

**Расчётно-графическое задание № 2**  
**«РАСЧЁТ УСТАНОВИВШЕГОСЯ РЕЖИМА РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОЙ**  
**СЕТИ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ»**

Питание потребителей электроэнергии от источника осуществляется через сеть электроснабжения. Как правило, распределительные сети имеют сложную структуру, обусловленную географическим расположением потребителей и требованиями надёжности электроснабжения. Для удобства чтения и расчётов режимов их работы используются однолинейные схемы. Пример однолинейной схемы разветвлённой сети электроснабжения изображён на рисунке 1.

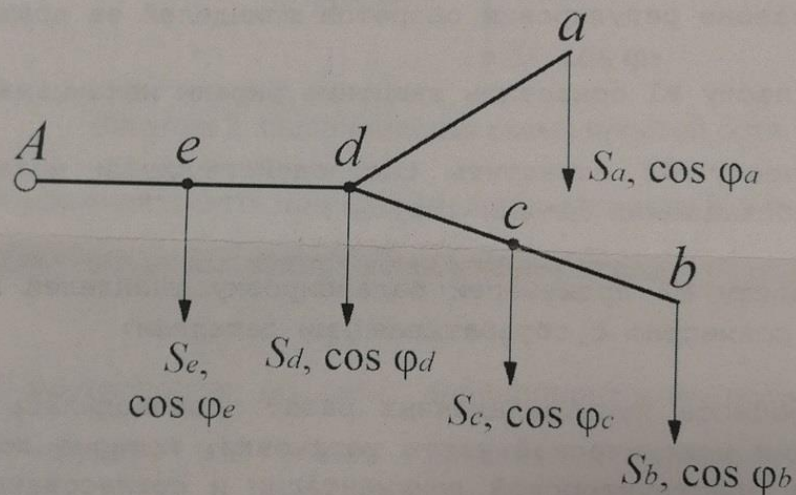


Рисунок 1. Однолинейная схема сети электроснабжения.

Здесь центр питания А снабжает электроэнергией потребителей в точках а-е. Каждый потребитель представлен присоединением (стрелкой) с полной мощностью нагрузки  $S_i$  и её коэффициентом мощности  $\cos \varphi_i$ . Сама электрическая сеть состоит из линий (ветвей) и узлов.

*Линия (ветвь)* – это участок электрической сети, по которому течёт один и тот же ток. Примером линий служат отрезки  $ad$ ,  $bc$  и т.п.

*Узел* называется место соединения трёх и более ветвей (присоединения потребителей тоже считаются ветвями). На рисунке узлы помечены чёрными точками.

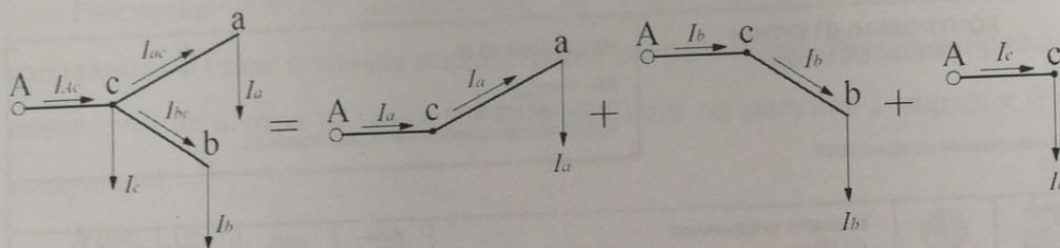


Рисунок 3. Расчёт токов в линиях сети.

Из рисунка 3 видно, что:

$$\begin{cases} I_{Ac} = I_a + I_b + I_c \\ I_{ac} = I_a \\ I_{bc} = I_b \end{cases} \quad (3)$$

Далее рассчитываются напряжения всех узлов сети и точек присоединения нагрузки. В центре питания напряжение  $U_{и}$  можно считать неизменным и равным  $1,05U_{н}$ .

Провода, из которых сделаны линии сети, не идеальны и обладают сопротивлением. Это приводит к тому, что при протекании через них токов часть мощности источника бесполезно расходуется на нагрев проводников (из-за активного сопротивления  $R$ ) и обмен энергией с окружающим электромагнитным полем (из-за реактивного сопротивления  $X$ ). За счёт этого, количество доставленной к нагрузке полезной энергии снижается.

Так как провода линий и нагрузка соединяются последовательно, для распределительных сетей с небольшой погрешностью имеет место равенство:

$$U_{и} = \Delta U + U_{н}, \quad (4)$$

где  $\Delta U$  – потери напряжения, т.е. величина напряжения, «оставшегося» на сопротивлении проводов. Фактически, это разность напряжений в начале и конце линии.

