

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
**«Петербургский государственный университет путей сообщения
Императора Александра I»
(ФГБОУ ВО ПГУПС)**

**Санкт-Петербургский техникум железнодорожного транспорта –
структурное подразделение ФГБОУ ВО ПГУПС**

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к выполнению практических работ
по МДК.01.02. Устройство и техническое обслуживание
сетей электроснабжения
ПМ.01. Техническое обслуживание оборудования
электрических подстанций и сетей
для обучающихся по заочной форме обучения
специальность 13.02.07 Электроснабжение (по отраслям)

Санкт-Петербург
2018

Методические указания по выполнению практических работ составлены в соответствии с требованиями ФГОС СПО к минимуму содержания и уровню подготовки выпускников СПО по специальности 13.02.07 Электроснабжение (по отраслям) и на основе рабочей программы профессионального модуля ПМ.01. Техническое обслуживание оборудования электрических подстанций и сетей для заочной формы обучения. Методические указания предназначены для подготовки и проведения практических занятий для обучающихся по заочной форме обучения.

Методические указания рассмотрены и одобрены на заседании цикловой комиссии специальности 13.02.07 Электроснабжение (по отраслям) Протокол № 10 от 10.05.2018
Председатель _____ Ройзен О.Г.

Методические указания согласованы и зарегистрированы в методическом кабинете.

№ регистрации 453 от 29.06. 2018

Зав.методическим кабинетом

Божук Г.А.

Составитель:

Ройзен О.Г.

Рецензент:

Алексеев А.А.

СОДЕРЖАНИЕ

1. Пояснительная записка	4
2. Перечень практических работ	6
3. Практическая работа № 1	7
4. Практическая работа № 2	9
5. Практическая работа № 3	17
6. Практическая работа № 4	20
7. Практическая работа № 5	25
8. Перечень литературы	29

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Методические указания по выполнению практических работ по МДК.01.02. Устройство и техническое обслуживание сетей электроснабжения составлены в соответствии с требованиями ФГОС СПО к минимуму содержания и уровню подготовки выпускников СПО по специальности 13.02.07 Электроснабжение (по отраслям) и на основе рабочей программы профессионального модуля ПМ.01. Техническое обслуживание оборудования электрических подстанций и сетей.

В результате освоения данного раздела междисциплинарного курса обучающийся должен **иметь практический опыт:**

- составления электрических схем устройств электрических подстанций и сетей;
- эксплуатации воздушных и кабельных линий электропередачи;
- применения инструкций и нормативных правил при составлении отчетов и разработке технологических документов.

В результате освоения данного раздела междисциплинарного курса обучающийся должен **уметь:**

- разрабатывать электрические схемы устройств электрических подстанций и сетей;
- вносить изменения в принципиальные схемы при замене приборов аппаратуры распределительных устройств;
- контролировать состояние воздушных и кабельных линий, организовывать и проводить работы по их техническому обслуживанию;
- использовать нормативную техническую документацию и инструкции;
- выполнять расчеты рабочих и аварийных режимов действующих электроустановок и выбирать оборудование;
- оформлять отчеты о проделанной работе.

В результате освоения данного раздела междисциплинарного курса обучающийся должен **знать:**

- устройство оборудования электроустановок;
- условные графические обозначения элементов электрических схем;
- логику построения схем, типовые схемные решения, принципиальные схемы эксплуатируемых электроустановок;
- эксплуатационно-технические основы линий электропередачи, виды и технологии работ по их обслуживанию;
- основные положения правил технической эксплуатации электроустановок;
- виды технологической и отчетной документации, порядок ее заполнения.

Процесс изучения междисциплинарного курса направлен на освоение общих компетенций, включающих в себя способность:

- ОК 1. Понимать сущность и социальную значимость своей будущей профессии, проявлять к ней устойчивый интерес.
- ОК 2. Организовывать собственную деятельность, выбирать типовые методы и способы выполнения профессиональных задач, оцени-

вать их эффективность и качество.

- ОК 3. Принимать решения в стандартных и нестандартных ситуациях и нести за них ответственность.
- ОК 4. Осуществлять поиск и использование информации, необходимой для эффективного выполнения профессиональных задач, профессионального и личностного развития.
- ОК 5. Использовать информационно-коммуникационные технологии в профессиональной деятельности.
- ОК 6. Работать в коллективе и в команде, эффективно общаться с коллегами, руководством, потребителями.
- ОК 7. Брать на себя ответственность за работу членов команды (подчиненных), результат выполнения заданий.
- ОК 8. Самостоятельно определять задачи профессионального и личностного развития, заниматься самообразованием, осознанно планировать повышение квалификации.
- ОК 9. Ориентироваться в условиях частой смены технологий в профессиональной деятельности.

Общей целью проведения практических занятий и лабораторных работ является формирование у обучающихся профессиональных компетенций:

ПК 1.1. Читать и составлять электрические схемы электрических подстанций и сетей;

ПК 1.2. Выполнять основные виды работ по обслуживанию трансформаторов и преобразователей электрической энергии;

ПК 1.3. Выполнять основные виды работ по обслуживанию оборудования распределительных устройств электроустановок, систем релейных защит и автоматизированных систем;

ПК 1.4. Выполнять основные виды работ по обслуживанию воздушных и кабельных линий электроснабжения;

ПК 1.5. Разрабатывать и оформлять технологическую и отчетную документацию.

Рабочая программа профессионального модуля предусматривает в МДК.01.02. 10 часов практических занятий.

Перечень практических работ

№ п/п	Название работы	Объем часов
1	Расчет и выбор компенсирующего устройства	2
2	Расчет внутреннего освещения	2
3	Расчет токов короткого замыкания на шинах тяговой подстанции и тяговой сети постоянного тока	2
4	Расчет мгновенных схем для участка постоянного тока	2
5	Расчет мгновенных схем для участка переменного тока	2
ИТОГО		10

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 1

Тема: Расчет и выбор компенсирующего устройства

Цель работы: научиться определять число и емкость конденсаторов в компенсирующем устройстве.

Исходные данные: приведены в таблице 1.1.

