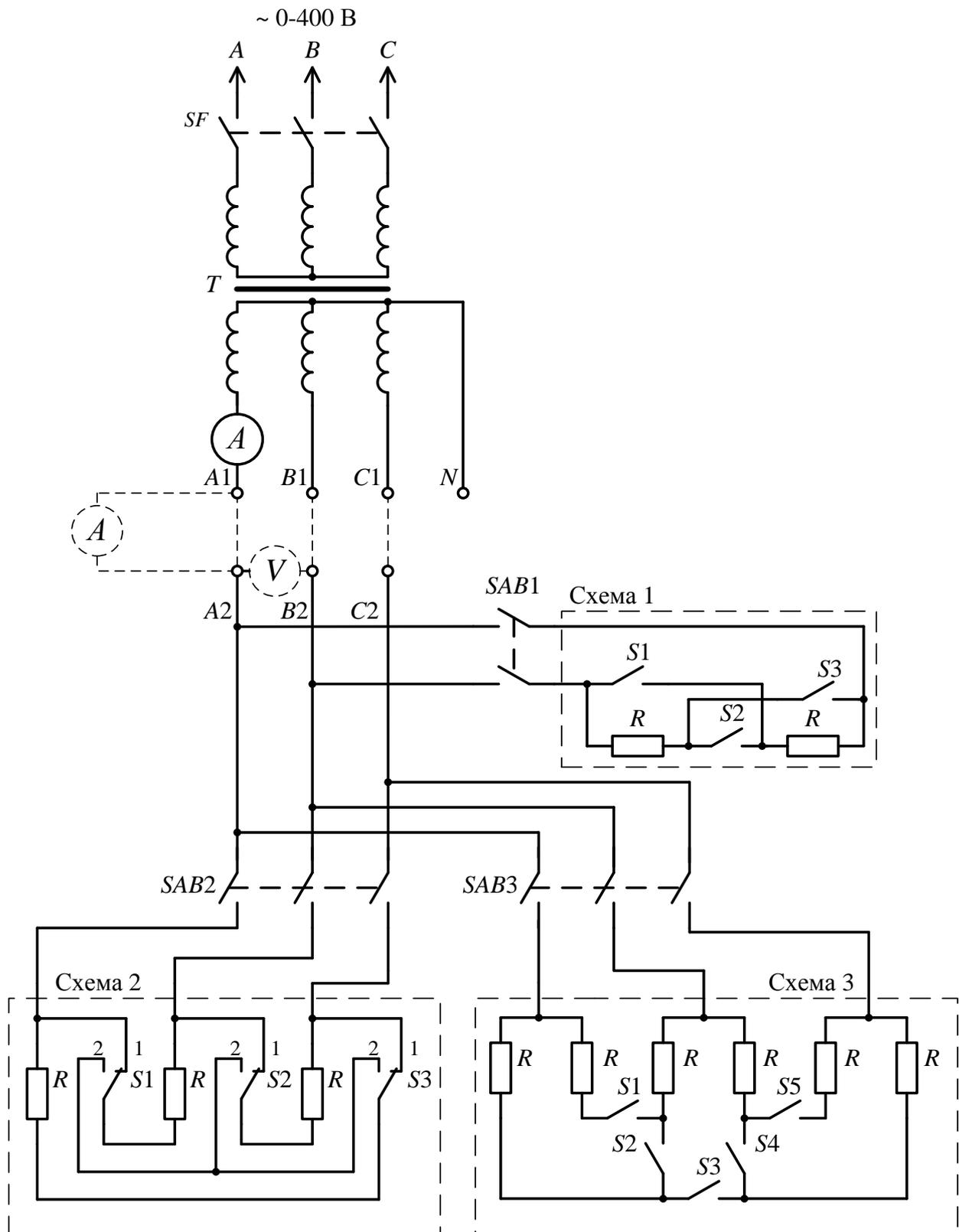
Таблица 1.1 (УПП)

## Характеристика схем позиционного регулирования мощности печи

№ схемы	Наименование характеристики схемы	Ступени (позиции) регулирования мощности				
		1	2	3	4	5
1	Замкнуты контакты (рис. 3)	—	S3	S1 или S2	S1 и S2	—
	Мощность	0	$\frac{U^2}{2R}$	$\frac{U^2}{R}$	$\frac{2U^2}{R}$	—
	Процент от максимальной мощности	0	25	50	100	
2	Замкнуты контакты	—	S1, S2, S3 в полож. II	S1, S2, S3 в полож. I	—	—
	Мощность	0	$\frac{3(U/\sqrt{3})^2}{R}$	$\frac{3U^2}{R}$	—	—
	Процент от максимальной мощности	0	33,3	100	—	—
3	Замкнуты контакты	—	S3	S2, S3 или S4, S3	S1, S3, S5	Все
	Мощность	0	$\frac{U^2}{2R}$	$\frac{U^2}{R}$	$\frac{3U^2}{2R}$	$\frac{2U^2}{R}$
	Процент от максимальной мощности	0	25	50	75	100

1) В случае, когда нагреватели включаются в электрическую сеть 0,4 кВ непосредственно, то изменение мощности может быть осуществлено путем изменения схемы включения нагревателей (см. рис. 3).

