Автономная некоммерческая организация высшего образования

«СЕВЕРО-ЗАПАДНЫЙ ОТКРЫТЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Методические рекомендации по выполнению заданий к практическим занятиям

ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ

Направление подготовки:
13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Профили подготовки:
13.03.02.1Электромеханика
13.03.02.2 Электроэнергетические системы и сети
13.03.02.3 Электрические и электронные аппараты
13.03.02.4 Электроснабжение

;
.

Санкт-Петербург
2015

ББК 31.27
УДК 21.31

Рецензент: Б.Е. Синдаловский, к.т.н. , доцент

Электроснабжение: методические рекомендации по выполнению практических занятий для студентов заочной формы обучения всех профилей направления 13.03.02. Электроэнергетика и электротехника.

/ А.Л. Виноградов. - СПб.: СЗОТУ, 2015. –10 с.

Методические рекомендации по выполнению практических занятий по дисциплине «Электроснабжение» разработаны в соответствии с требованиями ФГОС ВО, с учетом рекомендаций ПрООП ВО по направлению «Электроэнергетика и электротехника» на основании учебного плана направления 13.03.02 - «Электроэнергетика и электротехника»

Методические рекомендации по выполнению контрольной работы рассмотрены на заседании кафедры, протокол № 3. от «03» _ноября 2015 года

ББК 31.27 УДК 21.31

© Северо-Западный открытый технический университет, 2015

Содержание

Введение…….4
1. Задания на практические занятия……...…..……4
Занятие 1 по теме № 3.3. Тема «Расчет электрических нагрузок»……4
Занятие 2 по теме № 3.3. Тема «Расчет электрических нагрузок»……10
Занятие 3 по теме № 2.1. Тема «Определение места расположения ГПП»…10
Занятие 4 по теме № 2.1. Тема. «Выбор трансформаторов ГПП»……14
Занятие 5 по теме № 2.2. Тема.5. «Расчет тока КЗ»……..15
2. Контрольные вопросы для самопроверки ……17
3. Библиографический список……18

Введение

При изучении дисциплины студенты должны выполнить практические задания, основной целью которых являются закрепление теоретического материала по курсу и получение практических навыков решения задач в области проектирования и эксплуатации систем электроснабжения. Практические занятия составлены в соответствии с рабочим учебным планом

Структура и порядок выполнения всех занятий одинаковые:

1. Цель занятия.
2. Основные теоретические положения.
3. Задания для выполнения работы.
4. Содержание отчета.

1. Задания на практические занятия

Занятие 1 по теме № 3.3. Тема «Расчет электрических нагрузок»

1. Цели и задачи занятия

Приобретение практических навыков расчета электрических нагрузок цехов промышленных предприятий. Углубить, закрепить знания и подготовиться к экзамену

2. Правила и порядок выполнения заданий

В начале занятия студенты должны ответить на теоретические вопросы, поставленные преподавателем, уяснить порядок выполнения работы и приступить к самостоятельному выполнению задания.

В конце занятия проводится анализ и оценка выполнения студентами практической работы.

Решение задачи ведется в следующей последовательности:

а) для характерных групп силовых ЭП определяются суммарные нагрузки: средние за наиболее загруженную смену $P_{см}$ и $Q_{см}$ и расчетные $P_р$, $Q_р$. Значения коэффициентов использования $K_и$, реактивной мощности tgφ и расчетной мощности приведены в табл. 1.1 и 1.2.

б) определяются расчетные нагрузки электрического освещения корпуса, для которых

$$P_{р.о.} = P_{см\,о} = P_{уд\,о} F K_{с\,о};$$

$$Q_{р.\,о} = Q_{см\,о} = P_{р\,о} \operatorname{tg}\varphi_о,$$

где $K_{с\,о} = 0{,}9$ – коэффициент спроса нагрузки освещения;

F – площадь корпуса;

$\operatorname{tg}\varphi_о$ – коэффициент реактивной мощности нагрузки освещения.

в) определяются суммарные расчетные нагрузки всего корпуса; результаты записываются в графы 7, 8, 12, 13 и 14.