Таблица 1.1 - Исходные данные

Вариант	Максимальная активная мощность потребителя P_{max} , кВт	Номинальное напряжение $U_{ном}$, кВ	Коэффициент мощности $\cos\varphi$		Тип конденсатора
			фактический	оптимальный	
1	130	0,22	0,76	0,94	КМ-0,22-9
2	850	6,3	0,78	0,92	КМ-6,3-26
3	450	0,38	0,74	0,96	КС-0,38-20
4	1800	10,5	0,7	0,8	КС-10,5-37,5
5	1200	6,3	0,67	0,85	КС-6,3-50
6	950	0,38	0,75	0,95	КМ-0,38-13
7	430	0,22	0,79	0,95	КС-0,22-6
8	1000	10,5	0,8	0,94	КС-10,5-37,5
9	550	0,22	0,72	0,97	КМ-0,22-13
10	1300	6,3	0,75	0,95	КМ-6,3-45
11	350	0,38	0,69	0,91	КС-0,38-10
12	1500	10,5	0,7	0,9	КС-10,5-37,5
13	340	0,22	0,74	0,86	КС-0,22-13
14	1500	6,3	0,78	0,99	КС-6,3-26
15	430	0,38	0,78	0,94	КМ-0,38-20
16	250	0,22	0,76	0,97	КМ-0,22-6
17	900	10,5	0,74	0,86	КС-10,5-26
18	130	0,22	0,76	0,94	КС-0,22-26
19	850	6,3	0,78	0,92	КМ-6,3-67
20	450	0,38	0,74	0,96	КС-0,38-36
21	1800	10,5	0,7	0,8	КС-10,5-75
22	1200	6,3	0,67	0,85	КС-6,3-45
23	950	0,38	0,75	0,95	КМ-0,38-36
24	430	0,22	0,79	0,95	КМ-0,22-26
25	1000	10,5	0,8	0,94	КС-10,5-37,5
26	550	0,22	0,72	0,97	КС-0,22-9
27	1300	6,3	0,75	0,95	КМ-6,3-26
28	350	0,38	0,69	0,91	КС-0,38-37,5
29	1500	10,5	0,7	0,9	КС-10,5-50
30	340	0,22	0,74	0,86	КМ-0,22-9
31	1500	6,3	0,78	0,99	КС-6,3-67
32	430	0,38	0,78	0,94	КМ-0,38-10
33	250	0,22	0,76	0,97	КС-0,22-13
34	900	10,5	0,74	0,86	КС-10,5-37,5

Порядок выполнения работы

1. Определить мощность компенсирующего устройства.

$$Q_{ку} = P_{max} \cdot (\operatorname{tg}\varphi_{факт} - \operatorname{tg}\varphi_{онм}) \cdot \alpha$$

где $\alpha=0,85$

2. Определить количество конденсаторов в компенсирующем устройстве с учетом заданного типа конденсатора.

$$N_{кв} = \frac{Q_{кв}}{Q_1},$$

где Q_1 – мощность одного конденсатора, квар.

3. Рассчитать реактивную мощность одной фазы.

$$Q_{\phi} = \frac{Q_{кв}}{3}$$

4. Определить число конденсаторов в одной фазе.

$$N_{1\phi} = \frac{N_{кв}}{3}$$

5. Рассчитать емкость батареи конденсаторов в мкФ.

$$C_{бат} = \frac{Q_{кв}}{2\pi f \cdot U_{ном}^2 \cdot 10^{-3}}$$

6. Начертить схему компенсирующего устройства с учетом уровня напряжения, числа рассчитанных конденсаторов для каждой фазы, защитных аппаратов и возможности контроля напряжения.
7. Сделать вывод о выполненной работе.

Содержание отчета

1. Цель работы.
2. Расчет параметров компенсирующего устройства.
3. Схема компенсирующего устройства.
4. Вывод.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 2

Тема: Расчет внутреннего освещения

Цель работы: научиться производить расчет общего внутреннего равномерного освещения методом коэффициента использования при светильниках любого вида.

Исходные данные указаны в таблице 2.1

Задание: Рассчитать осветительную установку для общего равномерного освещения внутреннего помещения, имеющего размеры: длину A , ширину B , высоту H . Потолок, стены и рабочие поверхности светлые. Окна расположены по длине помещения. Нормируемая наименьшая освещенность E на поверхности рабочих столов (в 0,8 м от пола, т.е. $h_p = 0.8$ м).

Заданы тип светильника, количество и мощность ламп в одном светильнике. Определить световой поток ламп и светильника, количество и размещение светильников, мощность осветительной установки всего помещения.

Порядок выполнения работы

1. Расчет индекса помещения и определение коэффициента использования.

1.1. Индекс помещения

$$j = \frac{S}{h \cdot (A + B)};$$

где A , B , S - соответственно длина, ширина и площадь освещаемого помещения;

h – расчетная высота (расстояние между светильниками и освещаемой поверхностью).

Расчетная высота светильников, м:

$$h = H - h_c - h_p,$$

где h_c – высота подвеса светильника, для светильников в помещениях с подвесными потолками $h_c = 0$ м;

h_p – высота рабочей поверхности.

1.2. Определение коэффициента использования η .

Значение коэффициента использования выбирается из справочных таблиц в зависимости от типа и КПД светильника, индекса помещения и коэффициентов отражения потолка p_n , стен p_c , расчетной поверхности p_c .

(Приложения 2.1-2.4)

2. Определение типа, мощности и светового потока ламп, мощности и светового потока светильника выполняется по справочным таблицам в зависимости от типа светильника (Приложения 2.1-2.4).

По таблицам определяется также тип лампы, размеры светильника.

3. Определение требуемого количества светильников

Расчетное число светильников для заданной нормируемой освещенности

$$N = \frac{E \cdot S \cdot Z \cdot K_3 \cdot 100}{\eta \cdot n \cdot \Phi_l};$$

где E – нормируемая освещенность, лк;

S – площадь помещения, м²;

Z – коэффициент неравномерности освещения, $Z=1,1$;

K_3 – коэффициент запаса, $K_3 = 1,3$;

n – число ламп в светильнике;

Φ_l – световой поток одной лампы в светильнике, лм, определяется по справочным таблицам.

Таблица 2.1 - Исходные данные

Варианты	Размеры помещения:			Коэффициенты отражения:			Тип светильника	Тип лампы	Нормируемая освещенность поверхности рабочих столов E , лк
	длина A , м	ширина B , м	высота H , м	потолка ρ_n , %	стен ρ_{cs} , %	рабочей поверхности ρ_p , %			
1	15	10	3	70	50	30	414 A01 (Полярис)	ЛХБ	75
2	25	20	3,5	70	30	10	236 A52 (Циклон)	ЛБ	100
3	11	8	4	30	10	10	PEGASUS 150 B29	КГ	150
4	24	19	4,5	70	50	10	418 A30 (Пассат)	ЛД	200
5	26	21	5	50	50	30	ORION218 B27	КЛЛ	300
6	20	15	5,5	50	30	10	218 A29 (Сирокко)	ЛБ	400
7	14	9	6	50	50	10	228 A59 (Алькор)	ЛД	75
8	23	17	3	80	50	30	ЛПО 12-2x40-904	ЛБ	100
9	10	8	3,5	70	50	30	414 A03 (Сириус)	ЛД	150
10	22	18	4	70	30	10	414 A01 (Полярис)	ЛХБ	200
11	28	20	4,5	30	10	10	236 A52 (Циклон)	ЛБ	300
12	20	15	5	70	50	10	PEGASUS 150 B29	КГ	400
13	18	12	5,5	50	50	30	418 A30 (Пассат)	ЛД	75
14	24	19	6	50	30	10	ORION218 B27	КЛЛ	100
15	10	8	3	50	50	10	218 A29 (Сирокко)	ЛБ	150
16	13	9	3,5	80	50	30	ЛПО 12-2x40-904	ЛД	200
17	19	15	4	70	50	30	414 A01 (Полярис)	ЛХБ	300
18	14	10	4,5	70	30	10	236 A52 (Циклон)	ЛБ	400
19	17	11	5	30	10	10	PEGASUS 150 B29	КГ	75
20	12	9	5,5	70	50	10	418 A30 (Пассат)	ЛД	100
21	16	11	6	50	50	30	ORION218 B27	КЛЛ	150
22	30	25	3	50	30	10	218 A29 (Сирокко)	ЛБ	200
23	21	18	3,5	50	50	10	228 A59 (Алькор)	ЛД	300
24	22	19	4	80	50	30	ЛПО 12-2x40-904	ЛБ	400
25	17	13	4,5	70	50	30	414 A01 (Полярис)	ЛХБ	75
26	12	9	5	70	30	10	236 A52 (Циклон)	ЛБ	100
27	27	21	5,5	30	10	10	PEGASUS 150 B29	КГ	150
28	23	18	6	70	50	10	418 A30 (Пассат)	ЛД	200
29	19	11	3	50	50	30	ORION218 B27	КЛЛ	300
30	21	16	3,5	50	30	10	218 A29 (Сирокко)	ЛБ	400
31	16	11	4	50	50	10	228 A59 (Алькор)	ЛД	75
32	13	9	4,5	80	50	30	ЛПО 12-2x40-904	ЛБ	100
33	29	14	5	70	30	10	236 A42 (Леванто)	ЛД	150
34	11	8	5,5	30	10	10	418 A08 (Муссон)	ЛБ	200
35	18	11	6	70	50	10	228 A21 (Полярис)	ЛД	300
36	15	10	3	50	50	30	254 A46 (Циклон)	ЛБ	400