Схема 1 обеспечивает четырехступенчатое регулирование мощности однофазной печи, схема 2 и 3 – соответственно трехступенчатое и пятиступенчатое регулирование мощности трехфазной печи. Характеристики схем приведены в табл. 1.1.



**Рис. 3. Принципиальная схема соединения нагревательных элементов в однофазных и трехфазных печах сопротивления на примере схемы лабораторного стенда**

# Пример выполнения практической работы №1

## Вариант 61

### 1.1. Исходные данные

От шин центра питания (трансформаторной подстанции) напряжением 0,4кВ отходит кабельная линия к силовому пункту (СП) (рисунок 1.1, 1.2). К СП подключены электрические печи сопротивления, с различными схемами включения нагревательных элементов (рисунок 1.3).

Необходимо оценить потери напряжения и потери электрической энергии в кабельной линии при поочередном подключении печей и регулировании мощности путем изменения схемы соединения нагревательных элементов.

*Допущение.* К шинам центра питания подключен идеальный источник напряжения. Напряжение (линейное) на шинах центра питания поддерживается на уровне величины, заданной по варианту.

Исходные данные для расчета указаны в таблице 1.1.

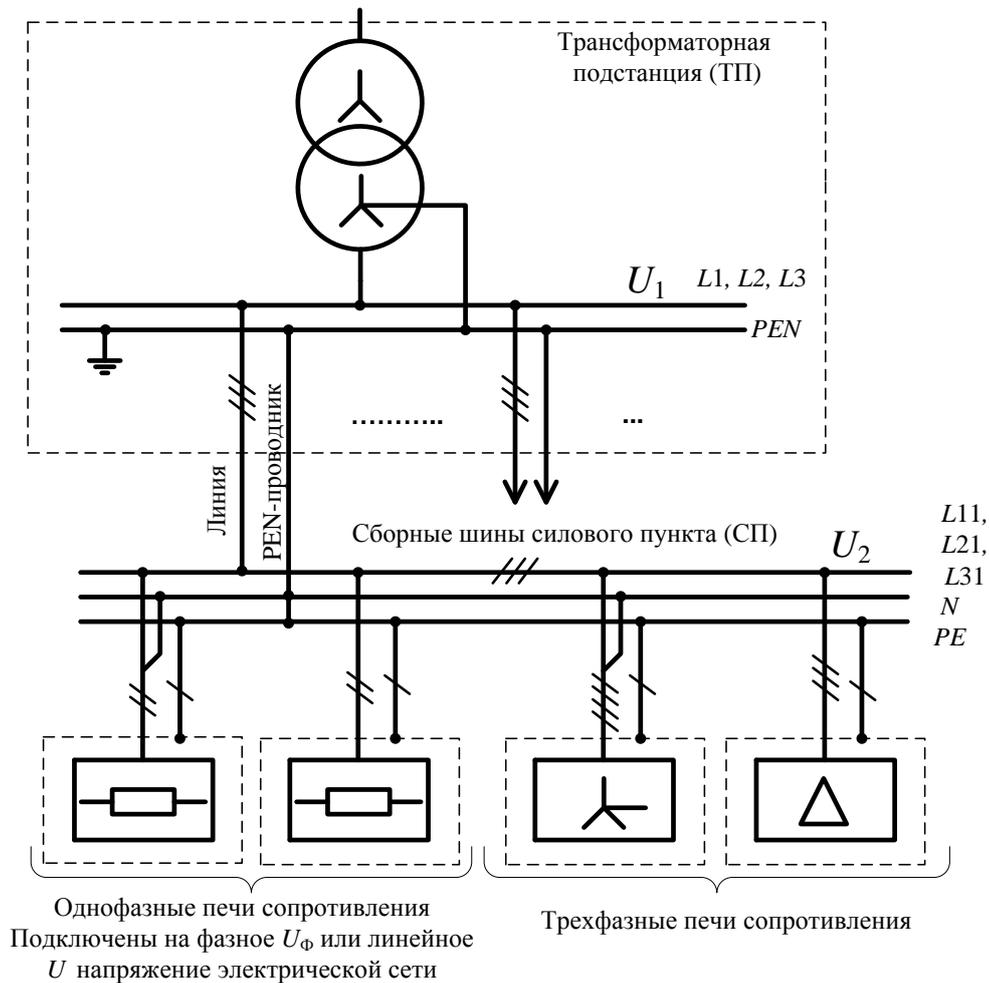


Рисунок 1.1 – Принципиальная однолинейная схема сети с печами сопротивления

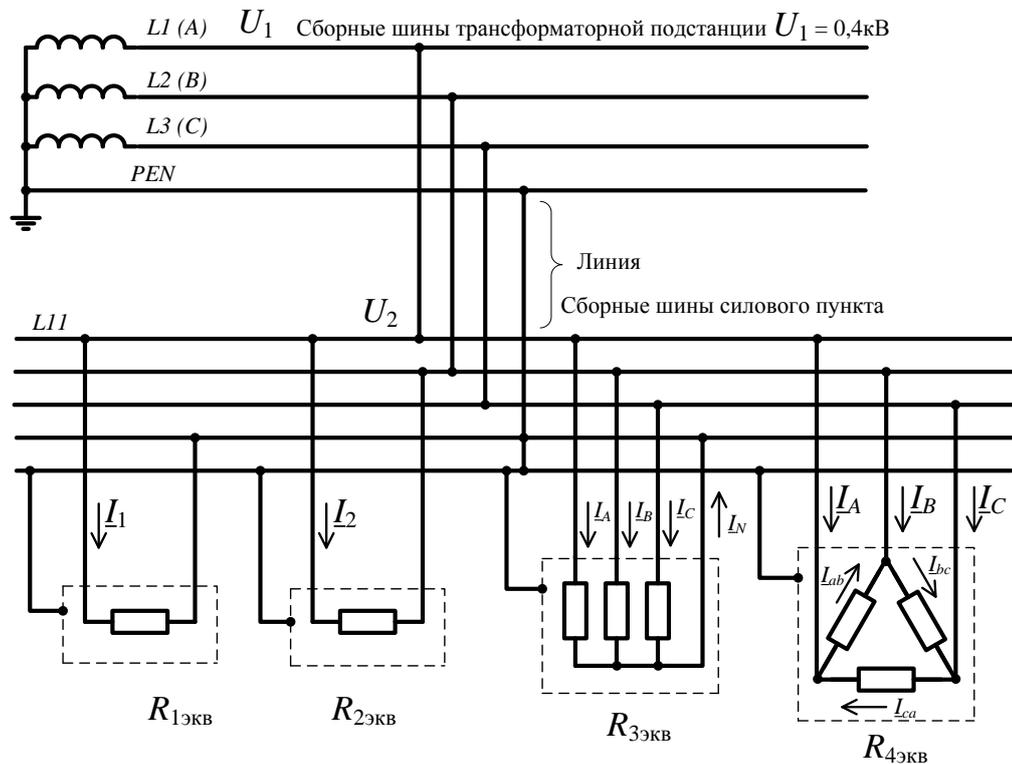


Рисунок 1.2 – Принципиальная многолинейная схема сети с печами сопротивления

Таблица 1.1 – Исходные данные для расчета

$R_{\text{пэ}},$ Ом	Сечение кабеля $F,$ $\text{мм}^2$	Длина линии, км	$r_o,$ Ом/км	$x_o,$ Ом/км	$x_o / r_o =$ $\text{tg}\varphi$	$R_{\text{пс}},$ Ом	$X_{\text{пс}},$ Ом	Напряжение на шинах ТП, В
6	70	0,06	0,447	0,0612	0,1369	0,0268	0,0037	384

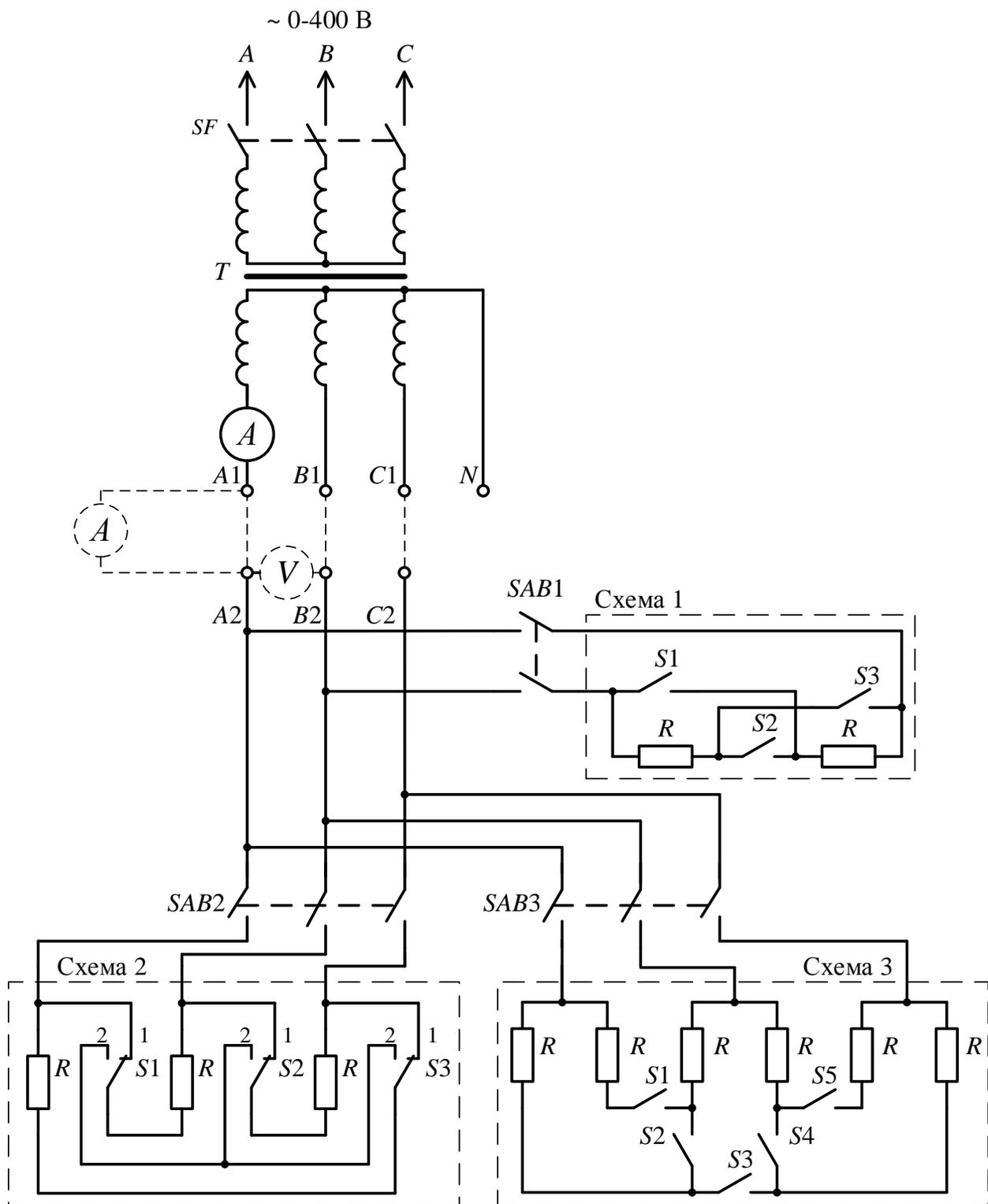
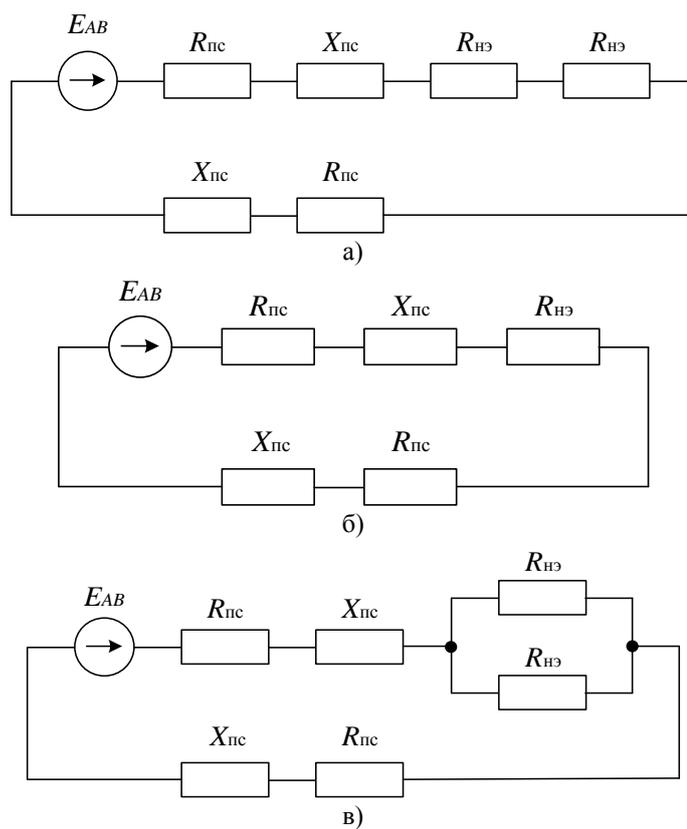