В распределительных сетях потери напряжения на  $i$ -й линии с достаточной точностью рассчитываются по выражению:

$$\Delta U_i = R_i I_{ai} + X_i I_{pi}, \quad (5)$$

где  $R_i$  и  $X_i$  – соответственно активное и реактивное сопротивление  $i$ -й линии,  $I_{ai}$  и  $I_{pi}$  – соответственно активный и реактивный токи через  $i$ -ю линию.



Рассчитав потери напряжения на всех линиях сети, вычисляем напряжения в узлах и точках подключения потребителей. Расчёт напряжений начинается от центра питания, то есть для сети на рисунке 2 порядок будет следующий:

$$\begin{aligned}
 U_A &= 1,05U_H, \\
 U_C &= U_A - \Delta U_{Ac}, \\
 U_a &= U_C - \Delta U_{ac}, \\
 U_b &= U_C - \Delta U_{bc}.
 \end{aligned}
 \tag{6}$$

После расчёта режима сети требуется изобразить однолинейную схему, на которой представлены вычисленные значения мощностей потребителей в комплексном виде, токов линий, напряжений узлов и точек подключения потребителей.

*Пример:*

Структура сети изображена на рисунке 2. Номинальное напряжение  $U_H = 6$  кВ, погонные сопротивления проводников:  $R_{л} = 1,96$  Ом/км,  $X_{л} = 0,391$  Ом/км.

Параметры потребителей:

$S_a$ , кВА	$\cos \varphi_a$	$S_b$ , кВА	$\cos \varphi_b$	$S_c$ , кВА	$\cos \varphi_c$
50	0,8	40	0,6	80	0,7071

Параметры сети:

$L_{ac}$ , км	$L_{bc}$ , км	$L_{Ac}$ , км
3	4	10

Расчёт мощности потребителей в комплексном виде:

$$\dot{S}_a = S_a \cos \varphi_a + j S_a \sin \varphi_a = 50 \cdot 0,8 + j 50 \cdot 0,6 = 40 + j 30, \text{ кВА};$$

$$\dot{S}_b = 24 + j 32, \text{ кВА};$$

$$\dot{S}_c = 56,57 + j 56,57, \text{ кВА}.$$

Расчёт токов линий:

$$i_a = \frac{S_i \cos \varphi_i}{\sqrt{3} U_H} + j \frac{S_i \sin \varphi_i}{\sqrt{3} U_H} = \frac{40}{\sqrt{3} \cdot 6} + j \frac{30}{\sqrt{3} \cdot 6} = 3,85 + j 2,89, \text{ А};$$

$$I_b = 2,31 + j3,08, \text{ A};$$

$$I_c = 5,44 + j5,44, \text{ A}.$$

Таким образом, с помощью (3) получаем:

$$I_{Ac} = 11,6 + j11,41, \text{ A};$$

$$I_{ac} = 3,85 + j2,89, \text{ A};$$

$$I_{bc} = 2,31 + j3,08, \text{ A}.$$

Расчёт сопротивлений линий:

$$R_{Ac} = r_l \cdot L_{Ac} = 1,96 \cdot 10 = 19,6, \text{ Ом};$$

$$X_{Ac} = x_l \cdot L_{Ac} = 0,391 \cdot 10 = 3,91, \text{ Ом};$$

$$R_{ac} = 5,88, \text{ Ом}; \quad X_{ac} = 1,173, \text{ Ом};$$

$$R_{bc} = 7,84, \text{ Ом}; \quad X_{bc} = 1,564, \text{ Ом}.$$

Потери напряжения в линиях:

$$\Delta U_{Ac} = R_{Ac} I_{aAc} + X_{Ac} I_{pAc} = 19,6 \cdot 11,6 + 3,91 \cdot 11,41 \approx 272, \text{ В};$$

$$\Delta U_{ac} \approx 26, \text{ В};$$

$$\Delta U_{bc} \approx 23, \text{ В}.$$

Согласно (6), напряжения в узлах:

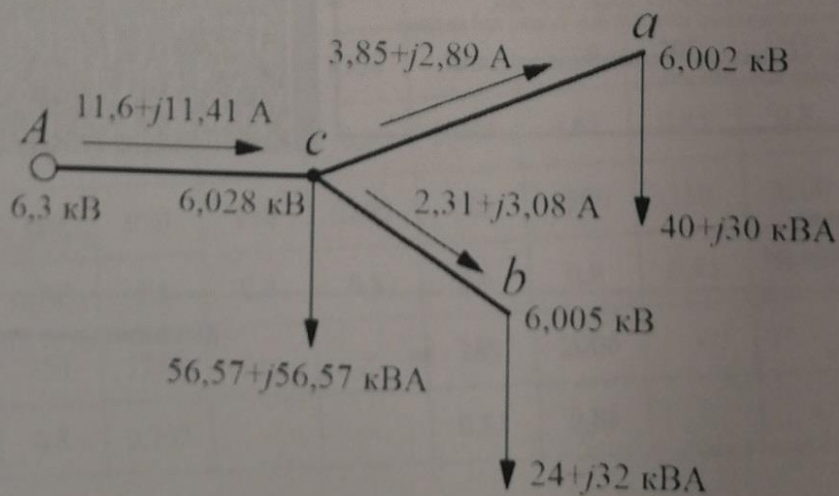
$$U_A = 1,05 U_H = 1,05 \cdot 6 = 6,3, \text{ кВ};$$

$$U_c = U_A - \Delta U_{Ac} = 6,3 - 0,272 = 6,028, \text{ кВ};$$

$$U_a = 6,002, \text{ кВ};$$

$$U_b = 6,005, \text{ кВ}.$$

Однолинейная схема с рассчитанными величинами:





*РГЗ должно содержать:*

1. Титульный лист.
2. Задание, соответствующее варианту студента.
3. Расчёты искомых величин
4. Однолинейную схему с численными значениями мощностей потребителей, токов линий, напряжений узлов и точек присоединения нагрузки.

*Варианты заданий:*

Для нечётных вариантов номинальное напряжение  $U_n = 10$  кВ, погонные сопротивления проводников:  $r_{л} = 1,96$  Ом/км,  $x_{л} = 0,391$  Ом/км. Для чётных вариантов:  $U_n = 35$  кВ,  $r_{л} = 0,33$  Ом/км,  $x_{л} = 0,41$  Ом/км.

Таблица 1 – Параметры потребителей электроэнергии.

№ вар.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
№ схемы	II	IV	I	III	IV	II	III	I	II	IV
$S_a$ , кВА	60	600	85	500	55	700	100	1000	65	400
$\cos \varphi_a$	0,6	0,707	0,8	0,707	0,6	0,8	0,6	0,707	0,8	0,85
$S_b$ , кВА	90	550	65	800	85	800	80	500	85	650
$\cos \varphi_b$	0,85	0,6	0,6	0,6	0,707	0,707	0,8	0,6	0,8	0,6
$S_c$ , кВА	75	650	40	1000	70	750	110	1000	80	750
$\cos \varphi_c$	0,8	0,85	0,707	0,85	0,8	0,6	0,707	0,6	0,707	0,707
$S_d$ , кВА	150	1200	180	1300	170	1200	200	1500	170	1400
$\cos \varphi_d$	0,6	0,8	0,85	0,8	0,707	0,85	0,85	0,8	0,6	0,8
$S_e$ , кВА	180	950	130	2800	175	1500	150	3300	200	800
$\cos \varphi_e$	0,707	0,8	0,8	0,8	0,6	0,8	0,85	0,85	0,85	0,707
$S_f$ , кВА	250	1250	-	-	280	2000	-	-	220	1750
$\cos \varphi_f$	0,8	0,707	-	-	0,85	0,85	-	-	0,6	0,8

Таблица 2 – Параметры сети электроснабжения.

№ вар. (I сх)	$L_{ab}$ , км	$L_{bc}$ , км	$L_{cd}$ , км	$L_{de}$ , км	$L_{ae}$ , км	-
3	6	2	1	3	4	-
8	5	3	1	4	6	-
№ вар. (II сх)	$L_{ab}$ , км	$L_{bd}$ , км	$L_{cd}$ , км	$L_{df}$ , км	$L_{ef}$ , км	$L_{Af}$ , км
1	3	1	4	2	5	8
6	1	2	3	4	6	7
9	2	3	5	1	4	6
№ вар. (III сх)	$L_{ac}$ , км	$L_{bc}$ , км	$L_{ce}$ , км	$L_{de}$ , км	$L_{Ae}$ , км	-
4	5	4	3	6	10	-
7	4	6	5	3	8	-
№ вар. (IV сх)	$L_{ac}$ , км	$L_{bc}$ , км	$L_{cd}$ , км	$L_{ef}$ , км	$L_{Ad}$ , км	$L_{Af}$ , км
2	2	3	4	6	7	6
5	3	2	5	4	6	8
10	1	4	2	5	8	7

Структура сети электроснабжения:

