

В.И.Пупкин

ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ СТРОИТЕЛЬНЫХ ПЛОЩАДОК

**Санкт-Петербург
2014**

УДК 658.382.3:621.31(2.5)

Рецензент канд. техн. наук, доцент В. Я. Соколов (СПбГАСУ)

Электроснабжение строительных площадей: метод. указания / сост.: В. В. Резниченко, Б. Н. Воронков; СПбГАСУ. – СПб., 2014 – 23 с.

Методические указания к выполнению проекта по «Электроснабжению», целью которого является закрепление знаний по методам расчета систем электроснабжения строительных площадей.

Указания включают краткое изложение вопросов теории, порядок расчета и пояснение к оформлению работы.

© Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет, 2014

ВВЕДЕНИЕ

Энерговооруженность современного строительства неизменно растет. В настоящее время в ведении инженера-строителя находятся башенные краны, электросварочное оборудование, электрооборудование бетоносмесительных отделений, электроинструмент и т. д.

В связи с этим становится очевидным необходимость для будущего инженера-строителя определенных знаний и навыков в электроснабжении строительства.

Данная курсовая работа имеет целью познакомить студентов с некоторыми, наиболее важными задачами, связанными с вопросами электроснабжения строительных площадок, и научить их практически решать эти задачи на примерах расчета электроснабжения строительства конкретного объекта.

При этом основное внимание обращается на расчет потребляемой мощности строительной площадки с учетом особенностей установленных на ней электроприемников, выбор силовых трансформаторов и средств компенсации реактивной мощности, а также выбору сечения кабелей.

Раздел 1. РАСЧЕТ МОЩНОСТИ, ПОТРЕБЛЯЕМОЙ СТРОИТЕЛЬНОЙ ПЛОЩАДКОЙ

Расчет производится с целью объективной оценки электрической нагрузки строительной площадки. От правильной оценки зависит стоимость сетей электроснабжения строительной площадки, затраты на их сооружение, величина потерь электроэнергии и эксплуатационных расходов.

При этом если допущена ошибка в сторону уменьшения расчетных нагрузок, то это вызовет повышение потерь электроэнергии в сети, ускорит износ электрооборудования. При завышении расчетных электрических нагрузок возрастут капитальные затраты на сооружение сетей электроснабжения, будет неполно использоваться электрооборудование и линии электроснабжения.

В настоящее время для определения расчетных (ожидаемых) нагрузок применяют такие методы, как:

- метод установленной мощности и коэффициента спроса;
- метода упорядоченных диаграмм нагрузок;
- метод удельного расхода электроэнергии на единицу продукции, и др.

Одним из наиболее простых и достаточно распространенных является метод установленной мощности и коэффициента спроса.

Рассмотрим основные положения этого метода.

Под установленной мощностью электроприемника, работающего в продолжительном режиме ($PВ = 1$), понимают номинальную активную мощность P_n , указанную заводом-изготовителем в его паспорте:

$$P_y = P_n [\text{кВт}].$$

Если задана полная номинальная мощность, то номинальную активную мощность P_n можно рассчитать по формуле:

$$P_n = S_n \cdot \cos\varphi_n ,$$

где S_n – номинальная полная мощность электроприемника, кВА; $\cos\varphi_n$ – его номинальный коэффициент мощности.

Здесь и далее под ПВ (продолжительностью включения) понимают отношение времени работы электроприемника t_p к времени полного цикла $t_{ц}$, т. е.

$$ПВ = \frac{t_p}{t_u}$$

Для определения установленной мощности электроприемника, работающего в поворотно-кратковременном режиме ($ПВ < 1$) его номинальную мощность $P'_н$ приводят к номинальной мощности продолжительно режима $P_н$ по формуле:

$$P_y = P'_н = P_н \sqrt{ПВп}$$

где $P_н$ – паспортная номинальная активная мощность электроприемника, кВт; ПВп – паспортная продолжительность включения.

В результате анализа работы различных потребителей электроэнергии на строительстве установлено, что:

- строительные машины и механизмы, а следовательно, и электрооборудование, далеко не всегда загружается в процессе работы до своей номинальной мощности;
- группы однородных механизмов (краны, сварочные аппараты, насосы, компрессоры и т. д.) работают таким образом, что максимальные их нагрузки не совпадают по времени. Так, например, в какой-то момент времени один из башенных кранов стройплощадки поднимает груз максимальной массы, а другой в это время опускает свободный крюк и т. д.

Отсюда следует, что расчетная мощность P_p группы однородных потребителей электроэнергии, работающих с переменной нагрузкой, всегда меньше ее установленной мощности.

Для каждой группы однородных электроприемников выделяют поэтому определенное соотношение между величинами расчетной P_p и установленной P_y мощностями, которое называют коэффициентом спроса K_c

$$K_c = \frac{P_p}{P_y}.$$

Этот коэффициент является статистической характеристикой объекта и определяется по справочным таблицам (см. прил. 1).

Алгоритм расчета потребляемой стройплощадкой мощности по методу установленной мощности и коэффициента спроса следующий:

1. Все потребители электрической энергии разбиваются на группы однородных по режиму работы приемников.

2. Определяется величина расчетной активной мощности для каждой из групп потребителей. Если электродвигатели строительных машин и механизмов работают в продолжительном режиме (ПВ = I),

расчет ведется по формуле:

$$P_p = K_c \cdot \sum P_n, \quad (1)$$

где K_c – коэффициент спроса потребителей электроэнергии; P_n – установленная мощность отдельного электроприемника; n – число электроприемников данной группы.

Если электрические двигатели строительных механизмов и машин работают в повторно–кратковременном режиме (ПВ < I), то номинальная активная мощность каждого из них приводится к длительному режиму работы по формуле:

$$P'_n = P_n \cdot \sqrt{\text{ПВп}}, \quad (2)$$

где P_n – номинальная активная мощность электроприемника, указанная в паспорте, при паспортной продолжительности включения ПВп.

Для сварочных машин и трансформаторов активная номинальная мощность рассчитывается по формуле:

$$P_n = S_n \cdot \cos \varphi_n, \quad (3)$$

где S_n – номинальная полная мощность электроприемника, указанная в паспорте,

$\cos \varphi_n$ – его паспортный коэффициент мощности.

1. Определяется расчетная активная мощность всей стройплощадки как сумма расчетных активных мощностей отдельных групп электроприемников по формуле:

$$P = \sum P_p, \quad (4)$$

где m – число приемников электрической энергии.

2. Определяются реактивные расчетные мощности для каждой из групп потребителей электроэнергии по формуле:

$$Q_p = P_p \cdot \operatorname{tg} \varphi, \quad (5)$$

где φ – угол фазового сдвига.

3. Определяется расчетная реактивная мощность всей строительной площадки как сумма расчетных реактивных мощностей отдельных групп электроприемников по формуле:

$$Q = \sum Q_p. \quad (6)$$

4. Определяется расчетная полная мощность всей стройплощадки по формуле:

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2} . \quad (7)$$

5. Определяется коэффициент мощности стройплощадки по формуле:

$$\cos\varphi = \frac{P}{S} . \quad (8)$$

6. Расчетные мощности уточняются с учетом несовпадения во времени максимумов нагрузки отдельных групп потребителей. Это несовпадение оценивается коэффициентом участия в максимуме нагрузки K_m , принимаемым равным 0,8–0,9.

