

Задача № 1

Начертить электрическую схему для части системы электроснабжения. Тип питающей подстанции, промежуточные подстанции, число и тип конечных потребителей представлены в табл. 1. по вариантам.

Таблица 1

Вариант	Источник	Промежуточная подстанция	Число конечных потребителей	Тип конечных потребителей
14	Районная подстанция 330/110 кВ 2 автотр-ра АТДЦТН-200000/330/110/10,5 Схема РУ ВН-четырёхугольник	Подстанция 110/10 кВ 2 тр-ра ТРДН-25000/110 4 секции шин. Далее ТП 10/0,4 кВ	2	9 этажный жилой дом

Решение:

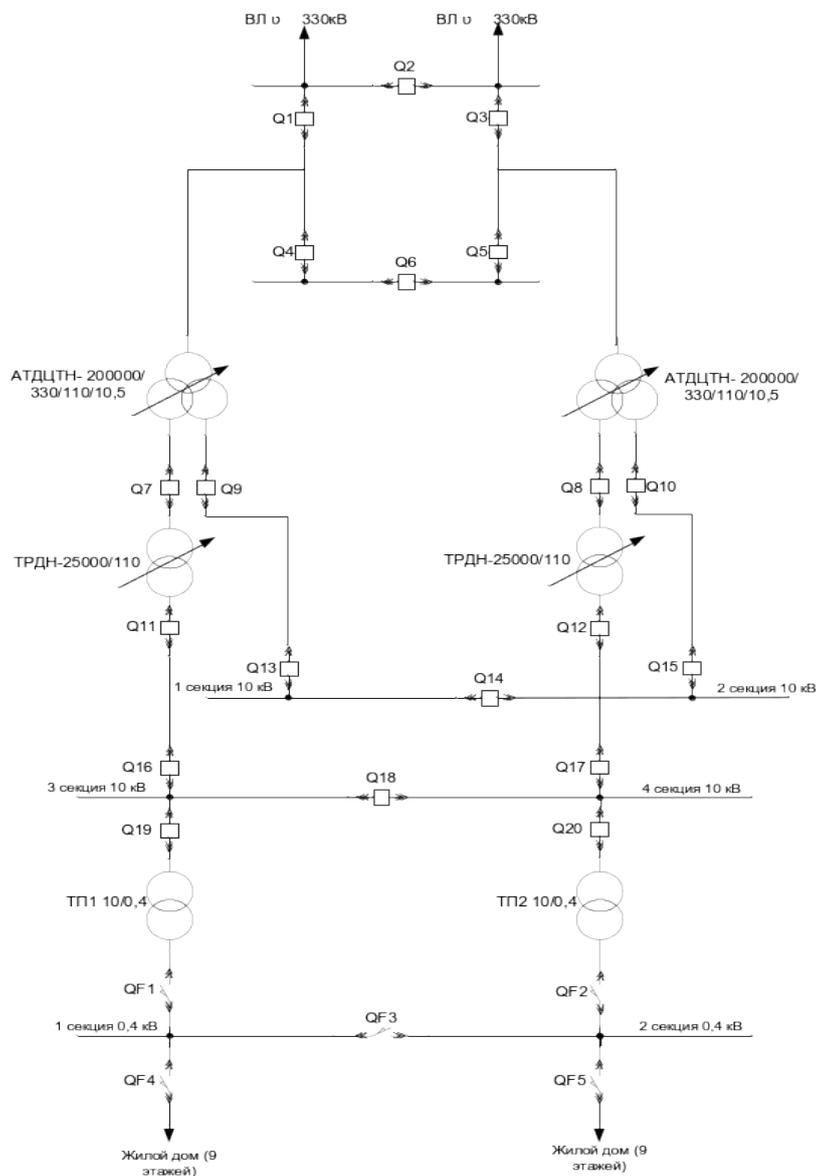


Рисунок 1-Однолинейная схема электроснабжения

Задача № 2

Для заданной по варианту (табл.2) марки трансформатора построить Т-образную схему замещения. Определить параметры Т-образной схемы замещения по паспортным данным трансформатора. Рассчитать потери активной и реактивной мощности для заданной по варианту нагрузки трансформатора. Посчитать КПД для описанных условий.