Таблица 1.1

Значения коэффициентов $K_и$ и tgφ

Наименование ЭП	Коэффициент использования $K_и$	Коэффициент мощности tg φ
Станки металлорежущие мелкосерийного производства	0,14	1,73
То же, крупносерийного производства	0,16	1,73
То же, при тяжелом режиме	0,17	1,17
То же, при особо тяжелым режиме	0,24	1,17
Автоматические поточные линии	0,6	1,02
Печи сопротивления с автоматической загрузкой	0,8	0,33
Печи сопротивления с неавтоматической загрузкой	0,5	0,33
Индукционные печи низкой частоты	0,7	0,33
Сварочные машины шовные	0,35	1,02
То же, точечные	0,35	1,33
Сварочные трансформаторы для автоматической дуговой сварки	0,35	1,73
Краны, тельферы с ПВ = 25%	0,05	1,73
То же, с ПВ = 40%	0,1	1,73
Насосы	0,7	0,62
Вентиляторы	0,65	0,75
Конвейеры, транспортеры	0,4	0,88

Значения коэффициента $K_р$ на шинах низкого напряжения цеховых трансформаторов

Таблица 1.2

$n_э$	Коэффициент использования $К_и$							
	0,1	0,15	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	> 0,7
1	8,00	5,33	4,00	2,67	2,00	1,60	1,33	1,14
2	5,01	3,44	2,69	1,9	1,52	1,24	1,11	1,0
3	2,94	2,17	1,8	1,42	1,23	1,14	1,08	1,0
4	2,28	1,73	1,46	1,19	1,06	1,04	1,0	0,97
5	1,31	1,12	1,02	1,0	0,98	0,96	0,94	0,93
6-8	1,2	1,0	0,96	0,95	0,94	0,93	0,92	0,91
9-10	1,1	0,97	0,91	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
10-25	0,8	0,8	0,8	0,85	0,85	0,85	0,9	0,9
25-50	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,8	0,85	0,85
более 50	0,65	0,65	0,65	0,7	0,7	0,75	0,8	0,8

Задания для выполнения работы

Определить расчетные электрические нагрузки главного корпуса завода на шинах вторичного напряжения цеховых ТП. Исходные данные по осветительной нагрузке приведены в табл. 1.3, по силовой нагрузке – в табл. 1.4, где для каждой характерной группы ЭП приведены следующие данные:

- количество ЭП, шт;
- суммарная установленная мощность ЭП, кВт;
- мощности наименьшего и наибольшего ЭП, кВт.

Т а б л и ц а 1.3

Параметр	Номер варианта (последняя цифра шифра студента)									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Площадь корпуса F тыс. м^2	36	35	30	29	32	28	33	34	31	37
Удельная плотность нагрузки освещения $P_{\text{уд о}}$, Вт/м^2	15	15	14	15	12	14	15	13	13	12

Примечание. Коэффициент реактивной мощности нагрузки освещения $\text{tg}\varphi_o$ = 0,33.

Содержание отчета

- название и цель работы;
- исходные данные;
- заполненная форма 1. (пункты 7,8)

Таблица 1.4

Исходные данные				Справочные данные		Расчетные параметры							
Наименование ЭП	Количество ЭП, шт.	Мощность, кВт		Коэффициент использования $K_и$	Коэффициент реактивной мощности tg φ	Средние нагрузки за наиболее загруженную смену		Эффективное число ЭП: $n_э = 2\sum P_{уст} / (P_{max})$	Коэффициенты расчетных нагрузок		Расчетные нагрузки		
		суммарная установленная $P_{уст}$	наименьшего (P_{min}) ЭП наибольшего (P_{max}) ЭП			Активная, кВт $P_{см} = K_и P_{ном}$	Реактивная, квар $Q_{см} = P_{см}$ tg φ		Активной нагрузки: $K_р = f_1 (K_и, n_э)$	Реактивной нагрузки $K'_р = K_р$	Активная, кВт $P_р = K_р \sum P_{см}$	Реактивная, квар $Q_р = K'_р \sum Q_{см}$	Полная, кВ·А $S_р = \sqrt{P^2_р + Q^2_р}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Силовая нагрузка													
1. Станки …													
2.													
…….													
n …….													
Итого силовая													
Нагрузка освещения													
Суммарная нагрузка													