Таким образом, окончательные значения расчетных мощностей вычисляются по формулам:

$$P_{\text{расч}} = K_m \cdot P ; \quad (9)$$

$$Q_{\text{расч}} = K_m \cdot Q ; \quad (10)$$

$$S_{\text{расч}} = K_m \cdot S = K_m \cdot \sqrt{P_{\text{расч}}^2 + Q_{\text{расч}}^2} . \quad (11)$$

Полученные значения используются при выборе трансформаторов понижающей трансформаторной подстанции, подающей электроэнергию на стройплощадку.

Пример I. Определить расчетные активную, реактивную и полную мощности, потребляемые строительной площадкой, согласно данным, приведенным в табл. 1.

Таблица 1

Исходные данные для расчета мощностей

Задано					Определено из прил. 1
Наименования групп электроприемников		Суммарная установленная мощность P_{Σ} , кВт	$\cos\varphi$	ПВ	Коэффициент спроса K_c
	1	2	3	4	5
БК	Башенный кран	55	0,5	0,25	0,3
	1	2	3	4	5
БСО	Вибраторы (ВБ)	8,2	0,5	0,25	0,25
	Растворонасосы (РН)	6,2	0,8	1,0	0,7
	Компрессоры (К)	40	0,8	1,0	0,8
СК	Ручной электроинструмент (РИ)	4,4	0,4	0,4	0,25
	Сварочные трансформаторы (СТ)	= 64,0 кВА	0,4	0,6	0,3

Примечание. БК – башенный кран; БСО – бетономесительное отделение; СК – строящийся корпус.

1. Определяем величины активных расчетных мощностей отдельных групп электроприемников по формулам (1), (2), (3):

– для башенного крана:

$$P_{\Sigma\text{БК}} = P_{\text{БК}} = 55 \cdot \sqrt{0,25} = 27,5 \text{ кВт};$$

$$P_{\text{рБК}} = K_{\text{сБК}} \cdot P_{\Sigma\text{БК}} = 0,3 \cdot 27,5 = 8,25 \text{ кВт}.$$

– для вибраторов:

$$P_{\Sigma\text{ВБ}} = P_{\text{ВБ}} = 8,2 \cdot \sqrt{0,25} = 4,1 \text{ кВт};$$

$$P_{\text{рВБ}} = K_{\text{сВБ}} \cdot P_{\Sigma\text{ВБ}} = 0,25 \cdot 4,1 = 1,025 \text{ кВт}.$$

– для растворнасосов:

$$P_{\text{рРН}} = K_{\text{сРН}} \cdot P_{\text{РН}} = 0,7 \cdot 6,2 = 4,3 \text{ кВт};$$

– для компрессоров:

$$P_{\text{рК}} = K_{\text{сК}} \cdot P_{\text{нК}} = 0,8 \cdot 40 = 32 \text{ кВт}.$$

– для ручного электроинструмента:

$$P_{\text{нРИ}} = P_{\text{нРИ}} = 4,4 \cdot \sqrt{0,4} = 2,78 \text{ кВт};$$

$$P_{\text{рРИ}} = K_{\text{сРИ}} \cdot P_{\text{нРИ}} = 0,25 \cdot 2,78 = 0,695 \text{ кВт}.$$

– для сварочных трансформаторов:

$$P_{\text{нСТ}} = S_{\text{нСТ}} \cdot \cos\varphi_{\text{нСТ}} = 64 \cdot 0,4 = 25,6 \text{ кВт};$$

$$P_{\text{рСТ}} = K_{\text{сСТ}} \cdot P_{\text{нСТ}} = 0,3 \cdot 25,6 = 7,68 \text{ кВт}.$$

2. Определяем величину активной расчетной мощности всей строительной площадки по формуле (4):

$$\begin{aligned} P &= P_{\text{рБК}} + P_{\text{рВБ}} + P_{\text{рРН}} + P_{\text{рК}} + P_{\text{рРИ}} + P_{\text{рСТ}} = \\ &= 7,68 + 1,025 + 4,34 + 8,25 + 0,695 + 32 = 53,99 \approx 54 \text{ кВт}. \end{aligned}$$

3. Определяем величины реактивных расчетных мощностей отдельных групп электроприемников по формуле (5):

– для башенного крана:

$$Q_{\text{рБК}} = P_{\text{рБК}} \cdot \operatorname{tg}\varphi_{\text{БК}} = 8,25 \cdot 1,73 = 14,27 \text{ квар};$$

– для вибраторов:

$$Q_{\text{рВБ}} = P_{\text{рВБ}} \cdot \operatorname{tg}\varphi_{\text{ВБ}} = 1,025 \cdot 1,73 = 1,773 \text{ квар};$$

– для растворнасосов:

$$Q_{\text{рРН}} = P_{\text{рРН}} \cdot \operatorname{tg}\varphi_{\text{РН}} = 4,34 \cdot 0,75 = 3,255 \text{ квар};$$

– для компрессоров:

$$Q_{\text{рК}} = P_{\text{рК}} \cdot \operatorname{tg}\varphi_{\text{К}} = 32 \cdot 0,75 = 24 \text{ квар};$$

– для ручного электроинструмента:

$$Q_{\text{рРИ}} = P_{\text{рРИ}} \cdot \operatorname{tg}\varphi_{\text{РИ}} = 0,695 \cdot 2,29 = 1,59 \text{ квар};$$

– для сварочных трансформаторов:

$$Q_{\text{рСТ}} = P_{\text{рСТ}} \cdot \operatorname{tg}\varphi_{\text{СТ}} = 7,68 \cdot 2,29 = 17,6 \text{ квар}.$$

4. Определяем величину реактивной расчетной мощности всей строительной площадки по формуле (6):

$$\begin{aligned} Q &= Q_{\text{рБК}} + Q_{\text{рВБ}} + Q_{\text{рРН}} + Q_{\text{рК}} + Q_{\text{рРИ}} + Q_{\text{рСТ}} = \\ &= 14,27 + 1,773 + 3,255 + 24 + 1,59 + 17,6 = 62,488 \approx 62,5 \text{ квар}. \end{aligned}$$

5. Определяем расчетную полную мощность и $\cos\varphi$ всей строительной площадки по формулам (7) и (8):

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2} = \sqrt{54^2 + 62,5^2} = 82,6 \text{ кВА};$$

$$\cos\varphi = \frac{P}{S} = \frac{54}{82,6} = 0,864.$$

6. Уточняем величины расчетных мощностей с учетом коэффициента участия в максимуме нагрузки K_m , который принимаем равным 0,85 по формулам (9), (10), (11):

$$P_{\text{расч}} = K_m \cdot P = 0,85 \cdot 54 = 45,9 \text{ кВт};$$

$$Q_{\text{расч}} = K_m \cdot Q = 0,85 \cdot 62,5 = 53,1 \text{ квар};$$

$$S_{\text{расч}} = K_m \cdot S = 0,85 \cdot 82,6 = 70,2 \text{ кВА},$$

или

$$S_{\text{расч}} = \sqrt{P_{\text{расч}}^2 + Q_{\text{расч}}^2} = \sqrt{45,9^2 + 53,1^2} = 70,2 \text{ кВА}.$$

Таким образом, полная расчетная мощность всей строительной площадки $S_{\text{расч}} = 70,2 \text{ кВА}$; исходя из этого значения можно выбрать мощность трансформатора понижающей трансформаторной подстанции (подробнее см. Раздел 3).