Таблица 2

Вариант	Трансформатор
14	ТРДН-25000/110/6,3

Решение:

Технические характеристики трансформатора ТРДН-25000/110/6,3 представлены в Таблице 3

Таблица 3

№	S _н , кВ·А	напряжение обмотки,кВ		Потери, кВт		Схема и группа соединения	Укз, %	I _{хх} , %
		ВН	НН	P _о	P _{кз}			
14	25000	110	6,3	27	120	Y/Δ-II	10,5	0,7

Для определения параметров схемы замещения трансформатора необходимо рассчитать:

а) номинальный ток первичной обмотки трансформатора:

$$I_{1н} = \frac{S_n}{\sqrt{3} U_{1н}} = \frac{25000}{\sqrt{3} \cdot 110} = 131,37 \text{ A}$$

б) фазный ток первичной обмотки трансформатора: при соединении по схеме "звезда"

$$I_{1\phi} = I_{1н} = 131,37 \text{ A}$$

в) фазное напряжение первичной обмотки:

при соединении по схеме "звезда"

$$U_{1\phi} = \frac{U_{1н}}{\sqrt{3}} = \frac{110000}{\sqrt{3}} = 63583,81 \text{ B}$$

г) фазный ток холостого хода трансформатора:

$$I_{о\phi} = I_{1\phi} \frac{I_o}{100} = 131,37 \cdot \frac{0,7}{100} = 0,91 \text{ A}$$

где I_o - ток холостого хода, %;

д) мощность потерь холостого хода на фазу

$$P_{o\Phi} = \frac{P_o}{m} = \frac{27000}{3} = 9000 \text{ Вт} = 9 \text{ кВт}$$

где m – число фаз первичной обмотки трансформатора. в нашем случае 3 шт;

е) полное сопротивление ветви намагничивания схемы замещения трансформатора при холостом ходе

$$Z_o = \frac{U_{1\phi}}{I_{0\phi}} = \frac{63583,81}{0,91} = 69872,31 \text{ Ом}$$

ж) активное сопротивление ветви намагничивания

$$r_o = \frac{P_{o\Phi}}{I_{o\Phi}^2} = \frac{9000}{0,91^2} = 10868,25 \text{ Ом}$$

з) реактивное сопротивление цепи намагничивания

$$x_o = \sqrt{Z_o^2 - r_o^2} = \sqrt{69872,31^2 - 10868,25^2} = 1974 \text{ Ом}$$

и) фазный коэффициент трансформации трансформатора

$$\kappa_\phi = \frac{U_{2\phi}}{U_{1\phi}} = \frac{63,58}{6,3} = 10,09 \text{ где } U_{2\phi} = U_{2н}$$

к) линейный коэффициент трансформации трансформатора

$$\kappa_n = \frac{U_{2н}}{U_{1н}} = \frac{110}{6,3} = 17,46$$

2. Определение параметров схемы замещения трансформатора в режиме короткого замыкания

В опыте короткого замыкания вторичная обмотка трансформатора замкнута накоротко, а подводимое к первичной обмотке напряжение подбирается таким образом, чтобы ток обмотки трансформатора был равен номинальному. Схема замещения трансформатора в режиме короткого замыкания представлена на рис. 2.