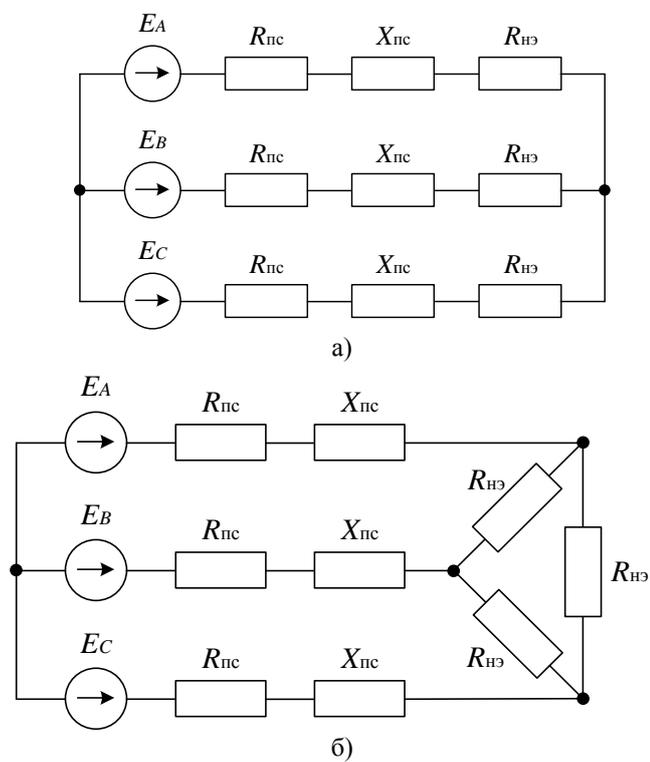
Рисунок 1.3 – Принципиальная схема соединения нагревательных элементов в однофазных и трехфазных печах сопротивления на примере схемы лабораторного стенда