Раздел 2. ВЫБОР КОМПЕНСИРУЮЩИХ УСТРОЙСТВ ДЛЯ СТРОЙПЛОЩАДКИ

Необходимость выбора соответствующих компенсирующих устройств связана с тем, что, согласно «Правилам устройства электроустановок (ПУЭ)», допустимая величина коэффициента мощностей потребителей электроэнергии стройплощадки должна быть в пределах 0,92-0,95, а по результатам расчета она оказывается практически всегда значительно меньше.

Коэффициент мощности является очень важным энергетическим фактором, что можно доказать следующим примером.

Пример 1. Если реактивная мощность передается при $\cos\varphi = 1$, то ток в цепи равен:

$$I = \frac{P}{v \cdot \cos\varphi} = \frac{P}{v}.$$

Если же активная мощность передается при $\cos\varphi = 0,5$, то:

$$I = \frac{P}{0,5 \cdot v} = 2 \cdot \frac{P}{v},$$

т. е. ток по сравнению с первым случаем увеличивается в два раза.

Современные потребители переменного тока (электродвигатели, трансформаторы и т. п.) создают в электрических цепях сдвиг тока по фазе относительно напряжения в сторону отставания на угол $\varphi < 90^\circ$, т. е. создаются условия, когда:

$$0 < \cos\varphi < 1$$

Это обстоятельство приводит к последствиям, имеющим большое народнохозяйственное значение.

1. Приведенный пример показывает, что при данной активной мощности ток будет тем больше, чем меньше $\cos\varphi$.

Обмотки генераторов, двигателей и других электроустановок рассчитаны на токи определенной величины, потому загрузка их реактивной мощностью, т. е. работа при низких значениях $\cos\varphi$, снижает отдачу активной мощности. Другими словами, снижение $\cos\varphi$ приводит к уменьшению реальной полезной мощности электростанций, что крайне нежелательно.

2. Снижение $\cos\varphi$ ограничивает пропускную способность электрических сетей, так как она определяется максимально допустимой величиной тока. Для передачи необходимой активной мощности при

низком $\cos\varphi$, требуются провода большого сечения, большой расход материалов, большие капитальные затраты.

3. Повышение величины тока в сетях ведет к существенному увеличению потерь энергии на нагрев проводов и к увеличению падения напряжения в линии передач, т. е. к снижению напряжения на концах линии передачи. Поддержание напряжения на должном уровне требует дополнительных капиталовложений.

Чтобы увеличить $\cos\varphi$ и сократить потери электроэнергии в электрооборудовании стройплощадки, могут быть применены методы естественной и искусственной компенсации коэффициента мощности.

Основными методами естественной компенсации являются следующие:

а) повышение загрузки электрооборудования строительных механизмов до номинальной мощности и увеличение равномерности его работы,

б) ликвидация режимов холостого хода у асинхронных двигателей и сварочных трансформаторов,

в) замена незагруженных электродвигателей электродвигателями меньшей мощности, что всегда целесообразно, если средняя нагрузка двигателя составляет менее 45 % от номинальной.

К методам искусственной компенсации относят использование статических конденсаторов и синхронных двигателей.

Наиболее простым представляется использование для искусственного повышения $\cos\varphi$ батарей конденсаторов.

Компенсация сдвига фаз с помощью конденсаторов основана на резонансных явлениях, что поясняется рис. 1:

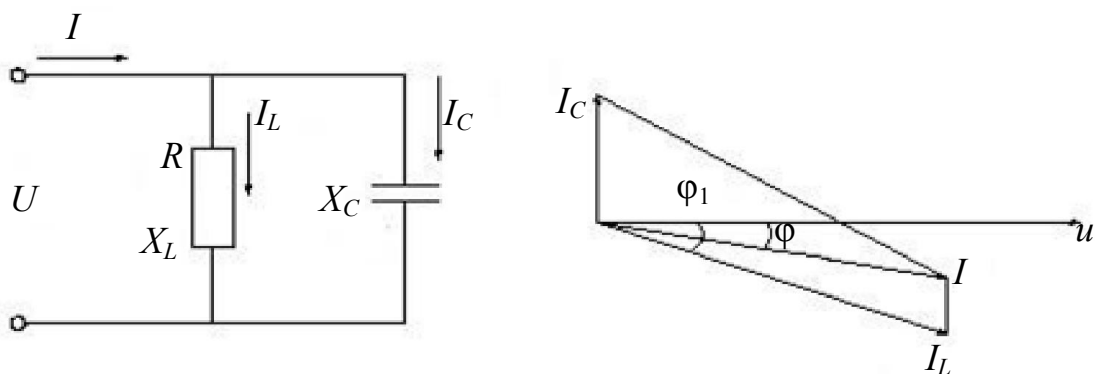


Рис. 1

Ток I_1 , потребляемый основными приемниками, отстает по фазе от напряжения на угол φ_1 . Ток конденсаторов I_c опережает напряжение на угол 90° . Суммарный ток I , забираемый от электростанции и протекающей по линии, равен геометрической сумме I_1 и I_c , т. е. I меньше чем I_1 , угол φ близок к нулю, следовательно, $\cos\varphi$ близок к единице.

Реактивная мощность компенсирующего устройства может быть определена по формуле

$$Q_{\text{ку}} = P_{\text{расч}} (\tan\varphi_1 - \tan\varphi_2), \quad (12)$$

где φ_1 – угол сдвига фаз до компенсации; φ_2 – угол сдвига фаз после компенсации; $P_{\text{расч.}}$ – расчетная активная мощность строительной площадки.

Практически емкостные компенсаторы – батареи конденсаторов, включенных параллельно в систему трехфазного тока по схеме «треугольник». Компенсирующее устройство может быть установлено на стороне низшего напряжения трансформаторной подстанции (централизованная компенсация), у магистральных шкафов (групповая компенсация) или непосредственно у потребителей электроэнергии (индивидуальная компенсация).

Пример 2. Выбрать компенсирующее устройство для повышения коэффициента мощности электрооборудования строительной площадки, полученного в результате расчетов в примере I, от величины 0,864 до величины 0,95.

В соответствии с формулой (12) рассчитываем реактивную мощность компенсирующего устройства:

$$Q_{\text{ку}} = 45,9 \cdot (0,582 - 0,328) = 11,65 \text{ квар.}$$

Из таблицы Прил. 2 по результатам расчета выбираем для компенсации косинусные конденсаторы типа КМ-0, 38–13 номинальной мощностью $Q_n = 13$ квар.