Форма 1

Наименование ЭП	0			1			2			3			4			5			6			7			8			9		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Станки металлорежущие мелкосерийного производства	182	1260	1,5-50	--	--	--	156	1070	1,5-20	50	416	1,7- 4	170	1150	1,5-50	111	770	1,7-50	180	1250	1,5-50	--	--	--	175	1210	1,5-28	100	710	1,5-50
То же, крупносерийного производства	--	--	--	170	1180	1,7-50	--	--	--	170	1917	2,8-50	--	--	--	--	--	--	75	2650	5-80	170	1200	1,7-50	--	--	--	--	--	--
То же, при тяжелом режиме	84	3480	20-80	--	--	--	75	2660	5-80	3	84	28	60	2660	20-80	44	1770	5-80	10	550	28-80	60	2650	20-80	90	3560	20-80	90	3560	20-80
То же, с особо тяжелым режимом работы	--	--	--	80	2450	28-80	10	540	28-80	--	--	--	10	445	28-80	20	687	28-80	--	--	--	20	685	28-80	--	--	--	20	685	28-80
Автоматические поточные линии	245	1460	2,5- 40	260	840	1-20	200	1400	3,5 -20	200	1254	2,5-40	200	1150	2,5-40	221	1221	3,5-40	200	1250	2,5-40	195	1359	3,5-20	180	940	2,5-40	305	2160	2,5-40
Печи сопротивления с автоматической загрузкой	44	3000	50-100	--	--	--	20	1600	50-100	12	900	50-100	38	2610	50-100	23	1620	50-100	50	3260	50-100	30	2400	50-100	50	3750	50-100	35	2625	50-100
Печи сопротивления с неавтоматической загрузкой	25	820	15-65	30	750	10-40	10	410	15-65	57	1500	10-40	20	560	15-40	28	808	10-65	20	560	15-65	30	820	10-65	25	830	15-65	34	3400	20-250

Продолжение табл. 1.4

Конвейеры, транспортеры	Вентиляторы	Насосы	То же, с ПВ = 40%	Краны, тельферы с ПВ = 25%	Сварочные трансформаторы для дуговой сварки	То же, точечные	Сварочные машины шовные	Индукционные печи низкой частоты
--	110	51	92	--	--	--	--	--
--	4620	3100	650	--	--	--	--	--
--	2,8-120	10-100	1-28	--	--	--	--	--
6	150	60	52	40	--	--	10	--
48	3062	1602	350	300	--	--	830	--
4-10	2,8- 40	7- 40	1-28	1-14	--	---	83	--
--	160	43	--	90	10	20	--	10
--	2867	2400	--	606	400	908	--	200
--	7-120	20-100	--	1-28	40	38-55	--	20
5	120	65	95	--	12	--	--	--
40	3900	3700	700	--	480	--	--	--
4-10	2,8-120	10-100	1-28	--	40	--	--	--
7	100	50	90	--	--	10	5	--
52	4470	2900	650	--	--	454	415	--
4-10	7-120	7-100	1-28	--	---	38-55	83	--
--	128	54	66	--	----	--	--	20
--	3780	2740	470	--	--	--	--	400
--	2,8-120	10-100	1-28	--	--	--	--	20
--	220	52	46	46	--	15	7	--
--	4830	3110	325	325	--	682	581	--
--	2,8- 40	10-100	1-28	1-28	--	38 - 55	83	--
4	300	64	52	52	15	--	--	30
32	5200	1680	350	350	600	--	--	600
4-10	7,5 - 40	20-100	1-28	1-14	40	--	--	20
--	100	50	40	52	8	--	--	25
--	4675	3000	300	350	320	--	--	500
--	7,5-120	7-100	1-14	1-28	40	--	--	20
10	150	52	94	--	--	25	25	--
80	4062	3220	696	--	--	1136	500	--
4-10	2,8-120	10-100	1-28	--	--	38-55	20	--

Занятие 2 по теме № 3.3. Тема «Расчет электрических нагрузок»

1. Цели и задачи занятия

Приобретение практических навыков расчета электрических нагрузок цехов промышленных предприятий. Углубить, закрепить знания и подготовиться к экзамену

2. Правила и порядок выполнения заданий

Занятие 2 является логическим продолжением занятия1. Все исходные данные для далнейшего расчета, и соответствующие методические указания, приведены в занятии 1. В данном занятии необходимо определить суммарные расчетные нагрузки всего корпуса; результаты записываются в графы 12, 13 и 14.