### 1.3. Фактический режим

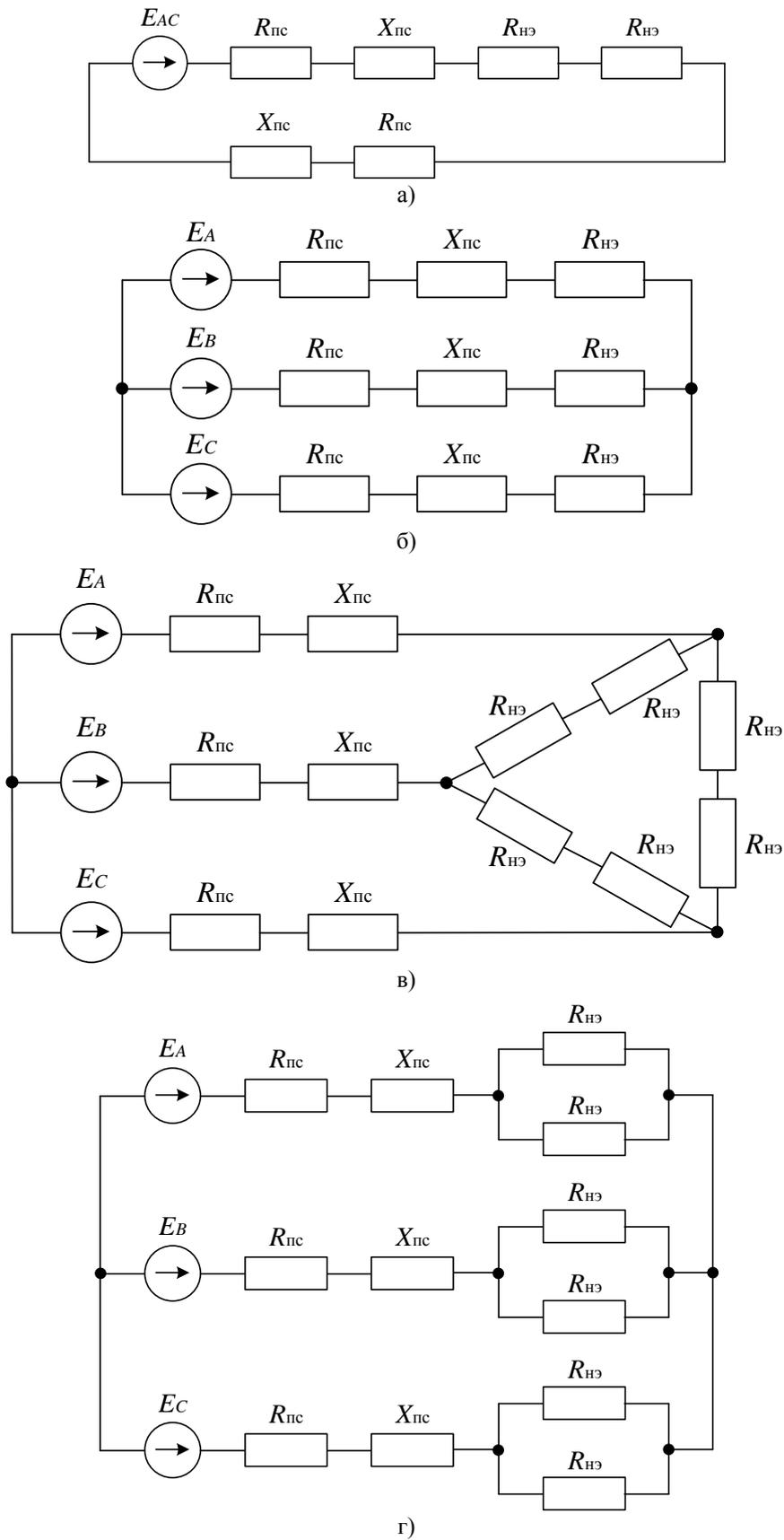
Схемы замещения электрических цепей изображены на рисунках 1.4 – 1.6.



а) замкнут контакт  $S_2$ ; б) замкнут  $S_1$  или  $S_3$ ; в) замкнуты  $S_1$  и  $S_3$ .  
Рисунок 1.4 – Схемы замещения схемы №1



а) контакты  $S_1, S_2, S_3$  в положении II; б) контакты  $S_1, S_2, S_3$  в положении I.  
Рисунок 1.5 – Схемы замещения схемы №2



а) замкнут контакт  $S_3$ ; б) замкнуты контакты  $S_2, S_3$  или  $S_4, S_3$ ;  
 в) замкнуты контакты  $S_1, S_3, S_5$ ; г) замкнуты все контакты.

Рисунок 1.6 – Схемы замещения схемы №3

Расчет номинальной мощности печей, номинального тока, потерь напряжения и мощности в кабельной линии подводящей сети при протекании номинального тока, КПД системы электроснабжения, напряжение, которое необходимо поддерживать на шинах трансформаторной подстанции для обеспечения номинального режима работы печей представлены в таблице 1.1.

Выражения для расчета параметров режима схемы на рисунке 1.4, а:

$$I_{\phi \text{ факт}} = \frac{U_{1\phi \text{ факт}}}{\sqrt{(2 \cdot R_{\text{пс}} + 2 \cdot R_{\text{нз}})^2 + (2 \cdot X_{\text{пс}})^2}} = \quad (1.1)$$

$$= \frac{384}{\sqrt{(2 \cdot 0,0268 + 2 \cdot 6)^2 + (2 \cdot 0,0037)^2}} = 31,858 \text{ А}$$

$$U_{2\phi \text{ факт}} = I_{\phi \text{ факт}} \cdot (2 \cdot R_{\text{нз}}) = 31,858 \cdot (2 \cdot 6) = 382,291 \text{ В} \quad (1.2)$$

$$\Delta U_{\phi \text{ факт}} = I_{\phi \text{ факт}} \cdot \sqrt{(2 \cdot R_{\text{пс}})^2 + (2 \cdot X_{\text{пс}})^2} = \quad (1.3)$$

