

**МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ТРАНСПОРТА (МИИТ)»
(РУТ (МИИТ))**

Одобрено кафедрой
«ЭЛЕКТРИФИКАЦИЯ И ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ»

Протокол № ____ от _____ 201__ г.
Автор: _____

**ЗАДАНИЕ НА КУРСОВУЮ РАБОТУ С МЕТОДИЧЕСКИМИ
УКАЗАНИЯМИ**

ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Электропитание и электроснабжение нетяговых потребителей

Уровень ВО: *Специалитет*

Форма обучения: *Заочная*

Курс: *3*

Специальность/Направление: *23.05.05 Системы обеспечения движения поездов (СДс)*

Специализация/Профиль/Магистерская программа: *Все специализации*

Москва

ВВЕДЕНИЕ

Выбрать основные параметры трансформаторной подстанции для электроснабжения железнодорожного подразделения (депо, мастерские и т. п.); рассчитать линию электропередачи напряжением 10 кВ и сеть напряжением 0,38 кВ; выбрать компенсирующее устройство для повышения коэффициента мощности электроприемников цеха.

Исходные данные принимаются по табл. 1 и 2 и рисунку в соответствии с двумя последними цифрами учебного шифра студента. Если шифр состоит из одной цифры, то в качестве предпоследней цифры следует принять нуль.

СОДЕРЖАНИЕ КУРСОВОЙ РАБОТЫ

1. Выбор числа и мощности трансформаторов подстанции (ТП).
2. Выбор числа цепей и сечения проводов линии напряжением 10 кВ от главной понизительной подстанции (ГПП) до подстанции (ТП).
3. Выбор основной аппаратуры ТП. Составление однолинейной принципиальной схемы ТП.
4. Выбор типа и мощности компенсирующего устройства.
5. Выбор способа прокладки и сечения проводов сети 0,38 кВ для питания силовых шкафов.
6. Определение снижения потерь электроэнергии (в линии напряжением 10 кВ и трансформаторе), получаемого при применении компенсирующего устройства.
7. Составление принципиальной схемы электроснабжения в соответствии с выполненными расчетами.

ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ

В работе должны быть приведены расчеты, обоснования принятых решений с необходимыми ссылками на использованную литературу, список которой указывается в конце записки. При выполнении электрических расчетов необходимо составлять расчетные схемы, на которых указываются основные параметры (длины участков, сопротивления, протекающие мощности и т. д.).

В начале записки следует привести исходные данные. Страницы должны быть пронумерованы.

Таблица 1 - Исходные данные

Величина	Последняя цифра шифра									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Мощность короткого замыкания на шинах ГПП, МВ·А	40	60	85	65	70	55	45	75	80	50
Мощность нагрузок силовых шкафов, кВт										
А	100	105	100	120	60	90	70	80	40	70
Б	120	120	105	110	40	80	50	75	50	60
В	105	100	110	100	30	70	75	90	60	50
Г	110	115	115	105	50	85	95	85	45	90
Длина (рис. 1), м										
К	10	13	20	25	40	30	29	27	35	33
М	18	21	16	13	37	33	34	32	36	29
Н	11	13	14	16	20	29	27	33	21	40
О	17	12	21	19	24	31	30	29	38	39
П	15	13	12	11	21	25	27	31	32	37
Р	16	14	18	13	22	21	19	40	33	35
Время использования максимума активной нагрузки, ч	4600	4900	5100	5200	3500	4000	4300	3600	3200	3800
Требуемый tgφ _{тр} на шинах 0,4 кВ	0,40									

Таблица 2 - Исходные данные

Величина	Предпоследняя цифра шифра									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Средний tgφ										
А	0,75	1,33	1,70	1,10	0,49	1,72	0,77	1,20	1,60	0,50
Б	0,48	0,80	0,85	0,70	0,73	0,52	1,40	0,63	0,75	1,45
В	1,00	1,02	0,50	1,30	1,05	1,08	0,50	1,10	0,60	0,75
Г	1,73	0,60	1,20	0,95	0,76	0,78	1,80	0,90	0,85	1,05
Длина линии от ГПП до ТП, км	8	3	6	5	7	4	9	10	5	2
Конструктивное выполнение линии от ГПП к ТП	Воздуш- -ная	кабельная	Воздуш- -ная	кабельная	Воздуш- -ная	кабельная	Воздуш- -ная	кабельная	Воздуш- -ная	кабельная
Время использования максимума реактивной нагрузки, ч	3200	3700	3900	3500	4300	4200	3400	4000	3800	4100