4. Построение плана помещения.

Построение выполняется в масштабе, с учетом размера светильников. Светильники следует располагать равномерно, на одинаковом расстоянии друг от друга, расстояние от крайних светильников до стен должно равняться примерно половине расстояния между светильниками. При необходимости число светильников следует округлить в большую сторону.

Примерный план расположения светильников приведен на рисунке 2.1

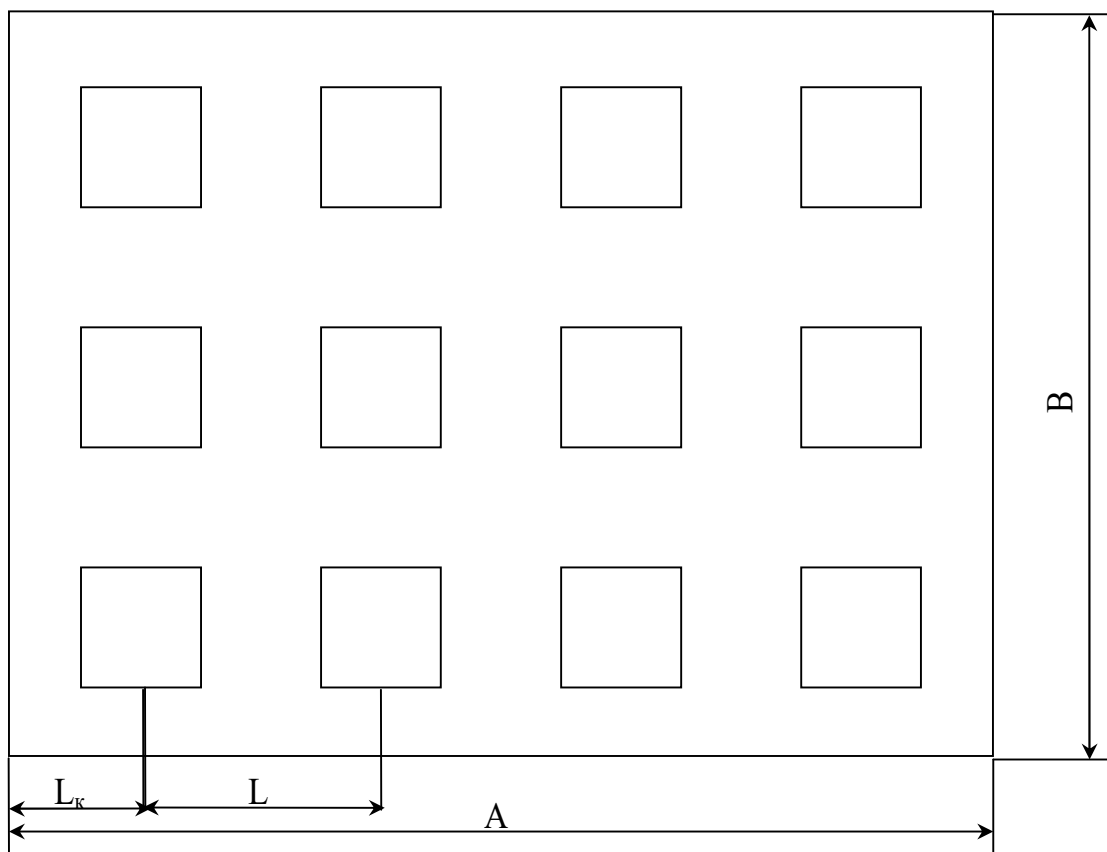


Рисунок 2.1. План расположения светильников в помещении

5. Определение установленной мощности осветительной установки

$$P = N * P_{св},$$

где $P_{св}$ – мощность одного светильника, Вт.

Содержание отчета

1. Цель работы.
2. Расчет индекса помещения.
3. Определение коэффициента использования.
4. Определение типа, мощности и светового потока ламп, мощности и светового потока светильника.
5. Определение требуемого количества светильников.
6. План расположения светильников в помещении
7. Расчет установленной мощности осветительной установки.
8. Вывод о проделанной работе.

Приложение 2.1

Коэффициенты использования светового потока для светильников с галогенными лампами накаливания (PEGASUS) и с компактными люминесцентными лампами (ORION)

Тип светильника	PEGASUS 150 B 29							ORION 218 B27						
	$\rho_{п}, \%$	70	70	70	50	50	50	30	70	70	70	50	50	50
$\rho_{с}, \%$	50	50	30	50	50	30	10	50	50	30	50	50	30	10
$\rho_{р}, \%$	30	10	10	30	10	10	10	30	10	10	30	10	10	10
i	Коэффициенты использования, %													
0,6	91	88	84	90	87	86	83	37	36	31	37	35	31	28
0,8	95	90	89	94	90	88	86	45	43	39	44	42	38	35
1,25	101	95	93	100	94	92	91	56	53	49	54	51	48	45
2	108	97	97	103	96	96	94	66	59	57	63	58	56	53
3	110	100	99	106	97	97	95	71	63	62	68	62	60	58
5	114	101	100	109	99	98	97	76	67	65	72	65	64	62

Приложение 2.2

Технические характеристики для светильников для светильников с галогенными лампами накаливания (PEGASUS) и с компактными люминесцентными лампами (ORION)

Артикул	Тип лампы и цоколь	Размеры, мм	КПД, %	Мощность, Вт	Световой поток лампы, Лм
PEGASUS 150 B29	1x50Вт (GY6,35)	205x205x123	90	50	1300
PEGASUS 250 B30	2x50Вт (GY6,35)	390x205x123	90	100	1300
PEGASUS 350 B31	3x50Вт (GY6,35)	520x205x123	90	150	1300
PEGASUS 450 B32	4x50Вт (GY6,35)	362x362x123	90	200	1300
PEGASUS 450 B52	4x50Вт (GY6,35)	668x205x123	90	200	1300
ORION 113 D45	1x13Вт (G24d-1)	310x195x95	65	19	600
ORION 213 D46	2x13Вт (G24d-1)	310x195x95	65	38	600
ORION 118 E60	1x18Вт (G24d-2)	310x195x95	65	26	900
ORION 218 B27	2x18Вт (G24d-2)	310x195x95	65	52	900
ORION 126 D47	1x26Вт (G24d-3)	335x235x150	65	34	1200
ORION 226 B28	2x26Вт (G24d-3)	335x235x150	65	68	1200

Приложение 2.3

Коэффициенты использования светового потока для светильников с люминесцентными лампами

Тип светильника	ЛПО 12-2x40-904							414 A01 (Поларис)						
$\rho_{п}, \%$	80	70	70	50	50	50		70	70	70	50	50	50	30
$\rho_{с}, \%$	50	50	30	50	30	30		50	50	30	50	50	30	10
$\rho_{р}, \%$	30	30	30	30	30	10		30	10	10	30	10	10	10
i	Коэффициенты использования, %													
0,6	33	32	25	30	24	24	-	38	37	33	37	36	33	30
0,8	41	39	32	36	30	29	-	45	43	40	44	42	39	37
1,0	47	45	38	42	35	34	-	-	-	-	-	-	-	-
1,25	53	51	44	47	41	39	-	54	51	48	53	50	47	45
1,5	58	55	48	51	45	43	-	-	-	-	-	-	-	-
2	65	62	56	57	52	49	-	63	56	55	60	55	54	52
2,5	70	67	61	61	56	53	-	-	-	-	-	-	-	-
3	74	71	65	64	60	56	-	66	60	58	63	58	57	55
4	79	75	70	68	64	60	-	-	-	-	-	-	-	-
5	83	78	74	71	68	62	-	70	62	61	67	61	60	58
i	Коэффициенты использования, %													
0,6	41	40	35	40	38	35	32	38	37	33	37	36	33	30
0,8	49	47	43	48	45	42	39	45	43	40	44	42	39	37
1,25	59	56	52	58	54	52	49	54	51	48	53	50	47	45
2	69	62	61	66	61	59	57	63	56	55	60	55	54	52
3	74	66	65	71	65	63	61	66	60	58	63	58	57	55
5	78	69	68	74	78	67	65	70	62	61	67	61	60	58
5	78	69	68	74	78	67	65	70	62	61	67	61	60	58
i	Коэффициенты использования, %													
0,6	41	40	35	40	38	35	31	36	35	31	36	34	31	28
0,8	49	47	43	48	45	42	39	43	41	38	42	40	37	35
1,25	60	56	53	58	55	52	49	52	49	46	51	48	45	43
2	70	63	61	67	62	60	57	61	55	53	58	54	52	50
3	75	67	66	72	66	64	62	65	58	57	62	57	55	54
5	80	71	69	76	69	68	66	69	61	59	65	59	58	57
5	80	71	69	76	69	68	66	69	61	59	65	59	58	57
i	Коэффициенты использования, %													
0,6	35	34	29	34	33	29	25	24	23	19	23	22	19	16
0,8	43	40	36	41	39	36	33	29	28	24	28	27	24	21
1,25	53	50	46	51	48	45	42	37	35	31	36	33	31	28
2	63	57	55	60	56	54	50	45	41	38	43	40	38	35
3	68	61	59	65	60	57	56	50	45	43	47	44	40	39
5	74	65	63	70	64	62	60	54	48	46	51	47	45	44

Продолжение таблицы 14.3

Тип светильника	236 А42 (Леванто)							Светильник 236 А52 (Циклон)						
$\rho_{п, \%}$	70	70	70	50	50	50	30	70	70	70	50	50	50	30
$\rho_{с, \%}$	50	50	30	50	50	30	10	50	50	30	50	50	30	10
$\rho_{р, \%}$	30	10	10	30	10	10	10	30	10	10	30	10	10	10
i	Коэффициенты использования, %													
0,6	22	21	18	21	20	17	15	30	29	24	29	28	24	20
0,8	27	25	22	26	24	22	19	37	35	30	36	34	29	26
1,25	33	31	28	32	30	28	26	47	44	39	45	42	38	35
2	41	37	35	39	36	34	31	57	52	48	54	51	47	43
3	45	40	39	43	39	37	36	64	57	54	61	56	51	50
5	49	43	42	47	42	41	39	70	62	59	66	60	58	56
Тип светильника	228 А59 (АЛЬКОР)							Светильник 418 А08 (Муссон)						
$\rho_{п, \%}$	70	70	70	50	50	50	30	70	70	70	50	50	50	30
$\rho_{с, \%}$	50	50	30	50	50	30	10	50	50	30	50	50	30	10
$\rho_{р, \%}$	30	10	10	30	10	10	10	30	10	10	30	10	10	10
i	Коэффициенты использования, %													
0,6	42	41	33	41	39	33	28	41	39	34	39	38	34	31
0,8	52	49	43	50	47	41	37	48	45	42	46	44	41	38
1,25	65	62	55	63	60	55	50	58	54	50	56	53	50	47
2	81	73	69	77	71	67	62	68	61	59	64	60	58	55
3	90	80	77	85	79	73	71	73	65	64	70	64	61	60
5	98	87	84	93	85	82	79	78	69	67	74	67	66	64
Тип светильника	418 А17 (Леванто)							Светильник 228 А21 (Поларис)						
$\rho_{п, \%}$	70	70	70	50	50	50	30	70	70	70	50	50	50	30
$\rho_{с, \%}$	50	50	30	50	50	30	10	50	50	30	50	50	30	10
$\rho_{р, \%}$	30	10	10	30	10	10	10	30	10	10	30	10	10	10
i	Коэффициенты использования, %													
0,6	24	23	19	23	22	19	16	40	39	35	40	38	34	31
0,8	29	28	24	28	27	24	21	48	46	42	47	44	41	39
1,25	37	35	31	36	33	31	28	58	55	51	57	53	51	48
2	45	41	38	43	40	38	35	68	61	60	65	60	58	56
3	50	45	43	47	44	40	39	72	65	64	69	64	62	60
5	54	48	46	51	47	45	44	77	68	67	73	67	66	64
Тип светильника	418 А28 (Сирокко)							Светильник 418 А30 (Пассат)						
$\rho_{п, \%}$	70	70	70	50	50	50	30	70	70	70	50	50	50	30
$\rho_{с, \%}$	50	50	30	50	50	30	10	50	50	30	50	50	30	10
$\rho_{р, \%}$	30	10	10	30	10	10	10	30	10	10	30	10	10	10
i	Коэффициенты использования, %													
0,6	30	29	25	29	28	25	23	37	36	31	36	35	31	28
0,8	35	33	31	34	32	30	28	45	43	39	44	41	38	35
1,25	42	40	37	41	39	37	35	55	51	48	53	50	47	44
2	49	44	43	46	43	42	40	65	58	56	61	57	55	52
3	52	46	45	49	45	44	43	70	62	61	66	61	58	57
5	55	49	47	52	48	47	45	75	66	64	71	64	63	61
Тип светильника	236 А41 (Леванто)							Светильник 254 А46 (Циклон)						
$\rho_{п, \%}$	70	70	70	50	50	50	30	70	70	70	50	50	50	30
$\rho_{с, \%}$	50	50	30	50	50	30	10	50	50	30	50	50	30	10
$\rho_{р, \%}$	30	10	10	30	10	10	10	30	10	10	30	10	10	10
i	Коэффициенты использования, %													
0,6	22	21	18	21	20	17	15	30	29	24	29	27	23	20
0,8	27	25	22	26	24	22	19	36	34	30	35	33	29	25
1,25	33	31	28	32	30	28	26	45	43	38	44	41	37	34
2	41	37	35	39	36	34	31	56	50	47	53	49	46	42
3	45	40	39	43	39	37	36	62	56	53	59	54	50	49
5	49	43	42	47	42	41	39	68	60	58	65	59	57	54

Мощность и КПД люминесцентных ламп

Артикул	Тип лампы и цоколь	Размеры, мм	КПД %	Мощность, Вт	Световой поток лампы, лм (ЛД/ЛБ)
ЛПО 12-2×40-904	2х36			80	2850
414 А01 (Поларис)	4х14 (G5)	595х595х57	70	62	1300/1350
236 А52 (Циклон)	2х36 (G13)	1280х170х95	68	84	2850
418 А30 (Пассат)	4х18 (G13)	635х635х66	74	84	1300/1450
218 А29 (Сирокко)	2х18 (G13)	635х360х66	59	50	1300/1450
228 А59 (Алькор)	2х28 (G5)	1175х137х79	60	60	2750/2900
414 А03 (Сириус)	4х14 (G5)	595х595х57	69	62	1300/1350
236 А42 (Леванто)	2х36 (G13)	1380х320х105	34	84	2850
418 А08 (Муссон)	4х18 (G13)	595х595х72	63	84	1300/1450
228 А21 (Поларис)	2х28 (G5)	1210х143х57	57	60	2750/2900
254 А46 (Циклон)	2х54 (G5)	1280х170х95	80	116	4750/5000

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 3

Тема: Расчет токов короткого замыкания на шинах тяговой подстанции и тяговой сети постоянного тока

Цель работы: научиться выполнять расчет тока короткого замыкания в тяговой сети постоянного тока при глухом коротком замыкании на шинах подстанции.

Исходные данные указаны в таблице 3.1

Задание: Определить максимальный ток короткого замыкания в установившемся режиме и ударное значение выпрямленного тока.

Заданы тип преобразовательного агрегата и трансформатора, их номинальная мощность, номинальный ток выпрямителя, напряжение к.з., мощность короткого замыкания на шинах 10 кВ.

Порядок выполнения работы

1. Определить установившийся максимальный ток короткого замыкания у шин подстанции при параллельном соединении агрегатов, А

$$I_{k\max} = \frac{1,1 \cdot I_{dн} \cdot N}{\frac{S_n}{S_k} + \frac{u_k}{100}},$$

где $I_{dн}$ - номинальный ток выпрямителя, А;

N – число параллельно работающих преобразователей, $N=2$ при S_n свыше 11 МВА или $N=4$ $S_n = 6$ МВА;

S_n – суммарная мощность преобразовательных агрегатов, МВА;

S_k - мощность короткого замыкания на шинах 10 кВ, МВА;

u_k - напряжение к.з. u_k , %.

Таблица 3.1 - Исходные данные

Вариант	Тип преобразовательного трансформатора	Тип преобразовательного агрегата	Номинальная мощность преобразовательного трансформатора, S_H , МВА	Номинальный ток выпрямителя I_{dH} , А	Напряжение к.з. u_k , %	Мощность короткого замыкания на шинах 10 кВ S_K , МВА
1	ТРДП-12500/10Ж	ТПЕД	11,4	3150	8	200
2	ТМПУ-16000/10Ж	ПВЭ-5АУ1	11,84	3200	6,1	170
3	ТРДП-12500/10Ж	ТПЕД	11,4	3150	8	180
4	ТДП-12500/10Ж	ПВЭ-3МУ1	11,8	3200	7,0	210
5	ТРДП-12500/10Ж	ТПЕД	11,4	3150	8	190
6	ТМПУ-6300/35У1	ПВЭ-5АУ1	6,0	1600	8,5	170
7	ТДП-12500/10Ж	ПВЭ-3МУ1	11,8	3200	7,0	170
8	ТМПУ-16000/10Ж	ПВЭ-5АУ1	11,84	3200	6,1	210
9	ТДП-12500/10Ж	ПВЭ-3МУ1	11,8	3200	7,0	150
10	ТРДП-12500/10Ж	ТПЕД	11,4	3150	8	160
11	ТМРУ-16000/10-1	ПВКЕ-3	11,1	3000	7,0	130
12	ТРДП-12500/10Ж	ВТПЕД	11,4	3150	8	230
13	ТРДП-12500/10Ж	ТПЕД	11,4	3150	8	220
14	ТМПУ-16000/10Ж	ПВЭ-5АУ1	11,84	3200	6,1	160
15	ТРДП-12500/10Ж	ТПЕД	11,4	3150	8	190
16	ТДП-12500/10Ж	ПВЭ-3МУ1	11,8	3200	7,0	170
17	ТРДП-12500/10Ж	ТПЕД	11,4	3150	8	170
18	ТМПУ-6300/35У1	ПВЭ-5АУ1	6,0	1600	8,5	210
19	ТДП-12500/10Ж	ПВЭ-3МУ1	11,8	3200	7,0	150
20	ТМПУ-16000/10Ж	ПВЭ-5АУ1	11,84	3200	6,1	160
21	ТДП-12500/10Ж	ПВЭ-3МУ1	11,8	3200	7,0	130
22	ТРДП-12500/10Ж	ТПЕД	11,4	3150	8	230
23	ТМРУ-16000/10-1	ПВКЕ-3	11,1	3000	7,0	220
24	ТРДП-12500/10Ж	ВТПЕД	11,4	3150	8	160
25	ТРДП-12500/10Ж	ТПЕД	11,4	3150	8	150
26	ТМПУ-16000/10Ж	ПВЭ-5АУ1	11,84	3200	6,1	160
27	ТРДП-12500/10Ж	ТПЕД	11,4	3150	8	130
28	ТДП-12500/10Ж	ПВЭ-3МУ1	11,8	3200	7,0	230
29	ТРДП-12500/10Ж	ТПЕД	11,4	3150	8	220
30	ТМПУ-6300/35У1	ПВЭ-5АУ1	6,0	1600	8,5	160
31	ТДП-12500/10Ж	ПВЭ-3МУ1	11,8	3200	7,0	190
32	ТМПУ-16000/10Ж	ПВЭ-5АУ1	11,84	3200	6,1	170
33	ТДП-12500/10Ж	ПВЭ-3МУ1	11,8	3200	7,0	170
34	ТРДП-12500/10Ж	ТПЕД	11,4	3150	8	210
35	ТМРУ-16000/10-1	ПВКЕ-3	11,1	3000	7,0	150
36	ТРДП-12500/10Ж	ВТПЕД	11,4	3150	8	160

2. Определить ударный ток короткого замыкания, кА

$$I_{dy} = k_{\tau} \cdot I_{kmax},$$

где $k_{\tau} = 1,3$ – ударный коэффициент.

3. Определить тип и число быстродействующих выключателей.

При выборе выключателей учитывается их разрывная способность и назначение.

Содержание отчета

1. Цель работы.
2. Расчеты токов короткого замыкания.
3. Обоснование выбора выключателей постоянного тока.
4. Вывод о проделанной работе.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 4

Тема: Расчет мгновенных схем для участка постоянного тока

Цель работы: научиться производить электрические расчеты тяговых сетей постоянного тока.