$$= 31,858 \cdot \sqrt{(2 \cdot 0,0268)^2 + (2 \cdot 0,0037)^2} = 1,725 \text{ В}$$

$$P_{\phi \text{ факт}} = \frac{U_{2\phi \text{ факт}}^2}{2 \cdot R_{\text{нз}}} = \frac{382,291^2}{2 \cdot 6} = 12179 \text{ Вт} = 12,179 \text{ кВт} \quad (1.4)$$

$$\Delta P_{\phi \text{ факт}} = I_{\phi \text{ факт}}^2 \cdot (2R_{\text{пс}}) = 31,858^2 \cdot (2 \cdot 0,0268) = 54 \text{ Вт} = 0,054 \text{ кВт} \quad (1.5)$$

$$\eta = \frac{P_{\phi \text{ факт}}}{P_{\phi \text{ факт}} + \Delta P_{\phi \text{ факт}}} \cdot 100\% = \frac{12,179}{12,179 + 0,054} \cdot 100\% = 99,555\% \quad (1.6)$$

Выражения для расчета параметров режима схемы на рисунке 1.4, б:

$$I_{\phi \text{ факт}} = \frac{U_{1\phi \text{ факт}}}{\sqrt{(2 \cdot R_{\text{пс}} + R_{\text{нз}})^2 + (2 \cdot X_{\text{пс}})^2}} = \quad (1.7)$$

$$= \frac{384}{\sqrt{(2 \cdot 0,0268 + 6)^2 + (2 \cdot 0,0037)^2}} = 63,433 \text{ А}$$

$$U_{2\phi \text{ факт}} = I_{\phi \text{ факт}} \cdot (R_{\text{нз}}) = 63,433 \cdot 6 = 380,597 \text{ В} \quad (1.8)$$

$$\Delta U_{\phi \text{ факт}} = I_{\phi \text{ факт}} \cdot \sqrt{(2 \cdot R_{\text{пс}})^2 + (2 \cdot X_{\text{пс}})^2} = \quad (1.9)$$

$$= 63,433 \cdot \sqrt{(2 \cdot 0,0268)^2 + (2 \cdot 0,0037)^2} = 3,434 \text{ В}$$

$$P_{\phi \text{ факт}} = \frac{U_{2\phi \text{ факт}}^2}{R_{\text{нз}}} = \frac{380,597^2}{6} = 24142 \text{ Вт} = 24,142 \text{ кВт} \quad (1.10)$$

$$\Delta P_{\phi \text{ факт}} = I_{\phi \text{ факт}}^2 \cdot (2R_{\text{пс}}) = 63,433^2 \cdot (2 \cdot 0,0268) = 216 \text{ Вт} = 0,216 \text{ кВт} \quad (1.11)$$

$$\eta = \frac{P_{\phi \text{ факт}}}{P_{\phi \text{ факт}} + \Delta P_{\phi \text{ факт}}} \cdot 100\% = \frac{24,142}{24,142 + 0,216} \cdot 100\% = 99,114\% \quad (1.12)$$

Выражения для расчета параметров режима схемы на рисунке 1.4, в:

$$I_{\phi \text{ факт}} = \frac{U_{1\phi \text{ факт}}}{\sqrt{(2 \cdot R_{\text{пс}} + R_{\text{нз}}/2)^2 + (2 \cdot X_{\text{пс}})^2}} = \quad (1.13)$$

$$= \frac{384/\sqrt{3}}{\sqrt{(2 \cdot 0,0268 + 6/2)^2 + (2 \cdot 0,0037)^2}} = 125,751 \text{ А}$$

$$U_{2\phi_{\text{факт}}} = I_{\phi_{\text{факт}}} \cdot (R_{\text{нз}}/2) = 125,751 \cdot 6/2 = 377,254 \text{ В} \quad (1.14)$$

$$\begin{aligned} \Delta U_{\phi_{\text{факт}}} &= I_{\phi_{\text{факт}}} \cdot \sqrt{(2 \cdot R_{\text{пс}})^2 + (2 \cdot X_{\text{пс}})^2} = \\ &= 125,751 \cdot \sqrt{(2 \cdot 0,0268)^2 + (2 \cdot 0,0037)^2} = 6,808 \text{ В} \end{aligned} \quad (1.15)$$

$$P_{\phi_{\text{факт}}} = \frac{U_{2\phi_{\text{факт}}}^2}{R_{\text{нз}}/2} = \frac{377,254^2}{6/2} = 47440 \text{ Вт} = 47,440 \text{ кВт} \quad (1.16)$$

$$\Delta P_{\phi_{\text{факт}}} = I_{\phi_{\text{факт}}}^2 (2R_{\text{пс}}) = 125,751^2 \cdot (2 \cdot 0,0268) = 848 \text{ Вт} = 0,848 \text{ кВт} \quad (1.17)$$

$$\eta = \frac{P_{\phi_{\text{факт}}}}{P_{\phi_{\text{факт}}} + \Delta P_{\phi_{\text{факт}}}} \cdot 100\% = \frac{47,440}{47,440 + 0,848} \cdot 100\% = 98,243\% \quad (1.18)$$