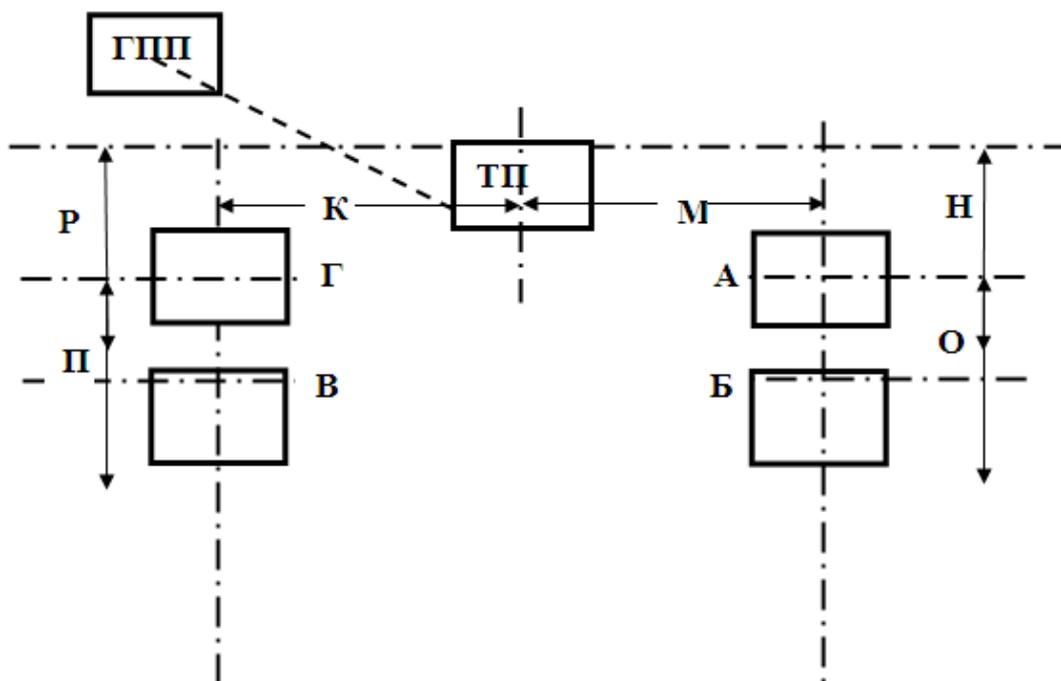


Рис.1.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ КУРСОВОЙ РАБОТЫ

1. Выбор числа и мощности трансформаторов подстанции (ТП)

Количество трансформаторов, устанавливаемых на подстанции, выбирается в зависимости от категории (по надежности электроснабжения) потребителей, получающих электроэнергию от рассматриваемой подстанции.

Для питания электроприемников 1-й и 2-й категорий применяются двухтрансформаторные подстанции. Однотрансформаторные подстанции применяются для питания электроприемников 3-й категории. Допускается применение однотрансформаторных подстанций [8] для питания электроприемников 2-й категории при наличии централизованного резерва.

При выполнении работы следует принять, что электроприемники данного подразделения являются потребителями 2-й категории и существует централизованный резерв трансформаторов.

Мощность трансформатора подстанции выбирается по расчетной нагрузке, которая определяется как сумма мощности, отбираемой с шин вторичного напряжения подстанции, и мощности, теряемой в трансформаторе.