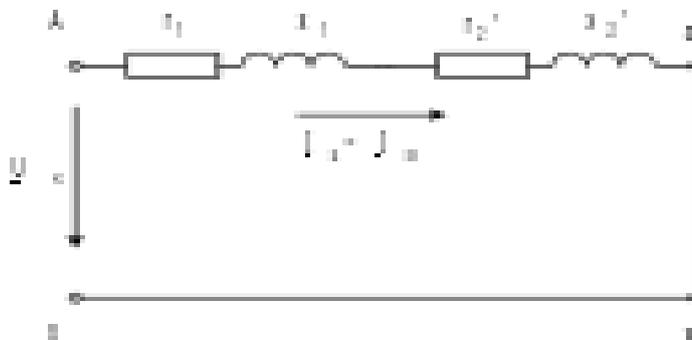


Рисунок 2

Здесь суммарное значение активных сопротивлений $(r_1+r'_2)$ обозначают r_k и называют активным сопротивлением короткого замыкания, а $(x_1+x'_2)$ – индуктивным сопротивлением короткого замыкания x_k .

Для определения параметров схемы замещения трансформатора рассчитаем:

а) фазное напряжение первичной обмотки $U_{1\phi}=5,7$ кВ;

б) фазное напряжение короткого замыкания

$$U_{к.ф.} = U_{1\phi} \frac{U_k}{100} = 63583,81 \frac{10,5}{100} = 6676,3 \text{ В}$$

где U_k – напряжение короткого замыкания, %;

в) полное сопротивление короткого замыкания

$$Z_k = \frac{U_{к.ф.}}{I_{к.ф.}} = \frac{6676,3}{131,37} = 50,82 \text{ Ом}$$

где $I_{к.ф.}$ – фазный ток короткого замыкания: при соединении по схеме "звезда":

$$I_{к.ф.} = I_{1н} = \frac{S_n}{\sqrt{3} U_{1н}} = \frac{25000000}{\sqrt{3} \cdot 110000} = 131,37 \text{ А}$$

г) мощность потерь короткого замыкания на фазу

$$P_{к.ф.} = \frac{P_k}{3} = \frac{120000}{3} = 40 \text{ кВт}$$

P_k – это мощность потерь Короткого замыкания

д) активное сопротивление короткого замыкания

$$r_k = \frac{P_{к.ф.}}{I_k^2} = \frac{40000}{131,37^2} = 2,31 \text{ Ом}$$

е) индуктивное сопротивление короткого замыкания

$$x_k = \sqrt{z_k^2 - r_k^2} = \sqrt{50,82^2 - 2,31^2} = 50,76 \text{ Ом}$$

Обычно принимают схему замещения симметричной, полагая

$$r_1 \approx r'_2 = \frac{1}{2} r_k = 1,15 \text{ Ом}$$

$$x_1 \approx x'_2 = \frac{1}{2} x_k = 0,5 \cdot 50,76 = 25,38 \text{ Ом}$$

$$r'_2 = r_2 k^2 \Rightarrow r_2 = \frac{r'_2}{k^2} = \frac{1,15}{0,099^2} = 117,33 \text{ Ом}$$

$$x'_2 = x_2 k^2 \Rightarrow x_2 = \frac{x'_2}{k^2} = \frac{25,38}{0,099} = 256,36 \text{ Ом}$$

где r_1 – активное сопротивление первичной обмотки трансформатора;

x_1 - индуктивное сопротивление первичной обмотки трансформатора, обусловленное магнитным потоком рассеяния $\Phi_{1\delta}$;

r_2' - приведённое активное сопротивление вторичной обмотки трансформатора;

x_2' - приведённое индуктивное сопротивление вторичной обмотки трансформатора, обусловленное магнитным потоком рассеяния $\Phi_{2\delta}$.

Коэффициент полезного действия трансформатора при любой нагрузке определяют по формуле

$$\eta = 1 - \frac{P_0 + k_{нг}^2 P_k}{S_n k_{нг} \cos \phi_2 + P_0 + k_{нг}^2 P_k}$$

где S_n - полная номинальная мощность трансформатора, кВ·А;

P_0 - мощность потерь холостого хода при номинальном напряжении, Вт;

P_k - мощность потерь короткого замыкания, Вт.

