



Рис. 6.18. План расположения сооружений и электрических сетей на площадке технологического комплекса карьера

трансформаторная подстанция, которая установлена в одном здании и предназначена для питания технологических установок в надшахтном здании и зданиях подъемных машин, а также освещения.

§ 64. МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ РАСЧЕТНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ НАГРУЗОК

Расчетные электрические нагрузки при проектировании электроснабжения участка (цеха), группы участков (цехов) и карьера в целом определяют в целях выбора и проверки проводников (шин, кабелей, проводов), коммутационных аппаратов и трансформаторов по нагреву, экономической плотности тока, расчета потерь и отклонения напряжения, выбора защитных устройств и компенсирующих установок.

От правильного определения электрических нагрузок зависят технические и экономические показатели проектируемой системы электроснабжения: капитальные вложения, эксплуатационные расходы, расход цветного металла и потери электроэнергии.

В настоящее время применяют ряд научно обоснованных методов расчета электрических нагрузок: по установленной мощности и коэффициенту спроса, по удельному расходу электроэнергии на единицу продукции при заданной производительности участка или карьера, по удельной нагрузке на единицу производственной площади; по средней мощности и коэф-

фициенту формы группового графика нагрузки, по средней мощности и коэффициенту максимума.

Электрические нагрузки характеризуются мощностью (активной P и реактивной Q) и силой тока I , потребляемыми отдельными электроприемниками, группами электроприемников участка (цеха) или всеми электроприемниками карьера.

При проектировании электроснабжения карьеров применяют также упрощенные методы определения расчетных нагрузок: по удельному расходу электроэнергии на единицу продукции и по установленной (номинальной) мощности и коэффициенту спроса. Однако эти методы — эмпирические, основанные на данных массового обследования режимов работы электрооборудования горных машин и механизмов с последующей обработкой статистических данных, и поэтому имеют недостаток — неточность результата (завышенная или заниженная величина расчетных нагрузок). Определять расчетные нагрузки рекомендуется по более точному методу — упорядоченных диаграмм.

Инструкцией [13] временно, до установления расчетных коэффициентов (использования $K_{и}$, максимума $K_{м}$ и др.), допускается расчет электрических нагрузок угольных разрезов производить двумя методами: 1) нагрузки, создаваемой экскаваторами — по методу удельного расхода электроэнергии в кВт·ч/м³ горной массы; 2) нагрузки, обусловленной всеми остальными горными машинами и механизмами — по методу коэффициента спроса.

Метод удельного расхода электроэнергии на единицу продукции

Для вычисления расчетных электрических нагрузок необходимо знать производительность Π машины, комплексов, участков, карьера в целом за смену (т/смену, м³/смену, т·км/смену и т. д.) и удельный расход электроэнергии на единицу продукции ω_y (кВт·ч/т, кВт·ч/м³, Вт·ч/т·км) и т. д.

Расчетная нагрузка

$$P_p = \frac{\Pi \omega_y}{T}; \quad (6.1)$$

$$Q_p = P_p \operatorname{tg} \varphi, \quad (6.2)$$

где T — продолжительность рабочей смены, ч; P_p — активная нагрузка, кВт; Q_p — реактивная нагрузка, квар.

Этот метод определения расчетных электрических нагрузок применим в тех случаях, когда имеются обоснованные нормы удельного расхода электроэнергии на единицу продукции. Этим методом легко рассчитываются нагрузки участков горных работ, комплексов и электрифицированного транспорта на действующих карьерах, на которых по статистическим данным определены удельные нормы удельного расхода электроэнергии по всем видам работ.

Таблица 6.1

Удельные расходы электроэнергии для различных типов экскаваторов

	Удельный расход электроэнергии (кВт·ч/м³) при грунтах	
	легких	тяжелых
ЭКГ-4,6; ЭКГ-5; ЭВГ-4И; ЭКГ-8И	0,4	0,6
ЭКГ-12,5; ЭКГ-20 (ЭКГ-10У, ЭКГ-6,3У)	0,75	0,85
ЭШ-5,45; ЭШ-10,60; ЭШ-10,70	0,6	1,0
ЭШ-15,90; ЭШ-20,75	1,1	1,35
ЭШ-25,100; ЭВГ-35,65; ЭШ-40,85	1,5	1,7
ЭШ-80,100	1,8	2,0
ЭР-630; ЭР-1250; ЭР-2500	0,5	0,6
ЭРШРД-5000	0,7	—

В инструкции [13] для определения расчетных нагрузок, создаваемых экскаваторами, даются два предела удельных расходов электроэнергии на 1 м³ горной массы при разработке легких и тяжелых грунтов (табл. 6.1).

Метод коэффициента спроса

Величину коэффициента спроса для всех электроприемников карьера, кроме передвижных горных машин, принимают постоянной независимо от числа их в группе (на участке, в цехе, на карьере).

Коэффициент спроса K_c для группы однородных электроприемников

$$K_c = K_z K_o \frac{1}{\eta_{дв} \eta_c}, \quad (6.3)$$

где K_z — коэффициент загрузки; K_o — коэффициент одновременности; $\eta_{дв}$ — средний к. п. д. приемника; η_c — к. п. д. сети.

Коэффициент спроса для передвижных горных машин имеет два предела в зависимости от характера разрабатываемых грунтов (легкие, тяжелые), которые приведены в таблице для одиночных машин и установок. При определении расчетных нагрузок коэффициент спроса принимают по табл. 6.2.

Расчетные нагрузки группы электроприемников $P_{р,гр}$ (кВт) и $Q_{р,гр}$ (квар), кроме передвижных горных машин

$$P_{р,гр} = K_c \sum P_{ном}; \quad (6.4)$$

$$Q_{р,гр} = P_{р,гр} \operatorname{tg} \varphi_p; \quad (6.5)$$

где $\operatorname{tg} \varphi_p$ — величина, соответствующая $\cos \varphi_p$ однородных электроприемников.

Таблица 6.2

Коэффициенты спроса и мощности

Электроприемники	K_c	$\cos \varphi$
Экскаваторы однокорпусные с приводом на постоянном токе на работах: вскрышных	0,5—0,7	0,5—0,65 (0,6—0,75 опережающей)
добычных	0,5—0,75	0,5—0,7 (0,6—0,8 опережающей)
Экскаваторы роторные	0,6—0,7	0,7
Отвалообразователи ленточные	0,6—0,7	0,65
Станки вращательного бурения	0,5—0,7	0,7
Станки ударно-канатного бурения	0,5—0,6	0,65
Конвейеры ленточные	0,6	0,7
Землесосы с приводом до 200 кВт	0,6	0,75
То же, с приводом свыше 200 кВт	0,8	0,9
Насосы всех назначений	0,75	0,75
Средства погрузки угля в железнодорожные вагоны	0,55	0,7
Котельная	0,7	0,75
Дренажная шахта	0,7	0,7
Технологический комплекс	0,6	0,7
Механические мастерские, депо	0,4	0,7
Группы электроприемников обогатительной фабрики	0,5—0,65	0,7—0,75
Освещение	0,8—1,0	0,95—1,0

Расчетные нагрузки нескольких однородных групп электроприемников

$$P'_{р,гр} = K_{с,м} \sum P_{гр}; \quad (6.6)$$

$$Q_{р,гр} = P'_{р,гр} \operatorname{tg} \varphi_{ср}; \quad (6.7)$$

где $K_{с,м}$ — коэффициент участия максимума нагрузки электроприемников групп, принимаемый:

0,45—0,55 — для всех электроприемников промышленной площадки разреза на шинах 0,4 кВ;

0,8—0,85 — для электроприемников горного участка, питающихся от одной участковой подстанции на шинах 0,4 кВ;

0,8—0,9 — для электроприемников вскрышных, добычных и отвальных работ на шинах 6 кВ ГПП;

0,75—0,8 — для всех электроприемников разреза с учетом электровозного транспорта на шинах 35 кВ ГПП;

$\operatorname{tg} \varphi_{ср}$ — средневзвешенное значение коэффициента реактивной мощности:

$$\operatorname{tg} \varphi_{ср} = \frac{\sum Q_{р,гр}}{\sum P_{р,гр}}. \quad (6.8)$$

Расчетные нагрузки на шинах КРП, КТПН, ГПП и в других узлах электрической сети, к которым присоединены одноковшовые экскаваторы с приводом на постоянном токе, зависят от потребляемой мощности электродвигателями главных преобразовательных агрегатов напряжением 6 кВ и электродвигателями вспомогательных механизмов, освещением и отоплением, питающихся от трансформатора собственных нужд напряжением 6,0/0,4—0,23 кВ. На современных экскаваторах мощность трансформаторов собственных нужд составляет 30—400 кВ·А и более.

Для упрощения определения расчетных нагрузок от вспомогательных механизмов и установок освещения и отопления экскаватора с достаточной точностью можно принять загрузку трансформатора $\beta=1$, а средневзвешенный коэффициент мощности всех электроприемников, питающихся от него, $\cos \varphi_{cp} = 0,7 \div 0,75$. Коэффициенты спроса принимаются одинаковыми как для приводных двигателей главных преобразовательных агрегатов, так и для трансформатора собственных нужд экскаватора (табл. 6.2).

Расчетные электрические нагрузки от группы однотипных одноковшовых экскаваторов

$$P_{p,гр(э)} = K_{cm} [\Sigma (P_{ном,дв} + \Sigma P_T)] K_c; \quad (6.9)$$

$$Q_{p,гр(э)} = \Sigma [P_{ном,дв} \operatorname{tg} \varphi_{дв} + P_T \operatorname{tg} \varphi_T] K_c, \quad (6.10)$$

где $P_{ном,дв}$ — номинальная мощность приводного двигателя главного преобразовательного агрегата, кВт; $\operatorname{tg} \varphi$ — коэффициент реактивной мощности, соответствующий номинальному значению $\cos \varphi_{дв}$ приводного двигателя преобразовательного агрегата (для синхронных двигателей $\cos \varphi_{дв} = 0,8 \div 0,9$, т. е. опережающий); $P_T = S_{ном,т} \cos \varphi_T = (0,7 \div 0,75)$; P_T — активная мощность приводов вспомогательных механизмов, кВт; $S_{ном,т}$ — номинальная мощность трансформатора собственных нужд экскаватора, кВ·А; K_c — коэффициент спроса (табл. 6.2); K_{cm} — коэффициент участия в максимуме нагрузок.

Общие расчетные электрические нагрузки $P_{ор}$ и $Q_{ор}$ (кВт) в узле сети (ГПП, ПКТП, КРП), создаваемые всеми электроприемниками данного узла сети, находят суммированием нагрузок отдельных групп экскаваторов, других горных машин, механизмов и установок

$$P_{o,p} = \Sigma P_{p,гр(э)} + \Sigma P'_{p,гр}; \quad (6.11)$$

$$Q_{o,p} = P_{o,p} \operatorname{tg} \varphi_{cp}. \quad (6.12)$$

Здесь $\operatorname{tg} \varphi_{cp}$ — среднее значение коэффициента реактивной мощности, определяемого по суммарным значениям активной и реактивной мощностей всех групп электроприемников.

Общая нагрузка на шинах 35—220 кВ ГПП представляет собой сумму нагрузок всех групп горных машин и механизмов, освещения карьера, электрифицированного транспорта, технологического комплекса и поверхности, а также посторонних потребителей, питающихся от ГПП, с учетом потерь в трансформаторах ГПП.

Метод определения расчетных электрических нагрузок по средней мощности и коэффициенту максимума (метод упорядоченных диаграмм)

Этот метод положен в основу «Указаний по определению расчетных нагрузок в промышленных установках».

При определении расчетной нагрузки в узле сети (ГПП, РП, ПКТП) все однородные по режиму электроприемники с длительным режимом работы и переменной нагрузкой объединяются в отдельные группы. Электроприемники с практически постоянным графиком нагрузки (насосы, вентиляторы, компрессоры, магистральные ленточные конвейеры и др.) объединяются в отдельную группу.

Агрегат (экскаватор, буровой станок и др.), имеющий многодвигательный привод, принимается как единый электроприемник с номинальной мощностью, равной сумме номинальных мощностей всех двигателей.

Для каждой группы электроприемников определяют суммарную номинальную мощность (кВт):

$$P_{ном} = \sum_1^n P_{номi}. \quad (6.13)$$

Номинальные мощности установок с повторно-кратковременным режимом работы приводятся к продолжительному режиму с ПВ = 100%.

Для каждой группы определяют среднюю мощность P_{cp} (кВт) и Q_{cp} (квар) по формулам:

$$P_{cp} = K_n P_{номi}; \quad (6.14)$$

$$Q_{cp} = P_{cp} \operatorname{tg} \varphi, \quad (6.15)$$

где K_n — групповой коэффициент использования, определяется отношением средней нагрузки за наиболее загруженную смену к номинальной мощности работающих в эту смену электроприемников.

В расчетах для каждой группы электроприемников групповой коэффициент использования

$$K_n = \frac{\Sigma P_{номi} K_{ni}}{\Sigma P_{ном}}, \quad (6.16)$$

где K_{ni} — коэффициент использования для каждого электроприемника, значения которых даны в электротехнических спра-

вочниках. Однако коэффициенты использования $K_{и}$ электроприемников (экскаваторов, буровых станков и других передвижных горных машин) в справочниках даны приближенными, поэтому Инструкцией [13] допускается временно определять расчетные нагрузки этих установок методами удельного расхода электроэнергии на единицу продукции и коэффициента спроса.

Максимальная (получасовая) активная мощность (кВт) группы электроприемников

$$P_{\max} = K_{ax} P_{cp} = K_{и} K_{\max} \Sigma P_{ном i}, \quad (6.17)$$

где K_{\max} — коэффициент максимума активной мощности в зависимости от коэффициента использования и эффективного числа электроприемников принимается по табл. 6.3.

Под эффективным (приведенным) числом приемников $n_э$ группы понимают такое число однородных по режиму работы приемников одинаковой мощности, которое обуславливает ту же величину расчетной нагрузки, что и фактически рассматриваемая группа приемников, различных по номинальной мощности и режиму работы.

Эффективное число электроприемников определяют по следующим формулам.

Таблица 6.3

Коэффициент максимума K_{\max} для различных коэффициентов использования $K_{и}$ в зависимости от эффективного числа приемников $n_э$

$n_э$	Значения K_{\max} при $K_{и}$									
	0,1	0,15	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
4	3,43	3,11	2,64	2,14	1,87	1,65	1,46	1,29	1,14	1,05
5	3,23	2,87	2,42	2,00	1,76	1,57	1,41	1,26	1,12	1,04
6	3,04	2,64	2,24	1,88	1,66	1,51	1,37	1,23	1,10	1,04
7	2,88	2,48	2,10	1,80	1,58	1,45	1,33	1,21	1,09	1,04
8	2,72	2,31	1,99	1,72	1,52	1,40	1,30	1,20	1,08	1,04
9	2,56	2,20	1,90	1,65	1,47	1,37	1,28	1,18	1,08	1,03
10	2,42	2,10	1,84	1,60	1,43	1,34	1,26	1,16	1,07	1,03
12	2,24	1,96	1,75	1,52	1,36	1,28	1,23	1,15	1,07	1,03
14	2,10	1,85	1,67	1,45	1,32	1,25	1,20	1,13	1,07	1,03
16	1,99	1,77	1,61	1,41	1,28	1,23	1,18	1,12	1,07	1,03
20	1,84	1,65	1,50	1,34	1,24	1,20	1,15	1,11	1,06	1,03
25	1,71	1,55	1,40	1,28	1,21	1,17	1,14	1,10	1,06	1,03
30	1,62	1,46	1,34	1,24	1,19	1,16	1,13	1,10	1,05	1,03
40	1,50	1,37	1,27	1,19	1,15	1,13	1,12	1,09	1,05	1,02
45	1,45	1,33	1,25	1,17	1,14	1,12	1,11	1,08	1,04	1,02
50	1,40	1,30	1,23	1,16	1,14	1,11	1,10	1,08	1,04	1,02
60	1,32	1,25	1,19	1,14	1,12	1,11	1,09	1,07	1,03	1,02
70	1,27	1,22	1,17	1,12	1,10	1,10	1,09	1,06	1,03	1,02
80	1,25	1,20	1,15	1,11	1,10	1,10	1,08	1,06	1,03	1,02
90	1,23	1,18	1,13	1,10	1,09	1,09	1,08	1,05	1,02	1,02
100	1,21	1,17	1,12	1,10	1,08	1,08	1,07	1,05	1,02	1,02

1. Если число фактических приемников в группе $n \geq 4$ и при этом соблюдается условие $m = \frac{P_{ном \max}}{P_{ном \min}} \leq 3$, а также если все электроприемники имеют одинаковую мощность, то $n_э = n$, где $P_{ном \max}$ и $P_{ном \min}$ — номинальная активная мощность наибольшего и наименьшего приемника в группе; n — фактическое число приемников в группе.

2. При $m > 3$ и $K_{и} \geq 0,2$

$$n_э = \frac{2 \sum_{i=1}^n P_{ном i}}{P_{ном \max}}, \quad (6.18)$$

где $\Sigma P_{ном i}$ — суммарная номинальная мощность всех электроприемников в группе; $P_{ном \max}$ — мощность наибольшего электроприемника.

Если в этом случае эффективное число $n_э$ будет больше фактического n , то принимают $n_э = n$.

3. При $m > 3$ и $K_{и} < 0,2$

$$n_э = \frac{0,95 P_{ном}^2}{\frac{P_{ном i}}{n_1} + \frac{(P_{ном} - P_{ном i})^2}{n - n_1}}, \quad (6.19)$$

где n — фактическое число приемников в рассматриваемой группе; n_1 — число наибольших приемников в группе, мощность каждого из которых не менее половины мощности наибольшего приемника; $P_{ном}$ — суммарная номинальная мощность приемников всей группы; $P_{ном i}$ — суммарная номинальная мощность n_1 наибольших электроприемников.

Нагрузки резервных электроприемников при расчете средних и максимальных нагрузок не учитывают.

Расчетная реактивная нагрузка группы электроприемников с переменным графиком

$$\text{при } n_э \leq 10 \quad Q_p = 1,1 Q_{cp}; \quad (6.20)$$

$$\text{при } n_э > 10 \quad Q_p = Q_{cp}, \quad (6.21)$$

где Q_{cp} — средняя реактивная мощность группы электроприемников, определяется по формуле $Q_{cp} = P_{cp} \text{tg } \varphi_{cp}$ ($\text{tg } \varphi_{cp}$ — коэффициент реактивной мощности, соответствует средневзвешенному коэффициенту мощности приемников).

Реактивную нагрузку синхронных двигателей принимают со знаком «минус».

Для группы электроприемников с $K_{и} \geq 0,6$ и коэффициентом заполнения графика $K_{з,г} \geq 0,9$ коэффициент максимума $K_{\max} = 1$, а максимальная (получасовая) мощность равна средней мощности:

$$P_{\max} = K_{\max} P_{\text{ср}} = P_{\text{ср}} \quad (6.22)$$

$$Q_{\max} = Q_{\text{ср}}$$

Пример 6.1.

От передвижной подстанции ПКТПН-35/6 кВ угольного разреза питаются два экскаватора ЭШ-10.70 и три ЭКГ-8И. За семичасовую смену переработано горной массы экскаваторами ЭКГ-80 $\Pi_1 = 14\,100 \text{ м}^3$ и ЭШ-10.70 $\Pi_2 = 10\,080 \text{ м}^3$. Определить нагрузку на шинах 6 кВ подстанции.

Решение.

1. По табл. 6.1 принимаем удельный расход электроэнергии ЭКГ-8И $\omega_{y1} = 0,4 \text{ кВт} \cdot \text{ч}/\text{м}^3$ и ЭШ-10.70 $\omega_{y2} = 0,6 \text{ кВт} \cdot \text{ч}/\text{м}^3$.

2. Коэффициент совмещения максимума принимаем $K_{с,м} = 0,9$.

3. Расчетная нагрузка на шинах 6 кВ ПКТПН

$$P_p = K_{с,м} \frac{\Pi_1 \omega_{y1} + \Pi_2 \omega_{y2}}{t_{с,м}} = 0,9 \left(\frac{14\,100 \cdot 0,4 + 10\,080 \cdot 0,6}{7} \right) = 1510 \text{ кВт.}$$

$$Q_p = P_p \operatorname{tg} \varphi = 1510 \cdot 0,9 = 1359 \text{ квар.}$$

Пример 6.2.

На добычном участке находятся в работе три ленточных конвейера с электродвигателями мощностью по $P_{\text{лк}} = 50 \text{ кВт}$, два буровых станка с двигателями мощностью $P_{6,ст1} = 10 \text{ кВт}$ и $P_{6,ст2} = 40 \text{ кВт}$, насос местного водоотлива с двигателем $P_{\text{ном}} = 40 \text{ кВт}$, освещение от одной лампы ДКСТ 20 кВт. Определить нагрузку на шинах 0,4 кВ участковой подстанции.

Решение.

Коэффициенты спроса принимают по табл. 6.2, а коэффициент совмещения максимума 0,8 (см. выше).

Расчетная нагрузка, создаваемая всеми электроприемниками,

$$P_p = (3P_{\text{лк}}K_c + P_{6,ст1}K_c + P_{6,ст2}K_c + P_{\text{ном}}K_c + P_0) K_{с,м} = \\ = (150 \cdot 0,6 + 10 \cdot 0,5 + 40 \cdot 0,7 + 40 \cdot 0,75 + 20 \cdot 0,9) \cdot 0,8 = 137 \text{ кВт,}$$

$$Q_p = \sum P_{pi} \operatorname{tg} \varphi_i = 90 \cdot 0,97 + 5 \cdot 1,0 + 28 \cdot 1,0 + 30 \cdot 0,88 + 18 \cdot 0,33 = 152 \text{ квар.}$$

Пример 6.3.

Определить расчетную нагрузку электроприемников электромеханического цеха карьера. Установленная мощность электроприемников сгруппирована по участкам цеха. Расчет произведен по средней мощности и коэффициенту максимума. Все данные расчета сведены в табл. 6.4.

§ 65. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЧИСЛА И МОЩНОСТИ ТРАНСФОРМАТОРОВ ПОДСТАНЦИИ

На ГПП карьеров, имеющих потребители 1-й и 2-й категорий по бесперебойности электроснабжения, должно быть установлено два трансформатора. При аварии или выводе в плановый ремонт одного из них второй должен обеспечивать всю нагрузку потребителей. На карьерах, для электроснабжения которых сооружается несколько ГПП, на каждой из них может быть установлен один трансформатор, а резервирование осуществляется в этом случае по соединительным линиям напряжением 6 кВ.

На участковых подстанциях ПКТП 35—110/6 и 6,0/0,4 устанавливают по одному трансформатору, мощность которого

Таблица 6.4

Данные для расчета нагрузки электроприемников

Узлы и группы приемников	Количество приемников n	Установленная мощность, приведенная к ПВ = 100%, кВт		Соотношение $\frac{P_{\text{ном, макс}}}{P_{\text{ном, мин}}}$	Коэффициент использования $K_{\text{и}}$	$\operatorname{tg} \varphi$	Средняя нагрузка		Эффективное число приемников $n_{\text{э}}$	Коэффициент максимума $K_{\text{макс}}$	Расчетная нагрузка	
		одного приемника	общая				$P_{\text{ср}}$, кВт	$Q_{\text{ср}}$, квар			$P_{\text{р}}$, кВт	$Q_{\text{р}}$, квар
Электроцех	9	2,5—22	78,4	3	0,39	0,84	30,5	25,6	7,1	1,58	48,1	28,2
Сварочный участок	7	1,7—22	94,6	3	0,31	1,3	29,6	38,5	8,6	1,7	50,5	41,4
Механический участок 1	19	2,8—17	135,8	3	0,21	1,4	28,4	39,8	16	1,61	45,6	40,7
Механический участок 2	5	1,2—22	41,3	3	0,43	0,77	17,7	13,5	3,7	1,87	32,9	14,9
Кузница	2	7	14,0	—	0,35	1,35	4,9	6,6	—	—	4,9	6,6
Компрессор	1	10	10,0	—	0,7	0,62	7,0	4,3	—	—	7,0	4,3
Всего по цеху	43	1,2—22	1	3	0,34	0,91	118,1	128,3	33,9	1,22	144	130