Мощность, отбираемую с шин вторичного напряжения подстанции, можно определить по формуле

$$S = k_y \sqrt{(\sum P)^2 + (\sum Q)^2}, \quad (1)$$

где $\sum P$ — сумма активных нагрузок, питающихся от рассматриваемых шин подстанции;

$\sum Q$ — сумма реактивных нагрузок тех же потребителей;

k_y — коэффициент участия в максимуме, который представляет собой отношение суммарного расчетного максимума мощности к сумме максимумов мощности отдельных групп электроприемников. Значение этого коэффициента в работе можно принять равным 0,9.

Потери мощности и электроэнергии в различных элементах сети пропорциональны квадрату мощностей (или токов), протекающих через эти элементы, и сопротивлениям элементов. Потери активной мощности в трансформаторе (в кВт)

$$\Delta P = \Delta P_{об.н} \left(\frac{S}{S_H} \right)^2 + \Delta P_{см} \quad (2)$$

где $\Delta P_{об.н}$ — потери активной мощности в обмотках трансформатора при номинальной нагрузке, кВт;

$\Delta P_{об.н} = \Delta P_{кз}$ — потери короткого замыкания;

$\Delta P_{см}$ — потери активной мощности в сердечнике трансформатора, кВт;

$\Delta P_{см} = \Delta P_{хх}$ — потери холостого хода;

S — мощность, преобразуемая трансформатором, кВ·А;

S_H — номинальная мощность трансформатора, кВ·А;

$\frac{S}{S_H} = k_3$ — коэффициент загрузки трансформатора.

Потери реактивной мощности (в квар)

$$\Delta Q_T = \frac{u_p S^2}{100 S_H} + \frac{I_{хх} S_H}{100} \quad (3)$$

где u_p — реактивная составляющая напряжения короткого замыкания, %, ее можно принять равной напряжению короткого замыкания $u_k\%$;

$I_{хх}$ — ток холостого хода, %.

Значения $\Delta P_{кз}$, $\Delta P_{хх}$, u_k и $I_{хх}$ берутся из каталога на трансформаторы.

2. Выбор числа цепей и сечения проводов линии напряжением 10 кВ

В соответствии с Правилами устройства электроустановок (ПУЭ) [8] питание электроприемников 2-й категории допускается по одной воздушной линии напряжением 6 кВ и выше. При питании электроприемников по кабелям допускается питание одной линией, но расщепленной не менее чем на два кабеля, присоединенных через отдельные разъединители.

Выбор сечения проводов и кабелей линии напряжением 10 кВ производится по экономической плотности тока и проверяется по условиям допустимой потери напряжения и допустимого нагрева в нормальном и аварийном режимах. Экономическое сечение проводов (в мм²) определяется по формуле

$$F_s = \frac{I}{i_s} \quad (4)$$

где I — расчетный ток линии, А;

i_s — экономическая плотность тока, А/мм².

Значения i_s выбираются согласно ПУЭ [3].

Допускаемую потерю напряжения для воздушной линии 10 кВ при нормальном режиме работы рекомендуется принять равной 8%, (5÷10) для кабельной линии—6%. При аварийном режиме работы допускаемая потеря напряжения принимается на 4% больше (соответственно 12% и 10%).

Потерю напряжения (в В) можно определить по формуле

$$\Delta U = \frac{P \cdot r + Q \cdot x}{U_H}, \quad (5)$$

где P и Q — активная и реактивная мощности, протекающие по линии, кВт и квар;

U_H — номинальное напряжение линии, кВ; r и x — активное и индуктивное сопротивления линии, Ом.

Кабели следует проверить на термическую устойчивость токам короткого замыкания [1].

Оптимальным сечением является наименьшее, удовлетворяющее всем вышеуказанным условиям.

3. Выбор основной аппаратуры ТП. Составление однолинейной принципиальной схемы ТП

Выбор принципиальной схемы ТП определяется категорией потребителя, числом и мощностью трансформаторов. Как указано выше, для потребителя 2-й категории обычно применяется однострансформаторная подстанция. Резервирование обеспечивается наличием централизованного резерва трансформаторов. Кроме этого, обычно предусматривается резервирование на вторичном напряжении, что осуществляется посредством перемычки между шинами вторичного напряжения различных цеховых ТП. В качестве коммутационных и защитных аппаратов в цепях высшего напряжения применяются масляные выключатели, выключатели нагрузки, разъединители, плавкие предохранители.