КПД трансформатора рассчитывают для значений коэффициента нагрузки $k_{нг}$, равных 0,25; 0,50; 0,75; 1,25 от номинального вторичного тока $I_{2н}$.

Значения Таблица 4.

По результатам расчетов строят зависимость $\eta = f(k_{нг})$ (рис.4). Максимальное значение коэффициента полезного действия имеет место при условии $k_{нг}^2 P_k = P_0$. Отсюда коэффициент нагрузки, соответствующий максимальному КПД, $K_{нг\max} = \sqrt{P_0/P_k}$. По полученному значению $k_{нг\max}$ (из графика) определяют максимальное значение коэффициента полезного действия.

Таблица 4

η		$k_{нг}$
0		0
0,981806117		0,25
0,985027581	0,48	$K_{нг\max} = \sqrt{P_0/P_k} = 0,48$
0,985014198		0,5
0,983524273		0,75
0,977764951		1,25
0,974449268		1,5

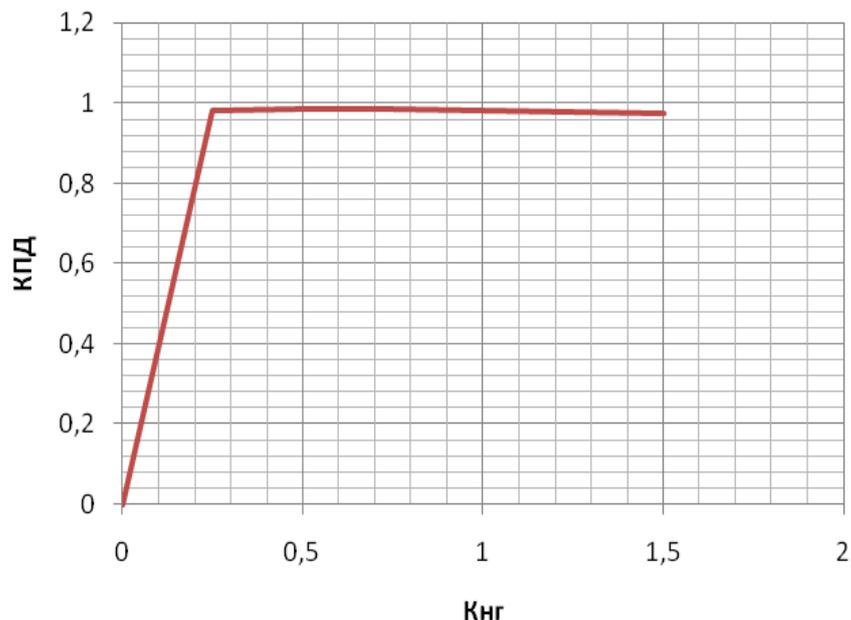


Рисунок 4

Задача № 3

После расчетов, проведенных при решении задачи №2, построить временные диаграммы всех токов и напряжений для полученной Т-образной схемы замещения трансформатора.

Решение:

При практических расчетах изменение вторичного напряжения трансформатора в процентах от номинального определяют по формуле

$$\Delta U_{\%} = (U_{к.а\%} \cos \phi_2 + U_{к.р\%} \sin \phi_2) k_{нг}$$

где $U_{к.а\%}$ – активная составляющая напряжения короткого замыкания при номинальном токе,

$$U_{к. а\%} = U_{к\%} \cos \phi_k = U_{к\%} r_k / z_k = 10,5 \cdot 2,31 / 50,82 = 0,47 \%$$

$U_{к.р}$ – реактивная составляющая напряжения короткого замыкания, выраженная в %

$$U_{к.р\%} = \sqrt{U_{к\%}^2 - U_{к.а\%}^2} = \sqrt{10,5^2 - 0,47^2} = 10,48 \%$$

Изменение напряжения можно определить графическим методом. Для этого строят упрощенную векторную диаграмму (рис.5).