Исходные данные

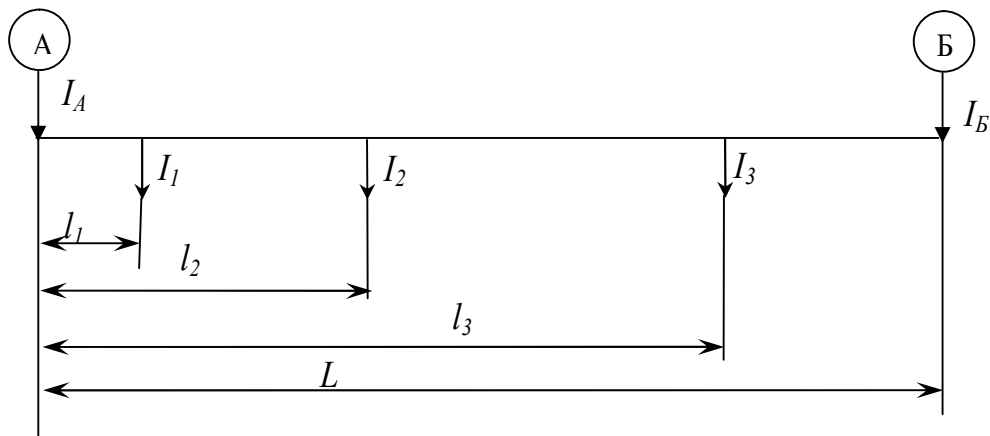


Рисунок 4. 1 Мгновенная схема при двустороннем питании нагрузок
Данные по вариантам приведены в таблице 4.1

Задание: произвести расчет токов подстанций, мгновенных потерь напряжения до токоприемников поездов, определить потерю мощности и КПД; сделать вывод о работоспособности данной схемы по минимально допустимому уровню напряжения на токоприемнике.

Порядок выполнения работы

1. Вычертить мгновенную схему согласно рисунку 4.1 и нанести на нее заданные токи и расстояния. Под схемой оставить 6-7 см для построения графиков изменения токов и напряжений в тяговой сети.
2. Определить удельное эквивалентное сопротивление тяговой сети.
 - 2.1. Сопротивление подвески, Ом/км:

$$r_k = \frac{\rho_m}{S_m + \frac{S_{пбсм}}{3} + \frac{S_A}{1,65}},$$

где $\rho_m=18,8 \text{ Ом} \cdot \text{км}/\text{мм}^2$ - удельное сопротивление меди.

Таблица 4.1 - Исходные данные

Вариант	Напряжение на шинах тяговой подстанции А U_A , кВ	Напряжение на шинах тяговой подстанции Б U_B , кВ	Расстояние между тяговыми подстанциями L , км	Расстояния от тяговой подстанции А до токоприемников поездов, км			Токи, потребляемые поездами, А			Тип подвески	Тип рельсов
				l_1	l_2	l_3	I_1	I_2	I_3		
1	3300	3300	20	8	12	16	500	400	600	М-120+2МФ-100	Р 65
2	3200	3300	21	5	15	18	300	600	800	ПБСМ-95+2МФ-100	Р 65
3	3100	3300	22	6	10	14	400	800	1000	М-120+2МФ-100+А-185	Р 50
4	3000	3300	23	7	11	20	600	1000	500	ПБСМ-95+2МФ-100+А-185	Р 50
5	3300	3200	24	4	14	19	800	500	700	М-120+2МФ-100+2А-185	Р 65
6	3200	3200	25	3	13	16	700	700	600	ПБСМ-95+2МФ-100+2А-185	Р 65
7	3100	3200	20	8	16	18	500	900	800	М-120+2МФ-100	Р 50
8	3000	3200	21	5	9	15	300	1100	1000	ПБСМ-95+2МФ-100	Р 50
9	3300	3100	22	6	17	20	400	1200	500	М-120+2МФ-100+А-185	Р 65
10	3200	3100	23	7	12	16	600	400	700	ПБСМ-95+2МФ-100+А-185	Р 65
11	3100	3100	24	4	15	20	800	600	600	М-120+2МФ-100+2А-185	Р 50
12	3000	3100	25	3	10	18	700	800	800	ПБСМ-95+2МФ-100+2А-185	Р 50
13	3300	3000	20	8	11	15	500	1000	1000	М-120+2МФ-100	Р 65
14	3200	3000	21	5	14	17	300	500	500	ПБСМ-95+2МФ-100	Р 65
15	3100	3000	22	6	13	19	400	700	700	М-120+2МФ-100+А-185	Р 50
16	3000	3000	23	7	16	20	600	900	600	ПБСМ-95+2МФ-100+А-185	Р 50
17	3300	3300	24	4	9	13	800	1100	800	М-120+2МФ-100+2А-185	Р 65
18	3200	3300	25	3	17	20	700	1200	1000	ПБСМ-95+2МФ-100+2А-185	Р 65
19	3100	3300	20	8	12	17	500	400	500	М-120+2МФ-100	Р 50
20	3000	3300	21	5	15	18	300	600	700	ПБСМ-95+2МФ-100	Р 50
21	3300	3200	22	6	10	15	400	800	600	М-120+2МФ-100+А-185	Р 65
22	3200	3200	23	7	11	19	600	1000	800	ПБСМ-95+2МФ-100+А-185	Р 65
23	3100	3200	24	4	14	20	800	500	1000	М-120+2МФ-100+2А-185	Р 50
24	3000	3200	25	3	13	19	700	700	500	ПБСМ-95+2МФ-100+2А-185	Р 50
25	3300	3100	20	8	16	18	500	900	700	М-120+2МФ-100	Р 65
26	3200	3100	21	5	9	17	300	1100	600	ПБСМ-95+2МФ-100	Р 65
27	3100	3100	22	6	17	20	400	1200	800	М-120+2МФ-100+А-185	Р 50
28	3000	3100	23	7	12	15	600	400	1000	ПБСМ-95+2МФ-100+А-185	Р 50
29	3300	3000	24	4	15	19	800	600	500	М-120+2МФ-100+2А-185	Р 65
30	3200	3000	25	3	10	14	700	800	700	ПБСМ-95+2МФ-100+2А-185	Р 65
31	3100	3000	20	8	11	16	500	1000	600	М-120+2МФ-100	Р 50
32	3000	3000	21	5	14	17	300	500	800	ПБСМ-95+2МФ-100	Р 50
33	3300	3300	22	6	13	18	400	700	1000	М-120+2МФ-100+А-185	Р 65
34	3200	3300	23	7	16	19	600	900	500	ПБСМ-95+2МФ-100+А-185	Р 65
35	3100	3300	24	4	9	20	800	1100	700	М-120+2МФ-100+2А-185	Р 50
36	3000	3300	25	3	17	21	700	1200	400	ПБСМ-95+2МФ-100+2А-185	Р 50

2.2. Сопротивление рельсовой цепи, Ом/км:

$$r_p = \frac{2}{m \cdot N},$$

где $N=2$ – число рельсов,

$m=65$ кг - масса 1 м рельсов.

2.3. Удельное эквивалентное сопротивление тяговой сети, Ом/км:

$$r_0 = r_k + r_p,$$

3. Расчет токов фидеров подстанций.

3.1. Ток подстанции А, А:

$$I_A = I_1 \left(1 - \frac{l_1}{L}\right) + I_2 \left(1 - \frac{l_2}{L}\right) + I_3 \left(1 - \frac{l_3}{L}\right) + \frac{U_A - U_B}{r_0 L}$$

3.2. Ток подстанции Б, А:

$$I_B = I_1 \frac{l_1}{L} + I_2 \frac{l_2}{L} + I_3 \frac{l_3}{L} - \frac{U_A - U_B}{r_0 L}$$

3.3. Проверка правильности расчета токов подстанций

$$I_A + I_B = I_1 + I_2 + I_3$$

4. Найти точку токораздела и привести схему двустороннего питания к двум схемам одностороннего питания.

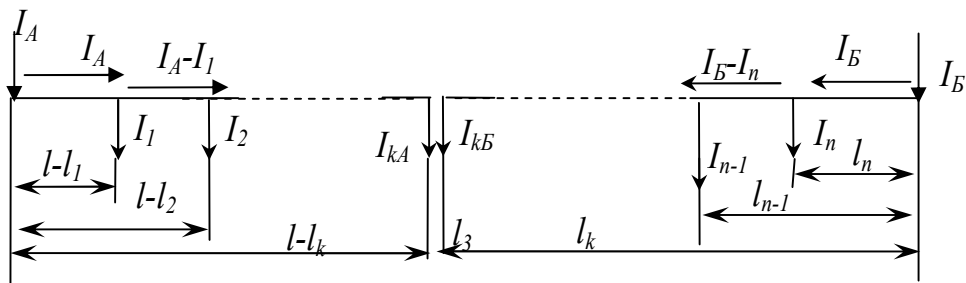


Рисунок 4.2 Схема нахождения точки токораздела

5. Определение потерь напряжения до токоприемников поездов

В общем случае потери напряжения определяются по формуле:

$$\Delta U_k = r_0 \left[\sum_{i=1}^{i=k} l_i I_i + l_k \sum_{i=k+1}^{i=n} I_i \right]$$

Если точка токораздела соответствует нагрузке 2 поезда при данной схеме, то потери определяются следующим образом:

5.1. Потери до токоприемника 1 поезда от подстанции А, В:

$$\Delta U_1 = r_0 l_1 \cdot I_A$$

5.2. Потери до токоприемника 2 поезда от подстанции А, В:

$$\Delta U_{2A} = \Delta U_1 + r_0 (l_2 - l_1) (I_A - I_1)$$

5.3. Потери до токоприемника 3 поезда от подстанции Б, В:

$$\Delta U_3 = r_0 (L - l_3) I_B$$

5.4. Потери до токоприемника 2 поезда от подстанции А, В:

$$\Delta U_{2B} = \Delta U_3 + r_0 (l_3 - l_2) (I_B - I_3)$$

Максимальная потеря напряжения до токоприемника поезда в точке токораздела, В:

$$\Delta U_{\text{макс}} = r_0 \sum_{i=1}^{i=n} l_i I_i,$$

6. Определение напряжения на токоприемниках поездов:

$$U_1 = U_A - \Delta U_1$$

$$U_2 = U_A - \Delta U_{2A} = U_B - \Delta U_{2B}$$

$$U_3 = U_B - \Delta U_3$$

7. Определение потерь мощности.

7.1. Потери мощности в тяговой сети, Вт:

$$\Delta P = \sum_{i=1}^{i=n} \Delta U_i I_i,$$

где ΔU_i – потери напряжения до токоприемника поезда, В;

I_i – ток поезда, А.

7.2. Мощность, отдаваемая тяговой подстанцией, Вт:

$$P_{A(B)} = U_{A(B)} I_{A(B)},$$

8. Определение КПД схемы:

$$\eta = \frac{P_A + P_B - \Delta P}{P_A + P_B} \cdot 100\%$$

9. Построить графики изменения токов и напряжений в тяговой сети в зависимости от расстояния между подстанциями.
10. Сравнить напряжения на токоприемниках с минимально допустимым напряжением в контактной сети и сделать вывод о работоспособности схемы.

Содержание отчета

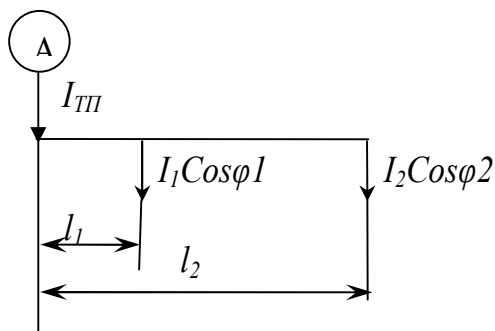
1. Цель работы.
2. Мгновенная схема и графики распределения токов и напряжений между подстанциями.
3. Расчет токов подстанций.
4. Расчет напряжений, потерь мощности и КПД.
5. Вывод о работоспособности схемы.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 5

Тема: Расчет мгновенных схем для участка переменного тока

Цель работы: научиться производить электрические расчеты тяговых сетей переменного тока.

Исходные данные



Напряжение на шинах
тяговой подстанции
 $U_{ТП} = 27,5$ кВ
Участок однопутный

Рисунок 5.1 Мгновенная схема при консольном питании нагрузок на переменном токе

Данные по вариантам приведены в таблице 5.1

Задание: произвести расчет токов подстанций, мгновенных потерь напряжения до токоприемников поездов, определить потерю мощности и КПД; сделать вывод о работоспособности данной схемы по минимально допустимому уровню напряжения на токоприемнике.

Порядок выполнения работы

1. Вычертить мгновенную схему согласно Рисунку 5. 1 и нанести на нее заданные токи и расстояния.
2. Определение активного и реактивного удельных сопротивлений тяговой сети для однопутного участка следует выполнить по данным Приложения 5.1.
3. Определить $\cos \varphi_1$, $\cos \varphi_2$, $\sin \varphi_1$, $\sin \varphi_2$.
4. Расчет тока подстанции.

4.1. Активная составляющая тока подстанции, А:

$$I_{aТП} = I_1 \cdot \cos\phi_1 + I_2 \cdot \cos\phi_2$$

4.2. Реактивная составляющая тока подстанции, А:

$$I_{pТП} = I_1 \cdot \sin\phi_1 + I_2 \cdot \sin\phi_2$$

Таблица 5.1 - Исходные данные

Вариант	Расстояния от тяговой подстанции до токоприемников поездов, км		Токи, потребляемые поездами, А		Углы сдвига фаз между током и напряжением поездов		Тип подвески	Тип рельсов
	l_1	l_2	I_1	I_2	$\phi_1, ^\circ$	$\phi_2, ^\circ$		
1	10	15	100	600	25	35	ПБСМ-70+МФ-85	Р 65
2	13	18	70	350	30	32	ПБСМ-70+МФ-100	Р 65
3	8	14	250	170	27	34	ПБСМ-95+МФ-100	Р 50
4	6	11	400	120	33	36	ПБСМ-70+МФ-85	Р 50
5	5	16	150	270	37	39	ПБСМ-70+МФ-100	Р 65
6	11	17	300	400	40	25	ПБСМ-95+МФ-100	Р 65
7	15	20	500	180	20	30	ПБСМ-70+МФ-85	Р 50
8	9	19	600	260	24	27	ПБСМ-70+МФ-100	Р 50
9	7	10	350	340	38	33	ПБСМ-95+МФ-100	Р 65
10	12	22	170	450	26	37	ПБСМ-70+МФ-85	Р 65
11	14	18	120	300	22	40	ПБСМ-70+МФ-100	Р 50
12	4	10	270	480	21	20	ПБСМ-95+МФ-100	Р 50
13	10	14	400	70	23	24	ПБСМ-70+МФ-85	Р 65
14	13	21	180	250	28	38	ПБСМ-70+МФ-100	Р 65
15	8	16	260	400	31	40	ПБСМ-95+МФ-100	Р 50
16	6	17	340	150	35	20	ПБСМ-70+МФ-85	Р 50
17	5	20	450	300	32	24	ПБСМ-70+МФ-100	Р 65
18	11	19	300	500	34	38	ПБСМ-95+МФ-100	Р 65
19	15	25	480	600	36	26	ПБСМ-70+МФ-85	Р 50
20	9	22	500	350	39	22	ПБСМ-70+МФ-100	Р 50
21	7	18	250	170	25	21	ПБСМ-95+МФ-100	Р 65
22	12	16	360	120	30	23	ПБСМ-70+МФ-85	Р 65
23	14	19	470	270	27	35	ПБСМ-70+МФ-100	Р 50
24	4	18	120	260	33	32	ПБСМ-95+МФ-100	Р 50
25	10	20	340	340	37	34	ПБСМ-70+МФ-85	Р 65
26	13	19	450	450	40	36	ПБСМ-70+МФ-100	Р 65
27	8	25	380	300	20	39	ПБСМ-95+МФ-100	Р 50
28	6	22	560	480	24	25	ПБСМ-70+МФ-85	Р 50
29	5	18	400	500	38	30	ПБСМ-70+МФ-100	Р 65
30	11	16	100	250	26	27	ПБСМ-95+МФ-100	Р 65
31	15	19	200	360	22	33	ПБСМ-70+МФ-85	Р 50
32	9	18	300	470	21	37	ПБСМ-70+МФ-100	Р 50
33	7	15	500	120	23	37	ПБСМ-95+МФ-100	Р 65
34	12	18	600	340	33	40	ПБСМ-70+МФ-85	Р 65
35	14	17	250	450	37	20	ПБСМ-70+МФ-100	Р 50
36	4	12	350	600	40	24	ПБСМ-95+МФ-100	Р 50

4.3. Полный ток подстанции, А:

$$I_{ТП} = \sqrt{I_{aТП}^2 + I_{pТП}^2}$$

5. Определить потери напряжения до токоприемников поездов по упрощенному методу (без учета поперечной составляющей).

В общем случае потери напряжения определяются по формуле:

$$\Delta U_k = r \left[\sum_{i=1}^{i=k} l_i I_i \cos \varphi_i + l_k \sum_{i=k+1}^{i=n} I_i \cos \varphi_i \right] + x \left[\sum_{i=1}^{i=k} l_i I_i \sin \varphi_i + l_k \sum_{i=k+1}^{i=n} I_i \sin \varphi_i \right]$$

5.1. Потери до токоприемника 1 поезда, В:

$$\Delta U_1 = r [l_1 I_1 \cos \varphi_1 + l_1 I_2 \cos \varphi_2] + x [l_1 I_1 \sin \varphi_1 + l_1 I_2 \sin \varphi_2]$$

5.2. Потери до токоприемника 2 поезда, В:

$$\Delta U_2 = r [l_1 I_1 \cos \varphi_1 + l_2 I_2 \cos \varphi_2] + x [l_1 I_1 \sin \varphi_1 + l_2 I_2 \sin \varphi_2]$$

6. Определить напряжения на токоприемниках поездов, В:

$$U_1 = U_{ТП} - \Delta U_1$$

$$U_2 = U_{ТП} - \Delta U_2$$

7. Определить потери мощности.

7.1. Потери активной мощности в тяговой сети, Вт:

$$\Delta P = r (I_1^2 l_1 + I_2^2 l_2)$$

7.2. Потери реактивной мощности в тяговой сети, вар:

$$\Delta Q = x (I_1^2 l_1 + I_2^2 l_2)$$

8. Определить КПД схемы:

$$\eta = \frac{U_{ТП} I_{ТП} \cdot \cos \varphi_{ТП} - \Delta P}{U_{ТП} I_{ТП} \cdot \cos \varphi_{ТП}} \cdot 100 \%$$

где

$$\cos \varphi_{ТП} = \frac{I_{aТП}}{I_{ТП}}$$

9. Построить векторную диаграмму потерь напряжения.

10. Сравнить напряжения на токоприемниках с минимально допустимым напряжением в контактной сети и сделать вывод о работоспособности схемы.

Содержание отчета

1. Цель работы.
2. Мгновенная схема консольного питания.
3. Расчет токов подстанций.
4. Расчет напряжений, потерь мощности и КПД
5. Векторная диаграмма потерь напряжения.
6. Вывод о работоспособности схемы.

Приложение 5.1

Средние значения удельных сопротивлений тяговой сети для однопутных участков

Тип подвески	Тип рельса	$Z_0=r_{a0}+jx_0$, Ом/км
ПБСМ-70+МФ-85	P50	0,27+j0,53
	P65	0,26+j0,51
ПБСМ-70+МФ-100	P50	0,27+j0,52
	P65	0,25+j0,50
ПБСМ-95+МФ-100	P50	0,25+j0,49

ПЕРЕЧЕНЬ ЛИТЕРАТУРЫ

Основные источники:

1. Конюхова Е.А. Электроснабжение объектов: учебник для студ. учреждений сред. проф. образования. – 11-е изд., стер. – М.: Издательский центр «Академия», 2014. – 320 с.
2. Кожунов В.И. Устройство электрических подстанций [Текст]: Учебное пособие. - М.: ФБГОУ "Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте", 2016. – 401 с.

Дополнительные источники:

3. Свод правил. Тяговое электроснабжение железной дороги. [Электронный ресурс]: СП 224.1326000.2014 Утв. Приказом Минтранса России от 02.12.14. № 330. Режим доступа:
http://www.sptgt.ru/students/training_materials/elektrosnabzhenie-po-otraslyam/
4. Журнал «Железнодорожный транспорт».
5. Журнал «Интеллектуальные технологии на транспорте» - Режим доступа: itt-pgups@yandex.ru.

Методическое обеспечение:

1. Методические рекомендации по внеаудиторной самостоятельной работе по профессиональному модулю ПМ.01. Техническое обслуживание оборудования электрических подстанций и сетей. Заочная форма обучения. [Электронный ресурс]. Специальность 13.02.07 Электроснабжение (по отраслям). – СПТЖТ, 2017. Режим доступа:
http://www.sptgt.ru/students/training_materials/elektrosnabzhenie-po-otraslyam/
2. Ройзен О.Г. Методические указания и контрольные задания для студентов заочной формы обучения по МДК 01.02. Устройство и техническое обслуживание сетей электроснабжения. ПМ 01. Техническое обслуживание оборудования электрических подстанций и сетей [Электронный ресурс]. Специальность 13.02.07 Электроснабжение (по отраслям). – СПТЖТ, 2017. Режим доступа:
http://www.sptgt.ru/students/training_materials/elektrosnabzhenie-po-otraslyam/