Раздел 3. ВЫБОР МОЩНОСТИ СИЛОВОГО ТРАНСФОРМАТОРА

Наиболее целесообразным с технической и экономической точек зрения является использование для электроснабжения строительной площадки стационарных трансформаторных подстанций, получающих питание от высоковольтных сетей энергосистем.

Электрическую энергию от этих сетей принимают главные понижающие подстанции. На сторону высшего напряжения таких подстанций подается напряжение от 1150 В до 35 кВ, а на стороне низшего получают напряжение 6 или 10 кВ. Это напряжение поступает на распределительные трансформаторные подстанции строительных площадок, где оно понижается до 0,4 кВ (реже до 0,23 кВ) и подается на электроприемники строительного оборудования, механизмов и машин.

По конструктивному исполнению стационарные трансформаторные подстанции подразделяются на закрытые, расположенные в закрытых помещениях, и открытые, все оборудование которых устанавливается на открытом воздухе.

В городских электрических сетях применяют закрытые подстанции оборудованные трансформаторами с первичным напряжением 6 или 10 кВт и вторичным 0,4/0,23 кВт с воздушными или кабельными вводами.

Цель настоящего раздела – выбрать силовой трансформатор трансформаторной подстанции по рассчитанной мощности строительной площадки с учетом потерь в самом трансформаторе и мощности компенсирующих устройств. при выборе трансформатора трансформаторной подстанции используют расчетные активную $P_{\text{расч}}$, реактивную $Q_{\text{расч}}$ и полную $S_{\text{расч}}$ мощности (формулы 9,10,11). Однако при этом необходимо учитывать мощность установленных компенсирующих устройств $Q_{\text{ку}}$ (формула 12), активную $\Delta P_{\text{тр}}$ и реактивную $\Delta Q_{\text{тр}}$ мощности потерь в самом трансформаторе, величину которых оценивают по соотношениям

$$\Delta P_{\text{тр}} = (0,02 \div 0,025) S_{\text{тр}}; \quad (13)$$

$$\Delta Q_{\text{тр}} = (0,105 \div 0,125) S_{\text{тр}}; \quad (14)$$

где $S_{\text{тр}}$ – номинальная мощность трансформатора, указанная в его паспорте, кВт.

Таким образом, алгоритм действий при выборе мощности силового трансформатора следующий.

1. Вначале рассчитывается реактивная мощность строительной площадки с учетом мощности компенсирующего устройства

$$Q_{\text{ку}} Q' = Q_{\text{расч}} - Q_{\text{ку}}. \quad (15)$$

2. Имея в виду, что активная мощность от ввода компенсирующего устройства не меняется, т. е. $P' = P_{\text{расч}}$, определяется полная расчетная стройплощадки :

$$S' = \sqrt{(P')^2 + (Q')^2}. \quad (16)$$

3. По величине мощности S' , используя таблицу Прил. 3, осуществляется предварительный выбор трансформатора; его мощность должна быть больше S' , т. е.

$$S_{\text{тр}} > S'. \quad (17)$$

4. Рассчитываются потери в трансформаторе $\Delta P_{\text{тр}}$ и $\Delta Q_{\text{тр}}$ (формулы 13 и 14).

5. Определяются общие расчетные мощности стройплощадки :

$$P_{\text{общ}} = P' + \Delta P_{\text{тр}}; \quad (18)$$

$$Q_{\text{общ}} = Q' + Q_{\text{тр}}; \quad (19)$$

$$S_{\text{общ}} = \sqrt{(P_{\text{общ}})^2 + (Q_{\text{общ}})^2}. \quad (20)$$

6. Проверяется соотношение $S_{\text{тр}} \geq S_{\text{общ}}$.

Если полная мощность выбранного трансформатора $S_{\text{тр}}$ больше или равна $S_{\text{общ}}$, т. е.

$$S_{\text{тр}} \geq S_{\text{общ}}, \quad (21)$$

то останавливаются на этом трансформаторе. Если же условие (21) не выполняется, то выбирается трансформатор, имеющий следующую, большую мощность по шкале стандартных мощностей (Прил. 3). При этом проверка по величине потерь не проводится.

Пример 3. Выбрать силовой трансформатор для строительной площадки по результатам расчетов в примерах 1 и 2.

Исходными данными являются $P_{\text{расч}} = 45,9$ кВт;
 $Q_{\text{расч}} = 53,1$ кВАр; $S_{\text{расч}} = 70,2$ кВА; $Q_{\text{ку}} = 11,65$ кВАр.

1. Рассчитываем реактивную мощность стройплощадки с учетом мощности компенсирующего устройства $Q_{\text{ку}}$ по формуле (15):

$$Q' = Q_{\text{расч}} - Q_{\text{кк}} = 53,1 - 11,65 = 41,45 \text{ кВАр.}$$

2. Определяем полную расчетную мощность стройплощадки по формуле (16):

$$S' = \sqrt{(P')^2 + (Q')^2} = \sqrt{45,9^2 + 41,045^2} = 61,84 \text{ кВА.}$$

3. По результатам, полученным в п.2, используя Прил. 3, проводим предварительный выбор трансформатора, исходя из того, что его мощность должна быть больше S' .

Выбираем трансформатор типа ТМ-63/10 мощностью $S_{\text{тр}} = 63 \text{ кВ.}$

4. Рассчитываем потери в трансформаторе $\Delta P_{\text{тр}}$ и $\Delta Q_{\text{тр}}$ (формулы 13 и 14):

$$\Delta P = 0,02 \cdot S_{\text{тр}} = 1,26 \text{ кВт;;}$$

$$\Delta Q_{\text{тр}} = 0,02 \cdot S_{\text{тр}} = 7,56 \text{ кВАр.}$$

5. Определяем общие расчетные мощности стройплощадки по формулам (18), (19), (20):

$$P_{\text{тр}} = P + \Delta P_{\text{тр}} = 45,9 + 1,26 = 47,16 \text{ кВт;}$$

$$Q_{\text{общ}} = Q' + \Delta Q_{\text{тр}} = 41,45 + 7,56 = 49,01 \text{ кВА;}$$

$$S_{\text{общ}} = \sqrt{(P_{\text{общ}})^2 + (Q_{\text{общ}})^2} = \sqrt{47,16^2 + 49,01^2} = 68 \text{ кВА}$$

6. Проверяем соотношение (21).

В нашем случае условие (21) не выполняется, т. е. $S_{\text{тр}} < S_{\text{общ}}$. В связи с этим по таблице Прил. 3 можно выбрать трансформатор большей мощности, а именно трансформатор типа ТМ-100/10, номинальной мощностью 100 кВА.

Однако такой выбор не будет оптимальным, так как трансформатор будет работать с большой недогрузкой. Более рациональным предоставляется использовать в данном случае два трансформатора меньшей мощности; мощность каждого из них при этом определяют, исходя из условия $S_{\text{тр}} = 0,65 \cdot S_{\text{общ}}$, где $S_{\text{общ}}$ – общая мощность стройплощадки, полученная в п.5 настоящего раздела.