В работе рекомендуется принять, что на ГПП установлены масляные выключатели; предусмотреть на высшей стороне ТП разъединитель в комплекте с плавкими предохранителями или выключатель нагрузки с предохранителями; на вторичной стороне предусмотреть воздушный автоматический выключатель (автомат). На линиях, питающих силовые шкафы, рекомендуется предусмотреть рубильники и плавкие предохранители.

Все токоведущие части и электрические аппараты (выключатели, разъединители, предохранители, измерительные трансформаторы) выбираются с учетом места установки (в помещении или на открытом воздухе), номинального напряжения, расчетного тока и проверяются по условиям устойчивости токам короткого замыкания [5,8,10].

Согласно ПУЭ [8] не следует проверять на термическую устойчивость аппараты и проводники, защищенные плавкими предохранителями. Не проверяются на динамическую устойчивость аппараты и проводники, если они защищены плавкими предохранителями с плавкими вставками на номинальный ток до 60 А.

Если в результате расчетов окажется, что какой-либо элемент системы электроснабжения не является устойчивым токам КЗ, то следует его усилить либо принять меры для ограничения токов короткого замыкания.

4. Выбор типа и мощности компенсирующего устройства

В электроустановках промышленных предприятий в качестве компенсирующих устройств [2,4,5,8] для повышения коэффициента мощности, как правило, используются статические конденсаторы, включаемые параллельно электроприемникам. Выбор места установки конденсаторов (непосредственно у электроприемников либо на шинах вторичного или первичного напряжения цеховых подстанций) - определяется на основании технико-экономических расчетов. На цеховых подстанциях, не имеющих шин первичного напряжения, не рекомендуется устанавливать конденсаторы на высшей стороне трансформатора.

В контрольной работе рекомендуется, не производя технико-экономических расчетов, принять, что конденсаторные батареи устанавливаются на шинах 0,38 кВ подстанции. Мощность отдельной конденсаторной батареи должна быть не менее 30 квар.

Необходимая мощность компенсирующих устройств определяется следующим образом. Вычисляется

$$\operatorname{tg}\varphi_{cp} = \frac{W_p}{W_a}, \quad (6)$$

где W_a — активная энергия, потребляемая электроприемниками за некоторый промежуток времени (месяц, год);

W_p — то же, реактивная.

В условиях эксплуатации потребление энергии определяется по счетчикам. В контрольной работе энергию можно определить по формулам:

$$W_a = P_m T_a \quad (7)$$

и

$$W_p = Q_m T_p \quad (8)$$

где P_m и Q_m - расчетный максимум соответственно активной и реактивной нагрузки;

T_a , T_p - время использования максимума активной и реактивной нагрузки соответственно.

Мощность компенсирующего устройства

$$Q_k = P_{cp}(\operatorname{tg}\varphi_{cp} - \operatorname{tg}\varphi_{тр}), \quad (9)$$

где P_{cp} — среднегодовая активная нагрузка;

$\operatorname{tg}\varphi_{тр}$ — значение, требуемое на шинах ТП.

Среднегодовая активная мощность

$$P_{cp} = \frac{W_a}{t_n} \quad (10)$$

где t_n — время работы потребителя электроэнергии в течение года.

В контрольной работе можно принять $t_n = 6000$ ч.

Вычисленное значение Q_k округляется, и выбирается число конденсаторов.

5. Выбор способа прокладки и сечения проводов сети 0,38 кВ для питания силовых шкафов

Цеховые электрические сети выполняются изолированными и голыми проводами. Применяются также шинопроводы.

К распределительным силовым шкафам электроэнергия подводится кабельными линиями или шинопроводами. Кабельные линии прокладываются по стенам, или потолку (с устройством защиты от механических повреждений), либо в кабельных каналах и трубах, заложенных в полу. Прокладка в каналах нежелательна, так как в них собирается грязь, вода, масло и т. п., разрушающе действующие на оболочки кабеля.

Схемы электрических сетей выполняются радиальными, магистральными и смешанными. Радиальные схемы обеспечивают высокую надежность питания, но требуют больших затрат

материалов и средств. Магистральные схемы применяются при равномерном распределении нагрузки по площади цеха. Перемычки между магистралями обеспечивают необходимую надежность электроснабжения при небольших затратах на устройство резервирования.

В цеховых сетях широко применяют смешанные схемы электрических сетей.

В контрольной работе рекомендуется проложить радиальные линии к силовым шкафам.

Необходимое сечение проводов сети 0,38 кВ выбирается по нагреву [1, 2,8] и проверяется по допустимой потере напряжения, которая обычно принимается равной 5% от номинального напряжения. Для этого нужно определить потерю напряжения в линии по формуле (5) и сопоставить ее с допустимой.

6. Определение снижения потерь электроэнергии, получаемого при применении компенсирующего устройства

Потеря электроэнергии в линии передачи [1] (в кВт·ч)

$$\Delta W_a = \frac{S_m^2}{U_H^2} \cdot r \cdot \tau \cdot 10^{-3}, \quad (11)$$

где S_m — расчетная мощность, определенная в разделе 1, кВ·А;

U_H — номинальное напряжение линии, кВ; r — активное сопротивление линии, Ом; τ — время потерь, ч.

Время потерь τ определяется в зависимости от времени использования максимума активной нагрузки (в ч)

$$\tau = (0,124 + T_a \cdot 10^{-4})^2 \cdot 8760. \quad (12)$$

Потеря электроэнергии в трансформаторе, кВт·ч

$$\Delta W_{ac} = \Delta P_{обн} \left(\frac{S}{S_H} \right)^2 \tau + \Delta P_{ст} t, \quad (13)$$

где t — время, в течение которого трансформатор находится под напряжением, ч.

Время t можно принять равным 8760 ч.

Остальные обозначения те же, что и выше.

Снижение потерь электроэнергии определяется как разность между суммарными потерями электроэнергии в линии и трансформаторе, определенными без учета установки компенсирующего устройства и при установке последнего.

7. Составление принципиальной схемы электроснабжения

Следует составить однолинейную принципиальную схему электроснабжения. На схеме необходимо указать все элементы системы электроснабжения (шины ГПП, линию 10 кВ, трансформатор ТП, шины 0,4 кВ, сеть 0,38 кВ, компенсирующее устройство, основную коммутационную аппаратуру). На схеме необходимо указать основные характеристики элементов (тип и сечения проводов, их номинальные напряжения, ток и другие существенные параметры).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Караев Р.И., Волобринский С.Д., Ковалев И.Н. Электрические сети и энергосистемы. – М: Транспорт, 1985.
2. Федоров А.А., Каменева В.В. Основы электроснабжения промышленных предприятий. – М.: Энергоатомиздат, 1984.
3. Ратнер М.П., Могилевский Е.Л. Электроснабжение нетяговых потребителей железных дорог. – М.: Транспорт, 1985.
4. Бородулин Б.М., Герман Л.А., Николаев Г.А. Конденсаторные установки электрифицированных железных дорог. М.: Транспорт, 1983. – 183 с.
5. Прохорский А.А. Тяговые и трансформаторные подстанции. - М.: Транспорт.1983-457 с.
6. Герман Л.Л., Векслер М.Н., Шелом И.А. Устройства и линии электроснабжения автоблокировки. — М.: Транспорт, 1987. — 192 с.
7. Почаевец В.С. Электрооборудование и аппаратура электрических подстанций. — М.: Трансиздат, 2002, — 56 с.
8. Правила устройства электроустановок. – 7-е изд., перераб. и доп. – М.: Главгосэнергонадзор, 2003.
9. Справочник по электроснабжению железных дорог, Т.1./ Под ред. Марквардт К.Г. - М.: Транспорт, 1980. – 256 с.
10. Правила устройства системы тягового электроснабжения железных дорог Российской Федерации. ЦЭ-462. – МПС, 1997. – 78 с