При этом $\Delta U_{\%} = 2,27\%$

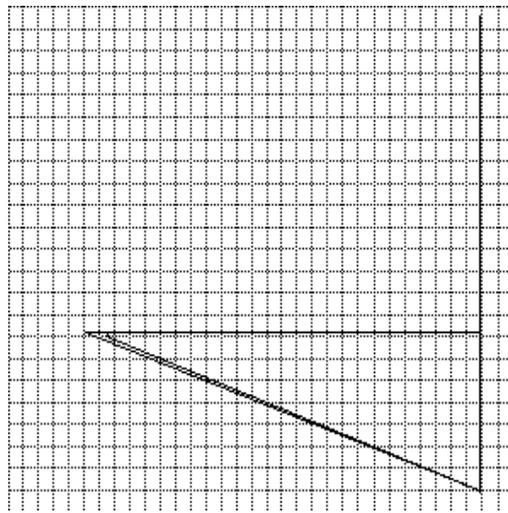


Рисунок 5

Построение внешней характеристики трансформатора

Внешнюю характеристику трансформатора строят по двум точкам: одну откладывают на оси U_2' , а вторую на линии, соответствующей $K_{нг}=1$, откладывая вверх значение U_2' , рассчитанное по формуле

$$U_2' = U_{20} \pm \Delta U$$

где

$$\Delta U = \frac{U_{20} \cdot \Delta U_{\%}}{100} = \frac{6300 \cdot 2,27}{100} = 143,01$$

$U_2' = U_{20} \pm \Delta U = 6300 - 143,01 = 6156,99$ при активной и активно-индуктивной нагрузке.

$U_2' = U_{20} \pm \Delta U = 6300 + 143,01 = 6443,01$ при активно-емкостной нагрузке.

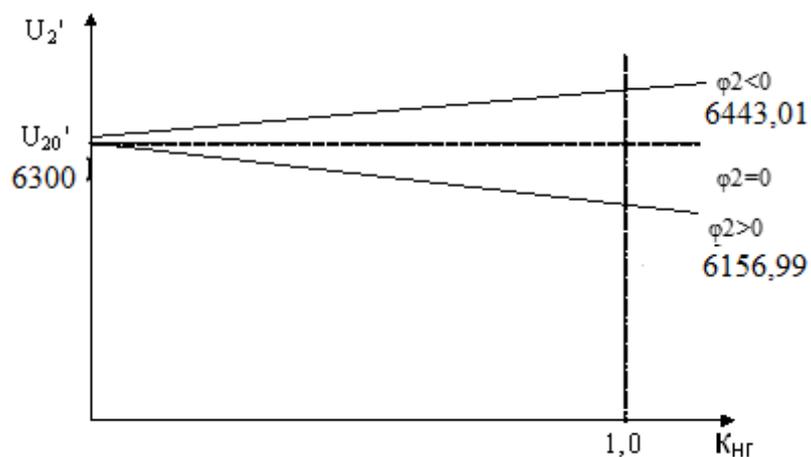


Рисунок 6

Задача № 4

В соответствие со своим вариантом (табл. 5) исследовать работу асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором (если Ваш вариант больше, чем 18, исходные данные для асинхронного двигателя выбрать для номера варианта, получаемого вычитанием из числа 36 номера Вашего исходного варианта):

1) Построить механическую характеристику двигателя при питании его от сети с номинальным напряжением и частотой 50 Гц.

2) Найти скорость вращения двигателя и выдаваемую им механическую мощность при работе в условиях п.1. (механическими потерями пренебречь).

3) Построить механическую характеристику двигателя для случая его питания напряжением с частотой 40 Гц в соответствие со скалярным законом управления $U/f=\text{const}$ (в случае нагрузки типа сухое трение, для вентиляторной нагрузки принять закон управления $U/f^2=\text{const}$).

4) Найти скорость вращения двигателя и выдаваемую им механическую мощность при работе в условиях п.3. (механическими потерями пренебречь. В качестве нагрузки на валу принять представленную в табл.5.

Таблица 5

№ Вар.	Тип	R_n , кВт	n_n , об/мин	I_n , А	$\cos\varphi$	I_p , А	M_p , Нм	$M_{\text{макс}}$, Нм
14	4МТКФ(Н) 160LB8	11	700	33.5	0.74	141	420	500
R_1 , Ом	I_0 , А	$R_{кз}$, Ом	$X_{кз}$, Ом	Кг	Лдв, кг м ²			
0,265	25,2	1,1	1,43	0,79	0,29			

Решение:

Обозначим кратность пускового момента к номинальному как: $\gamma = \frac{M_n}{M_n}$

Кратность максимального (критического) момента к номинальному, как: $\lambda = \frac{M_k}{M_n}$

При $f=50$ Гц

Скорость вращения магнитного поля: $n_0 = \frac{60 f}{p} = \frac{3000}{4} = 750 \text{ об/мин}$

Номинальное скольжение:

$$s_n = \frac{n_0 - n_n}{n_0} = \frac{750 - 700}{750} = 0,066$$

Критическое скольжение:

$$s_k = s_n (\lambda + \sqrt{\lambda^2 - 1}) = 0,066 \cdot (3,32 + \sqrt{3,32^2 - 1}) = 0,42$$

Номинальный и критический моменты двигателя:

$$M_n = \frac{975 P_n}{n_n} = \frac{975 \cdot 11}{700} = 15,32 \text{ кгм} = 150,23 \text{ Нм}$$

$$\lambda = \frac{M_k}{M_n} = \frac{500}{150,23} = 3,32$$

Выведем формулу для отношения $\frac{1}{\lambda}$, то есть $\frac{M_n}{M_k}$, при этом предполагаем что номинальный момент M_n подчиняется общему уравнению для момента:

$$M = \frac{3 p U_{\phi 1}^2 \frac{R_2}{s}}{9,81 \cdot 2 \pi f_1 \left[\left(R_1 + \frac{R_2}{s} \right)^2 + x_k^2 \right]} = \frac{638880}{s \cdot 3080,34 \cdot \left[\left(0,265 + \frac{1,1}{s} \right)^2 + 1,43^2 \right]}$$

При f=40 Гц

Скорость вращения магнитного поля

$$n_0 = \frac{60 f}{p} = \frac{2400}{4} = 600 \text{ об/мин}$$

$$s_n = \frac{n_0 - n_n}{n_0} = \frac{600 - n_n}{600} = 0,066 \rightarrow n_{nf2} = 560,4 \text{ об/мин}$$

Общее уравнение для момента будет выглядеть следующим образом:

$$M = \frac{3 p U_{\phi 1}^2 \frac{R_2}{s}}{9,81 \cdot 2 \pi f_1 \left[\left(R_1 + \frac{R_2}{s} \right)^2 + x_k^2 \right]} = \frac{638880}{s \cdot 2464,27 \cdot \left[\left(0,265 + \frac{1,1}{s} \right)^2 + 1,43^2 \right]}$$

$$M_{nf2} = 13,6 \text{ кгм} = 133,37 \text{ Нм}$$

$$P_{f2} = \frac{M_{nf2} \cdot n_{nf2}}{975} = \frac{13,6 \cdot 560,4}{975} = 7,81 \text{ кВт}$$