Выражения для расчета параметров режима схемы на рисунке 1.5, а:

$$\begin{aligned} I_{\phi_{\text{факт}}} &= \frac{U_{1\phi_{\text{факт}}}/\sqrt{3}}{\sqrt{(R_{\text{пс}} + R_{\text{нз}})^2 + (X_{\text{пс}})^2}} = \\ &= \frac{384/\sqrt{3}}{\sqrt{(0,0268 + 6)^2 + (0,0037)^2}} = 36,786 \text{ А} \end{aligned} \quad (1.19)$$

$$U_{2\phi_{\text{факт}}} = I_{\phi_{\text{факт}}} \cdot (R_{\text{нз}}) \cdot \sqrt{3} = 125,751 \cdot 6 \cdot \sqrt{3} = 382,291 \text{ В} \quad (1.20)$$

$$\begin{aligned} \Delta U_{\phi_{\text{факт}}} &= I_{\phi_{\text{факт}}} \cdot \sqrt{(R_{\text{пс}})^2 + (X_{\text{пс}})^2} = \\ &= 36,786 \cdot \sqrt{(0,0268)^2 + (0,0037)^2} = 0,996 \text{ В} \end{aligned} \quad (1.21)$$

$$P_{\phi_{\text{факт}}} = \frac{U_{2\phi_{\text{факт}}}^2}{R_{\text{нз}}} = \frac{382,291^2}{6} = 24358 \text{ Вт} = 24,358 \text{ кВт} \quad (1.22)$$

$$\Delta P_{\phi_{\text{факт}}} = I_{\phi_{\text{факт}}}^2 R_{\text{пс}} = 36,786^2 \cdot 0,0268 = 36 \text{ Вт} = 0,036 \text{ кВт} \quad (1.23)$$

$$\eta = \frac{P_{\phi_{\text{факт}}}}{P_{\phi_{\text{факт}}} + \Delta P_{\phi_{\text{факт}}}} \cdot 100\% = \frac{24,358}{24,358 + 0,036} \cdot 100\% = 99,851\% \quad (1.24)$$

Выражения для расчета параметров режима схемы на рисунке 1.5, б:

$$\begin{aligned} I_{\phi_{\text{факт}}} &= \frac{U_{1\phi_{\text{факт}}}/\sqrt{3}}{\sqrt{(R_{\text{пс}} + R_{\text{нз}}/3)^2 + (X_{\text{пс}})^2}} = \\ &= \frac{384/\sqrt{3}}{\sqrt{(0,0268 + 6/3)^2 + (0,0037)^2}} = 109,384 \text{ А} \end{aligned} \quad (1.25)$$

$$U_{2\phi_{\text{факт}}} = I_{\phi_{\text{факт}}} \cdot (R_{\text{нз}}/3) \cdot \sqrt{3} = 109,384 \cdot 6/3 \cdot \sqrt{3} = 378,918 \text{ В} \quad (1.26)$$

$$\begin{aligned} \Delta U_{\phi_{\text{факт}}} &= I_{\phi_{\text{факт}}} \cdot \sqrt{(R_{\text{пс}})^2 + (X_{\text{пс}})^2} = \\ &= 109,384 \cdot \sqrt{(0,0268)^2 + (0,0037)^2} = 2,961 \text{ В} \end{aligned} \quad (1.27)$$

$$P_{\phi_{\text{факт}}} = \frac{U_{2\phi_{\text{факт}}}^2}{R_{\text{нз}}/3} = \frac{378,918^2}{6/3} = 71789 \text{ Вт} = 71,789 \text{ кВт} \quad (1.28)$$

$$\Delta P_{\phi_{\text{факт}}} = I_{\phi_{\text{факт}}}^2 R_{\text{пс}} = 109,384^2 \cdot 0,0268 = 321 \text{ Вт} = 0,321 \text{ кВт} \quad (1.29)$$

$$\eta = \frac{P_{\text{факт}}}{P_{\text{факт}} + \Delta P_{\text{факт}}} \cdot 100\% = \frac{71,789}{71,789 + 0,321} \cdot 100\% = 99,851\% \quad (1.30)$$

\*Примечание:  $R_{\text{нз}}/3$  соответствует эквивалентному преобразованию треугольника в звезду.

Выражения для расчета параметров режима схемы на рисунке 1.6, а аналогичны выражениям для расчета параметров режима схемы на рисунке 1.4, а.

Выражения для расчета параметров режима схемы на рисунке 1.6, б аналогичны выражениям для расчета параметров режима схемы на рисунке 1.4, а.

Выражения для расчета параметров режима схемы на рисунке 1.6, в:

$$I_{\text{факт}} = \frac{U_{1\text{факт}}/\sqrt{3}}{\sqrt{(R_{\text{пс}} + 2 \cdot R_{\text{нз}}/3)^2 + (X_{\text{пс}})^2}} = \frac{384/\sqrt{3}}{\sqrt{(0,0268 + 2 \cdot 6/3)^2 + (0,0037)^2}} = 55,056 \text{ A} \quad (1.31)$$

$$U_{2\text{факт}} = I_{\text{факт}} \cdot (2 \cdot R_{\text{нз}}/3) \cdot \sqrt{3} = 55,056 \cdot 2 \cdot 6/3 \cdot \sqrt{3} = 381,442 \text{ В} \quad (1.32)$$