Таким образом, исходя из вышесказанного, проводим окончательный выбор трансформатора:

$$S_{\text{тр}} = 0,65 \cdot S_{\text{общ}} = 0,65 \cdot 68 = 44,2 \text{ кВА.}$$

По приложению 3 выбираем два трансформатора типа ТМ-63/10 мощностью 63 кВА каждый.

Раздел 4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЦЕНТРА НАГРУЗОК

Определение центра электрических нагрузок строительной площадки производится с целью выбора оптимального места расположения трансформаторной подстанции. Размещение ее в центре нагрузок снижает мощность потерь и расход цветных металлов и является, таким образом, одним из важных моментов с точки зрения мероприятий по экономии электроэнергии и материалов на провода для ее передачи.

Порядок определения центра нагрузок следующий.

1. По заданному плану расположения отдельных объектов на строительной площадке (башенного крана, бетоносмесительного отделения, строящегося корпуса и т. д.) определяются их координаты в произвольно выбранной системе координат. При этом считается, что центры нагрузок отдельных объектов располагаются в их геометрических центрах, а центр нагрузки башенного крана принимается в центре подкрановых путей

Возможно также, что при определении центра нагрузок, координаты объектов стройплощадки уже известны и заданы численно.

2. Рассчитываются координаты X_0 и Y_0 центры нагрузок по формулам:

$$X_0 = \frac{\sum_{i=1}^n (S_i X_i)}{\sum_{i=1}^n S_i} \quad (22)$$

$$Y_0 = \frac{\sum_{i=1}^n (S_i Y_i)}{\sum_{i=1}^n S_i} \quad (23)$$

где S_i – полная мощность отдельных электроприемников (или группы приемников); X_i ; Y_i – координаты их центров нагрузок в выбранной системе координат.

3. При выборе места установки трансформаторной подстанции, помимо определения ее координат, следует иметь в виду, что она должна размещаться:

- вне зоны работы крана;
- вне зоны складов металлоизделий;
- вне основных транспортных путей;

- максимально соблюдая требования техники безопасности.

Учитывая вышесказанное, трансформаторная подстанция иногда может быть расположена не в самом центре нагрузок, но в непосредственной близости от него.

Пример 4. Определить центр электрической нагрузки стройплощадки исходя из заданных в таблице 2 координат отдельных объектов и по результатам расчета мощностей этих объектов в Примере 1.

Таблица 2

Объект	Наименование групп электроприемников	Координаты	
		X_i , м	Y_i , м
Башенный кран (БК)	Электрооборудование крана	160	86
Бетоносмесительное отделение (БСО)	Вибраторы (ВБ)	26	60
	Растворнасосы (РН)		
	Компрессоры (К)		
Строящийся корпус	Ручной электроинструмент (РИ)	150	54
	Сварочные трансформаторы (СТ)		

1. Рассчитываем полные мощности отдельных групп электроприемников по данным, полученным в Примере 1:

— для башенного крана

$$S_{РБК} = \sqrt{(P_{РБК})^2 + (Q_{РБК})^2} = \sqrt{8,25^2 + 14,27^2} = 16,48 \text{ кВА};$$

— для бетоносмесительного отделения

$$P_{РБСО} = P_{РВБ} + P_{РРН} + P_{РК} = 1,025 + 4,34 + 32 = 37,365 \text{ кВА};$$

$$Q_{РБСО} = Q_{РВБ} + Q_{РРН} + Q_{РК} = 1,773 + 3,255 + 24 = 29,03 \text{ кВАр};$$

$$S_{РБСО} = \sqrt{(P_{РБСО})^2 + (Q_{РБСО})^2} = \sqrt{37,365^2 + 29,03^2} = 61,84 \text{ кВА};$$

— для строящегося корпуса

$$P_{РСК} = P_{РРИ} + P_{РСС} = 0,695 + 7,68 = 8,375 \text{ кВА};$$

$$Q_{РСК} = Q_{РРИ} + Q_{РСС} = 1,59 + 17,6 = 19,19 \text{ кВАр};$$

$$S_{РСК} = \sqrt{(P_{РСК})^2 + (Q_{РСК})^2} = \sqrt{8,375^2 + 19,19^2} = 20,93 \text{ кВА}.$$

2. Координаты центра нагрузок определяем по формулам (22) и (23):

$$\begin{aligned}
X_0 &= \frac{S_{\text{Рбк}} \cdot X_{\text{бк}} + S_{\text{Рбсо}} \cdot X_{\text{бсо}} + S_{\text{Рск}} \cdot X_{\text{ск}}}{S_{\text{Рбк}} + S_{\text{Рбсо}} + S_{\text{Рск}}} = \\
&= \frac{16,48 \cdot 160 + 47,3 \cdot 26 + 20,93 \cdot 150}{16,48 + 47,3 + 20,93} = 82,7 \text{ м}; \\
Y_0 &= \frac{S_{\text{Рбк}} \cdot Y_{\text{бк}} + S_{\text{Рбсо}} \cdot Y_{\text{бсо}} + S_{\text{Рск}} \cdot Y_{\text{ск}}}{S_{\text{Рбк}} + S_{\text{Рбсо}} + S_{\text{Рск}}} = \\
&= \frac{16,48 \cdot 86 + 47,3 \cdot 60 + 20,93 \cdot 54}{16,48 + 47,3 + 20,93} = 63,6 \text{ м}.
\end{aligned}$$

Таким образом, получаем координаты центра нагрузок $X_0 = 82,7 \text{ м}$; $Y_0 = 63,6 \text{ м}$, которые наносим на план-схему строительной площадки, тем самым определяем место расположения понижающей трансформаторной подстанции.

Раздел 5. ВЫБОР СЕЧЕНИЯ КАБЕЛЕЙ, ПИТАЮЩИХ ЭЛЕКТРОПОТРЕБИТЕЛИ СТРОИТЕЛЬНОЙ ПЛОЩАДКИ

Заключительным этапом расчета электроснабжения строительной площадки является выбор сечения кабелей, по которым электроэнергия от трансформаторной подстанции додается к отдельным потребителям.

Цель расчета – обеспечить требования пожаробезопасности кабельной линии и допустимую величину потерь напряжения в линии.

Рассмотрим подробнее эти требования.

Известно, что нагрев жилы провода данного сечения зависит от величины протекающего по ней тока. При слишком большом токе изоляция может вспыхнуть и это явится причиной пожара. Чтобы температура токоведущих жил кабелей при протекании по ним тока нагрузки не достигала значений, опасных для изоляции, «Правилами устройства электроустановок (ПУЭ)» устанавливается для каждого стандартного сечения вполне определенный длительно допустимый ток.

При потере напряжения в линии поднимают величину, равную разности напряжений в начале и в конце линии

$$\Delta U = U_1 - U_2,$$

где U_1 – напряжение в начале линии (напряжение источника питания); U_2 – напряжение в конце линии (напряжение на электроприемнике).