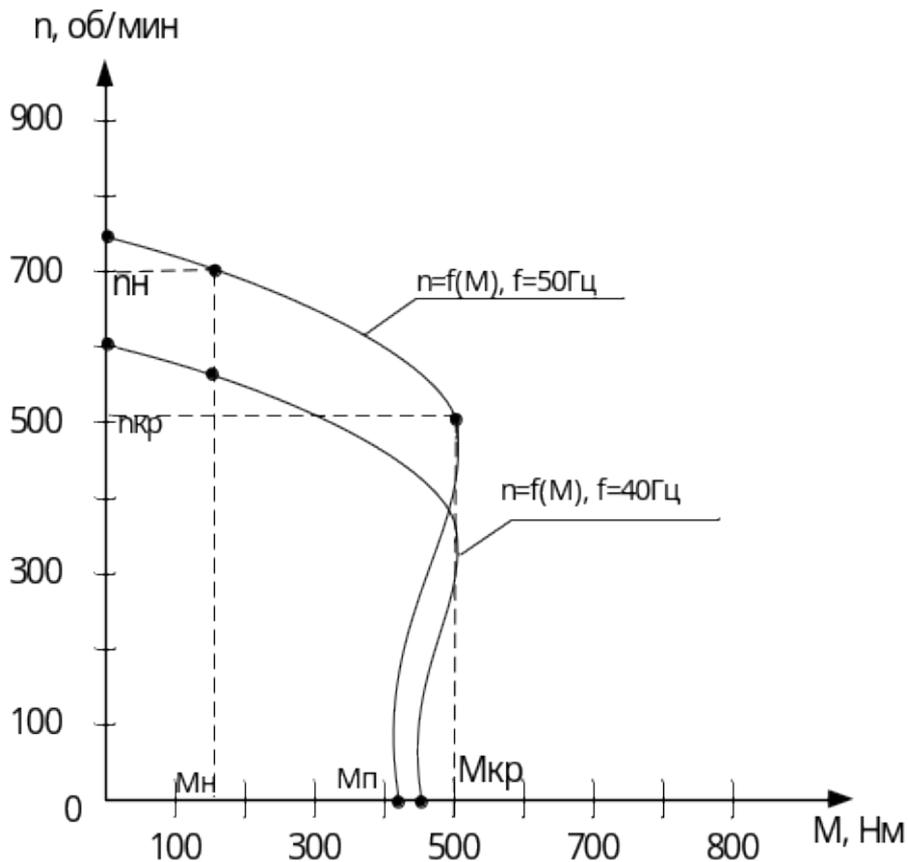


Рисунок 7-Механическая характеристика асинхронного электродвигателя

Задача № 5

Определить расчетную нагрузку жилого дома для исходных данных по своему варианту (табл. 6). При этажности здания больше 5 этажей считать, что на каждый подъезд приходится по одному лифту с мощностью электродвигателя 8 кВт (на каждом этаже дома находится 4 квартиры). Наличие санитарно-технических устройств учесть обобщенной двигательной нагрузкой мощностью 2 кВт на один подъезд.

Таблица 6

Вариант	Данные
14	Электрические плиты, 10 этажей, 600 квартир

Решение:

Из учета общего количества квартир равно 600 и этажности дома равным 10 этажам с учетом нахождения на каждом этаже 4 квартир, можно сделать вывод что в доме находится 15 подъездов.

Расчетная нагрузка квартир при условии наличия электрической плиты в каждой квартире определим по формуле:

$$P_{кв} = P_{кв.уд.} \cdot n = 1,0 \cdot 600 = 600 \text{ кВт}$$

Расчетная нагрузка линии питания лифтовых установок определим по формуле:

$$P_{р.л.} = K_{с.л.} \sum_{\square}^{n_i} P_i = 0,5 \cdot 15 \cdot 8 = 60 \text{ кВт}$$

Расчетная нагрузка линии питания санитарно-технических установок определим по формуле:

$$P_{р.сан.} = K_{с.сан.} \sum_{\square}^{n_i} P_i = 0,7 \cdot 15 \cdot 2 = 21 \text{ кВт}$$

Суммарную нагрузку жилого дома определим по формуле:

$$\sum P_{жил.дом} = P_{кв} + P_{р.л.} + P_{р.сан.} = 600 + 60 + 21 = 681 \text{ кВт}$$