$$\Delta U_{\text{факт}} = I_{\text{факт}} \cdot \sqrt{(R_{\text{пс}})^2 + (X_{\text{пс}})^2} = 55,056 \cdot \sqrt{(0,0268)^2 + (0,0037)^2} = 1,490 \text{ В} \quad (1.33)$$

$$P_{\text{факт}} = \frac{U_{2\text{факт}}^2}{2 \cdot R_{\text{нз}}/3} = \frac{381,442^2}{2 \cdot 6/3} = 36375 \text{ Вт} = 36,375 \text{ кВт} \quad (1.34)$$

$$\Delta P_{\text{факт}} = I_{\text{факт}}^2 \cdot R_{\text{пс}} = 55,056^2 \cdot 0,0268 = 81 \text{ Вт} = 0,081 \text{ кВт} \quad (1.35)$$

$$\eta = \frac{P_{\text{факт}}}{P_{\text{факт}} + \Delta P_{\text{факт}}} \cdot 100\% = \frac{36,375}{0,081 + 36,375} \cdot 100\% = 99,777\% \quad (1.36)$$

Выражения для расчета параметров режима схемы на рисунке 1.6, г:

$$I_{\text{факт}} = \frac{U_{1\text{факт}}/\sqrt{3}}{\sqrt{(R_{\text{пс}} + R_{\text{нз}}/2)^2 + (X_{\text{пс}})^2}} = \frac{384/\sqrt{3}}{\sqrt{(0,0268 + 6/2)^2 + (0,0037)^2}} = 73,246 \text{ A} \quad (1.37)$$

$$U_{2\text{факт}} = I_{\text{факт}} \cdot (R_{\text{нз}}/2) \cdot \sqrt{3} = 73,246 \cdot 6/2 \cdot \sqrt{3} = 380,597 \text{ В} \quad (1.38)$$

$$\Delta U_{\text{факт}} = I_{\text{факт}} \cdot \sqrt{(R_{\text{пс}})^2 + (X_{\text{пс}})^2} = 73,246 \cdot \sqrt{(0,0268)^2 + (0,0037)^2} = 1,983 \text{ В} \quad (1.39)$$

$$P_{\text{факт}} = \frac{U_{2\text{факт}}^2}{R_{\text{нз}}/2} = \frac{380,597^2}{6/2} = 48285 \text{ Вт} = 48,285 \text{ кВт} \quad (1.40)$$

$$\Delta P_{\text{факт}} = I_{\text{факт}}^2 \cdot R_{\text{пс}} = 73,246^2 \cdot 0,0268 = 144 \text{ Вт} = 0,144 \text{ кВт} \quad (1.41)$$

$$\eta = \frac{P_{\text{факт}}}{P_{\text{факт}} + \Delta P_{\text{факт}}} \cdot 100\% = \frac{48,285}{0,144 + 48,285} \cdot 100\% = 99,703 \% \quad (1.42)$$

Таблица 1.2 – Расчетные величины для фактического режима при поддержании напряжения 384 В на шинах 0,4 кВ ТП

Вид нагрузки		Значение параметров электрической цепи и нагрузки для фактического режима работы электрической сети					
№ схемы	Замкнутые контакты	$P_{\text{факт}}$	$I_{\text{факт}}$	$\Delta U_{\text{факт}}$	$\Delta P_{\text{факт}}$	$\eta_{\text{факт}}$	$U_{2\text{факт}}$
		кВт	А	В	кВт	%	В
1	S3	12,179	31,858	1,725	0,054	99,555	382,291
	S1 или S3	24,142	63,433	3,434	0,216	99,114	380,597
	S1 и S3	47,440	125,751	6,808	0,848	98,243	377,254
2	S1, S2, S3 в полож. II	24,358	36,786	0,996	0,036	99,851	382,291
	S1, S2, S3 в полож. I	71,789	109,384	2,961	0,321	99,851	378,918
3	S3	12,179	31,858	1,725	0,054	99,555	382,291
	S2,S3 или S4, S3	24,358	36,786	0,996	0,036	99,851	382,291
	S1, S3, S5	36,375	55,056	1,490	0,081	99,777	381,442
	Все	48,285	73,246	1,983	0,144	99,703	380,597

**Выводы.**

При поочередном подключении печей к шинам СП, при условии поддержания на шинах 0,4 кВ напряжения  $U_2$  равного 384 В:

1) ток в линии растет с уменьшением сопротивления нагрузки. Наибольший ток потребляет схема №1 при замкнутых контактах S1 и S3.

2) потери напряжения в линии увеличиваются с ростом тока нагрузки. Наибольшие потери напряжения у схемы №1 при замкнутых контактах S1 и S3.

3) потери мощности в линии растут с увеличением тока нагрузки, но эта зависимость не однозначна, т.к. наибольшие потери в схеме №2 при нахождении контактов S1, S2 и S3 схемы в положении I, хотя ток нагрузки наибольший у схемы №1 при замкнутых S1 и S3. Следовательно, на величину потерь оказывает влияние схема соединения нагревательных элементов.

Повышение напряжения на зажимах печей относительно номинального приводит к увеличению фактической мощности печей, а снижение – к уменьшению.

Однофазная печь создает максимальную загрузку сети при подключении по схеме №1 при замкнутых контактах S1 и S3, трехфазная печь – по схеме №2 при нахождении контактов S1, S2 и S3 схемы в положении I.