Для того, чтобы напряжение, подводимое к потребителю, было определенной величины, на которую он рассчитан, допускается определенное значение потерь напряжения в линии, регламентированное ПУЭ, обычно $\Delta U_{\text{доп}} = 5\%$.

Что касается способов передачи электроэнергии от трансформаторной подстанции к потребителям, то она может быть передана по радиальным, магистральным и комбинированным схемам. При использовании магистральной схемы потребители электроэнергии получают питание от общей магистрали. Так, например, питается ряд светильников наружного освещения. При радиальной схеме питание подается от трансформаторной подстанции к ответственным потребителям без ответвления. Так, например, питаются приемники электроэнергии бетоносмесительного отделения, башенного крана, строящегося корпуса, и т. д.

Эта схема обеспечивает высокую надежность, а магистральная – более экономична.

Сечения токоведущих жил кабелей, питающих электроэнергией потребителя строительной площадки, как следует из вышесказанного, выбирают по:

- величине расчетного электрического тока этих кабелей, зависящего от напряжения, мощности и $\cos\varphi$ потребителей,
- величине потери напряжения в них, которая не должна превышать определенных значений.

Расчет производится в определенной последовательности.

1. Составляется схема электроснабжения строительной площадки и по ней вычисляется длина кабельной линии от трансформаторной подстанции до каждого потребителя.

2. Вычисляются (или определяются по паспортным и справочным данным) установленная P_y , расчетная P_p мощности приемников и коэффициент мощности данного потребителя.

3. Выбирается вид линии, способ прокладки, материал токоведущих жил и др., так как от этого зависит величина длительно допустимого тока.

4. Вычисляется расчетный ток нагрузки линии:

- для однофазных приемников по формуле

$$I_P = \frac{P_P}{U_H \cdot \cos \varphi_n}, \quad (24)$$

- для трехфазных приемников по формуле

$$I_P = \frac{P_P}{\sqrt{3} \cdot U_H \cdot \cos \varphi_n}, \quad (25)$$

где P_P – расчетная мощность отдельного токоприемника (или группы); U_H – номинальное напряжение сети; $\cos \varphi_n$ – коэффициент мощности.

По величине расчетного тока I_P определяется сечением S токоведущих жил кабеля по таблицам, в которых приведены длительно допустимые токи I_D для различных сечений в зависимости от вида изоляции, способов прокладки, количества и материала токоведущих жил. (Прил. 4).

Сечение кабеля выбирается так, чтобы выполнялось условие

$$I_D \geq I_P \quad (26)$$

1. Выбранное сечение токоведущей жилы согласуется с аппаратурой защиты, простейшим видом которой является плавкий предохранитель. Поэтому дальнейший этап расчета – выбор плавкой вставки. При выборе плавкой вставки необходимо соблюдать условие:

$$I_B \geq I_D \quad (27)$$

где I_B – ток плавкой вставки предохранителя.

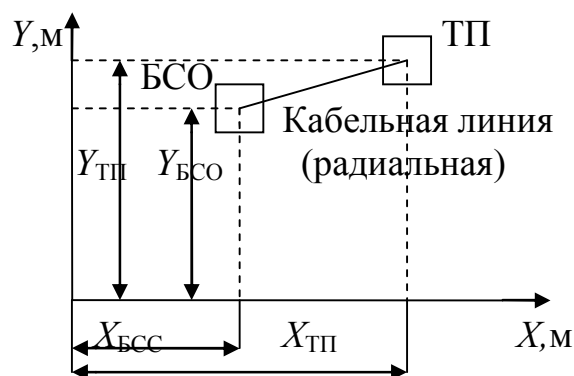
Это условие означает, что предохранитель не должен перегорать при номинальном режиме работы сети. Тип предохранителя выбирается по таблицам (Прил. 5).

2. Проверяется правильность выбора сечение кабеля по условию допустимой потери напряжения $\Delta U\%$, которую рассчитывают для трехфазных сетей по формуле:

$$\Delta U\% = 100 \cdot \frac{\sqrt{3} \cdot I_P \cdot l}{U_H} (R_0 \cdot \cos \varphi_{II} + x_0 \cdot \sin \varphi_{II}) \quad (28)$$

где l – длина линии, км,

R_0, x_0 – удельное активное и индуктивное сопротивления, которые определяются по справочникам (Прил. 4), 0 м/км.



Объекты \ Координаты	Координаты	
	$X, м$	$Y, м$
Трансф.подст. (центр. нагр.)	82,7	63,6
Бетоносмес. отделение	26	60

Пример 5. Рассчитать сечение трехфазного кабеля марки АБВГ с прокладкой его в траншее на номинальное напряжение 380В для питания бетоносмесительной площадки по радиальной схеме на основании результатов, полученных в предыдущих примерах.

Алгоритм расчета следующий.

1. На плане строительной площадки наносим помещение бетоносмесительного отделения, кабельную линию, отмечаем центр нагрузок, размещаем в нем трансформаторную подстанцию.

В соответствии с масштабом определяем длину кабельной линии. Она оказывается равной 57м .

2. Расчетная активная мощность группы электроприемников, входящих в состав электрооборудования бетоносмесительного отделения, определена в Примере 4 и составляет 37,365 кВт.

3. В соответствии с заданием выбираем четырехжильный кабель марки АБВГ, включающий в себя три токоведущих жилы и нулевой провод, так как нагрузка от работы агрегатов бетоносмесительного отделения может быть несимметричной.

4. Вычисляем расчетный ток бетоносмесительного отделения по формуле (25), так как нагрузка трехфазная:

$$I_p = \frac{P_{P\delta co}}{\sqrt{3} \cdot U_H \cdot \cos \varphi_n} = \frac{37,365 \cdot 1000}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0,79} = 17,9 \text{ A},$$

где

$$\cos \varphi_n = \frac{P_{P\delta co}}{S_{P\delta co}} = \frac{37,365}{47,3} = 0,79.$$

По величине расчетного тока I_p из таблицы Прил. 4 и исходя из условия (26) определяем сечение жил кабеля $S=16 \text{ мм}^2$.

Т.о. выбираем кабель АБВГ 3×16+I×10. Расшифровка маркировки означает: силовой четырехжильный кабель с тремя токоведущими жилами из алюминия сечением 16 мм^2 и нулевой жилой сечением 10 мм^2 .

5. Выбираем плавкую вставку предохранителя, соблюдая условие (27) из таблицы Прил. 5:

$$I_B = 80 \text{ A} > I_p.$$

Т. о. выбираем предохранитель типа ПР–2–100 на 80А.

6. Проверяем правильность выбора сечения кабеля по условию допустимой величины потери напряжения; принимаем эту величину равной 5%. Расчет ведем по формуле (28); необходимые данные берем из таблицы Прил. 4:

$$\begin{aligned} \Delta U\% &= 100 \cdot \frac{\sqrt{3} \cdot I_p \cdot l}{U_H} (R_0 \cdot \cos \varphi_{\Pi} + x_0 \cdot \sin \varphi_{\Pi}) = \\ &= 100 \frac{\sqrt{3} \cdot 17,9 \cdot 57 \cdot 10^{-3}}{U_H} (1,94 \cdot 0,79 + 0,067 \cdot 0,61) = 2,72\%, \end{aligned}$$

$$\text{где } \sin \varphi_{\Pi} = \frac{Q_{P\delta co}}{S_{P\delta co}} = \frac{29,03}{47,3} = 0,61.$$

Т. о. падение напряжения не превышает заданной величины, т. е. $\Delta U\% < \Delta U_{\text{доп}}\% = 5\%$ и выбранное сечение кабеля отвечает требованиям пожаробезопасности и допустимой величины потерь напряжения в линии, а кабель АБВГ 3×16+I×10 может быть использован для питания бетоносмесительного отделения строительной площадки.

Приложение 1

Значение коэффициента спроса K_c основных приемников электроэнергии строительных площадок.

Наименование приемников	K_c
Вибраторы	0,25
Строительные башенные краны	0,3
Сварочные трансформаторы	0,3
Растворнасосы	0,7
Компрессорные станции	0,8
Ручной электроинструмент	0,55

Приложение 2

Технические данные косинусных конденсаторов и конденсаторных установок на нормальное напряжение 0,38 кВ

КОНДЕНСАТОРЫ

Марка	Номинальная мощность, квар	Номинальная емкость, мкФ
КМ-0,38-13	13	286
КС-0,38-18	18	397
КС-0,38-25	25	551
КМ2-0,38-26	25	572
КС2-0,38-36	36	794
КС2-0,38-50	50	1102

КОНДЕНСАТОРНЫЕ УСТАНОВКИ

Марка	Номинальная мощность, квар
ККУ-0,38-1	80
ККУ-0,38-11	160
ККУ-0,38-y	280

КУ–6–1	330
КУ–6–11	500

Приложение 3

Технические данные трехфазных масляных трансформаторов общего назначения (класс напряжения 6...10 кВ)

Тип	Номинальная мощность, кВА	Номинальное напряжение, кВ	
		ВН	НН
ТМ-25/10	25	6;10	0,4
ТМ-40/10	40	6;10	0,4
ТМ-63/10	63	6;10	0,4
ТМ-100/10	100	6;10	0,4
ТМ-160/10	160	6;10	0,4
ТМ-250/10	250	6;10	0,4
ТМ-400/10	400	6;10	0,4
ТМ-630/10	630	6;10	0,4
ТМ-1000/10	1000	6;10	0,4

Приложение 4

Характеристики четырехжильных кабелей марки АБВГ.

Сечение жилы, мм ²	Длительно допустимый ток, А	Сопротивление, Ом/км	
		Ro	Xo
2,5	27	12,61	0,09
4,0	35	7,74	0,09
6,0	42	5,17	0,09
10,0	64	3,10	0,073
16,0	83	1,94	0,067
25,0	106	1,24	0,066
35,0	129	0,89	0,064
50,0	161	0,62	0,062
70,0	193	0,44	0,061

95,0	235	0,33	0,06
120	270	0,20	0,06
150	308	0,21	0,06
185	354	0,17	0,06

Примечание: Четырёхжильный кабель АБВГ выпускают следующих значений: $3 \cdot 4 + 1 \cdot 2,5$; $3 \cdot 6 + 1 \cdot 4$; $3 \cdot 20 + 1 \cdot 6$; $3 \cdot 16 + 1 \cdot 10$; $3 \cdot 25 + 1 \cdot 16$; $3 \cdot 35 + 1 \cdot 16$; $3 \cdot 50 + 1 \cdot 25$; $3 \cdot 70 + 1 \cdot 25$; $3 \cdot 95 + 1 \cdot 35$; $3 \cdot 120 + 1 \cdot 35$; $3 \cdot 13 + 1 \cdot 50$; $3 \cdot 185 + 1 \cdot 50$.

Расшифровка маркировки, например АБВГ $3 \cdot 95 + 1 \cdot 35$, означает: силовой четырехжильный кабель на напряжение 1 кВ с тремя токоведущими рабочими жилами из алюминия (А) сечением по 95 мм^2 . Нулевой жилой сечением 35 мм^2 с поливинилхлоридной Оболочкой (В) И такой же изоляцией (Б), без наружного покрова (Г).

Приложение 5

Характеристики предохранителей

Тип	Номинальный ток плавких вставок, А					
ПР-2-15	6	10	15			
ПР-2-15	15	20	25	35	45	60
ПР-2-15		60	80	100		
ПР-2-15	100	125	160	200		
ПР-2-15	220	225	250	300	350	
ПР-2-15	350	430	500	600		
ПР-2-15	600	700	850	1000		

Задание

На расчет электроснабжения строительной площадки.

1. Содержание задания.

В соответствии с вариантами, представленными в таблицах П6-1, П6-2 и П6-3, рассчитать мощность, потребляемую строительной площадкой; выбрать необходимые конденсирующие устройства; выбрать силовой трансформатор понижающей трансформаторной подстанции и определить его месторасположение на строительной площадке; рассчитать сечение силового кабеля марки АБВГ на номинальное напряжение 380 В для питания строящегося корпуса и бетоносмесительного отделения по радиальной схеме, нагрузку при этом принять трехфазной несимметричной,

2. Варианты задания.

Объекты строительной площадки

Таблица П6-1

Объект и его обозначение	Наименование групп электроприемников	Условные номера групп электроприемников
Башенные краны (БК)	Электродвигатели башенных кранов	1
Бетоносмесительное отделение (БСО)	Вибраторы	2
	Растворнасосы	3
	Компрессоры	4
Строящийся корпус (СК)	ручной электроинструмент	5
	Сварочные трансформаторы,	6

Исходные данные для расчета

Таблица Пб-2

номер варианта	Условные номера групп электроприемников (из табл. Пб-1)								
	I			2			3		
	P_H , кВт	$\cos\varphi$	ПВ	P_H , кВт	$\cos\varphi$	ПВ	P_H , кВт	$\cos\varphi$	ПВ
1	500	0,65	0,4	25	0,65	0,5	35	0,45	0,25
2	1000	0,7	0,45	30	0,7	0,6	40	0,5	0,5
3	1500	0,75	0,5	35	0,75	0,8	45	0,55	0,75
4	2000	0,8	0,55	40	0,8	1,0	50	0,6	0,8
5	500	0,7	0,45	45	0,6	0,7	60	0,65	1,0
6	1000	0,75	0,5	25	0,7	0,6	35	0,5	0,5
7	1500	0,8	0,55	30	0,75	0,7	40	0,55	0,75
8	2000	0,85	0,6	35	0,8	0,7	45	0,6	0,8
9	500	0,75	0,5	40	0,6	0,8	50	0,65	1,0
10	1000	0,8	0,55	45	0,65	0,6	60	0,45	0,25
11	1500	0,85	0,6	25	0,75	0,7	35	0,55	0,75
12	2000	0,9	0,65	30	0,8	1,0	40	0,6	0,8
13	500	0,8	0,55	35	0,6	0,5	45	0,65	1,0
14	1000	0,85	0,6	40	0,65	0,5	50	0,45	0,25
15	1500	0,9	0,65	45	0,7	0,5	60	0,5	0,5
16	2000	0,65	0,4	25	0,8	1,0	35	0,6	0,8
17	500	0,85	0,6	30	0,6	0,8	40	0,65	1,0
18	1000	0,9	0,65	35	0,65	0,6	45	0,45	0,25
20	1500	0,65	0,4	40	0,7	0,6	50	0,5	0,5
20	2000	0,7	0,45	45	0,75	0,8	60	0,55	0,75
21	500	0,9	0,65	25	0,6	0,8	35	0,65	1,0
22	1000	0,65	0,4	30	0,65	0,5	40	0,45	0,25
23	1500	0,7	0,45	35	0,7	1,0	45	0,5	0,5
24	2000	0,75	0,5	40	0,75	0,7	50	0,55	0,75
25	500	0,85	0,5	45	0,3	1,0	60	0,6	0,8

Продолжение таблицы Пб-2

Номер варианта	Условные номера групп электроприемников (из табл. Пб-1)								
	4			5			6		
	P_H , кВт	$\cos\varphi$	ПВ	P_H , кВт	$\cos\varphi$	ПВ	P_H , кВт	$\cos\varphi$	ПВ
1	60	0,6	0,5	5	0,6	0,25	50	0,4	0,5
2	50	0,65	0,6	10	0,65	0,5	55	0,45	0,55
3	45	0,7	0,7	15	0,7	0,75	60	0,5	0,6
4	40	0,75	0,8	20	0,75	0,8	65	0,55	0,65
5	35	0,8	1,0	25	0,8	1,0	70	0,6	0,7
6	60	0,65	0,6	5	0,65	0,5	50	0,45	0,55
7	50	0,7	0,7	10	0,7	0,75	55	0,5	0,6
8	45	0,75	0,8	15	0,75	0,8	60	0,55	0,65
9	40	0,8	0,9	20	0,8	1,0	65	0,6	0,7
10	35	0,6	0,5	25	0,6	0,25	70	0,45	0,5
11	60	0,7	0,7	5	0,7	0,75	50	0,5	0,6
12	50	0,75	0,8	10	0,75	0,8	55	0,55	0,65
13	45	0,8	0,9	15	0,8	1,0	60	0,6	0,7
14	40	0,6	1,0	20	0,6	0,25	65	0,4	0,5
15	35	0,65	0,6	25	0,65	0,5	70	0,5	0,55
16	60	0,75	0,8	5	0,75	0,8	50	0,55	0,65
17	50	0,8	1,0	10	0,8	1,0	55	0,6	0,7
18	45	0,6	1,0	15	0,6	0,25	60	0,4	0,5
20	40	0,65	0,5	20	0,65	0,5	65	0,45	0,55
20	35	0,7	0,7	25	0,7	0,75	70	0,55	0,6
21	60	0,8	1,0	5	0,8	1,0	50	0,6	0,7
22	50	0,6	0,5	10	0,6	0,25	55	0,4	0,5
23	45	0,65	0,5	16	0,65	0,5	60	0,45	0,55
24	40	0,7	0,6	20	0,7	0,75	65	0,5	0,6
26	35	0,75	0,8	25	0,75	0,8	70	0,6	0,65

**Координаты центров электрических нагрузок отдельных. объектов
строительной площадки**

Таблица Пб-3

Номер варианта	Объекты строительной площадки					
	Башенный кран		Бетоносмесительное отделение		Строящийся корпус	
	X, м	Y, м	X, м	Y, м	X, м	Y, м
1	30	25	110	105	30	15
2	50	25	90	105	50	15
3	70	25	70	105	70	15
4	90	25	50	105	90	15
5	110	25	30	105	110	15
6	115	40	15	80	125	40
7	115	60	15	60	125	60
8	115	80	15	40	125	80
9	110	95	30	15	110	105
10	90	95	50	15	90	105
11	70	95	70	15	70	105
12	50	95	90	15	50	105
13	30	95	НО	15	30	105
14	25	80	125	40	15	80
15	25	60	125	60	15	60
16	25	40	125	ВО	15	40
17	40	40	125	40	50	40
18	40	60	125	60	50	60
19	40	80	125	80	50	80
20	100	40	15	40	90	40
21	100	60	15	60	90	60
22	100	80	15	80	90	80
23	50	70	110	25	50	60
24	70	60	70	105	70	60
25	90	70	30	15	90	60

3. Содержание и форма расчетно-пояснительной записки.

1. Записка оформляется на стандартных листах писчей бумаги формата А4,

2. При определении центра электрических нагрузок и расчета кабельных линий использовать миллиметровую бумагу; центры нагрузок обозначать точками на схеме.

3. Титульный лист оформляется по образцу, приведенному в Прил. 7.

4. В начале записки привести задание по варианту (номер варианта задается преподавателем).

5. Расчеты выполнять в том порядке и форме, в каком следуют разделы методических указаний к курсовой работе и их содержание.

6. Результаты расчетов по каждому разделу и выводы выделяются.

Образец титульного листа

Министерство образования и науки
Российской Федерации

Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный
университет

Строительный факультет

Кафедра Электроэнергетики и Электротехники

КУРСОВАЯ РАБОТА

на тему:

«ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ СТРОИТЕЛЬНЫХ ПЛОЩАДЕЙ»

выполнила ст. гр. _____
проверил преп. _____

Санкт-Петербург
2013

Рекомендуемая литература

1. *Воробьев А.В.* Электроснабжение и электрооборудование строительных площадей и предприятий. Учебно-справочное пособие для студентов, – СПб, 1992 г.
2. Справочник энергетика строительной организации (под ред *Сенчева В.Г.*), т.1. Электроснабжение строительства, – М. , Стройиздат, 1991 г.
3. Правила устройства электроустановок. – М., Энергоатомиздат, 1986 г.

Оглавление

Введение	
Раздел 1. Расчет мощности, потребляемой строительной площадкой	
Раздел 2. Выбор компенсирующих устройств для стройплощадки	
Раздел 3. Выбор мощности силового трансформатора	
Раздел 4. Определение центра нагрузок	
Раздел 5. Выбор сечения кабелей, питающих электропотребители строительной площадки	
Приложение 1	
Приложение 2	
Приложение 3	
Приложение 4	
Приложение 5	
Приложение 6	
Приложение 7. Образец титульного листа	
Рекомендуемая литература	

ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ СТРОИТЕЛЬНЫХ ПЛОЩАДЕЙ

Методические указания

Составители: **Резниченко** Виктор Васильевич,
Воронков Борис Николаевич

Редактор О. Д. Камнева
Корректор М. А. Молчанова
Компьютерная верстка И. А. Яблоковой

Подписано к печати . Формат 60×84 1/16. Бумага офсетная.
Усл. печ. л. Тираж 100 экз. Заказ . «С» .
Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет.
190005, Санкт-Петербург, 2-я Красноармейская ул., д. 4.
Отпечатано на ризографе. 190005, Санкт-Петербург, 2-я Красноармейская ул., д. 5.