Содержание отчета
- название и цель работы;
- исходные данные;
- заполненная форма 1. (пункты 12 - 14)

Занятие 3 по теме № 2.1. Тема «Определение места расположения ГПП»

Определение места расположения ГПП

Цель занятия – приобретение практических навыков построения картограммы нагрузок предприятия и определения координат центра электрических нагрузок.

Основные теоретические положения

Наглядность размещения нагрузок по территории предприятия дает картограмма нагрузок. Кроме того, картограмма нагрузок позволяет выбрать место расположения ГПП.

Для построения картограммы на генеральный план промышленного предприятия (рис. 3.1) наносятся окружности, площади которых в выбранном масштабе равны расчетным нагрузкам цехов

$$P_{\text{p}i} = \pi \cdot R_i^2 \cdot m \qquad (3.1)$$

где m − масштаб для определения площади круга (постоянный для всех корпусов предприятия и выбираемый произвольно).

Из выражения (3.1) радиус окружности

$$R_i = \sqrt{\frac{P_{\text{p}i}}{\pi \cdot m}}. \qquad (3.2)$$

Для каждого цеха наносится своя окружность, центр которой совпадает с центром цеха.

Внутри окружности выделяются секторы осветительной нагрузки $P_{\text{ро i}}$. Угол сектора рассчитывается по выражению

$$\alpha_i = \frac{P_{\text{ро}\,i}}{360(P_{\text{р}\,i} + P_{\text{ро}\,i})}. \qquad (3.3)$$

Установлено [1, 2], что оптимальным местом расположения ГПП является центр электрических нагрузок предприятия (ЦЭН). Расположение ГПП в ЦЭН дает возможность построить экономическую и надежную систему электроснабжения, за счет сокращения протяженности распределительных сетей, уменьшения потерь энергии и отклонений напряжения.

Координаты ЦЭН предприятия вычисляются аналогично координатам центра масс в механике

$$X_{\text{ЦЭН}} = \frac{\sum P_{\text{р}\,i} X_i}{\sum P_{\text{р}\,i}}; \quad Y_{\text{ЦЭН}} = \frac{\sum P_{\text{р}\,i} Y_i}{\sum P_{\text{р}\,i}}, \qquad (3.4)$$

где X_{i}, Y_{i} – координаты i-го корпуса.

В качестве осей координат X и Y следует принять нижнюю и левую границы территории предприятия (рис. 3.1). Расчеты по определению координат ЦЭН следует свести в таблицу.

Ориентировочные размеры открытых распределительных устройств комплектных блочных двухтрансформаторных подстанций напряжением 110/10 кВ составляют 30х40 м. Ширина коридора для прохождения ВЛ-110 кВ по территории предприятия должна быть не менее 15 м.

При невозможности расположения источника питания в ЦЭН рекомендуется смещать этот источник к границе предприятия в сторону районной подстанции.

Задания для выполнения работы

Построить картограмму нагрузок промышленного предприятия и определить ЦЭН.

Один из вариантов расположения цехов на плане предприятия показан на рис. 3.1.

Варианты заданий по мощностям силовых нагрузок $P_{\text{р}}$, нагрузок освещения $P_{\text{ро}}$ и координатам цехов предприятия приведены в табл. 3.1. В качестве координатных осей x и y приняты нижняя и левая границы территории предприятия.

Рекомендовать место расположения ГПП предприятия с учетом, что питающая районная подстанция находится:

- для вариантов 1, 2 и 3 справа;
- для вариантов 4, 5 и 6 слева;
- для вариантов 7 и 8 сверху;
- для вариантов 9 и 0 снизу.

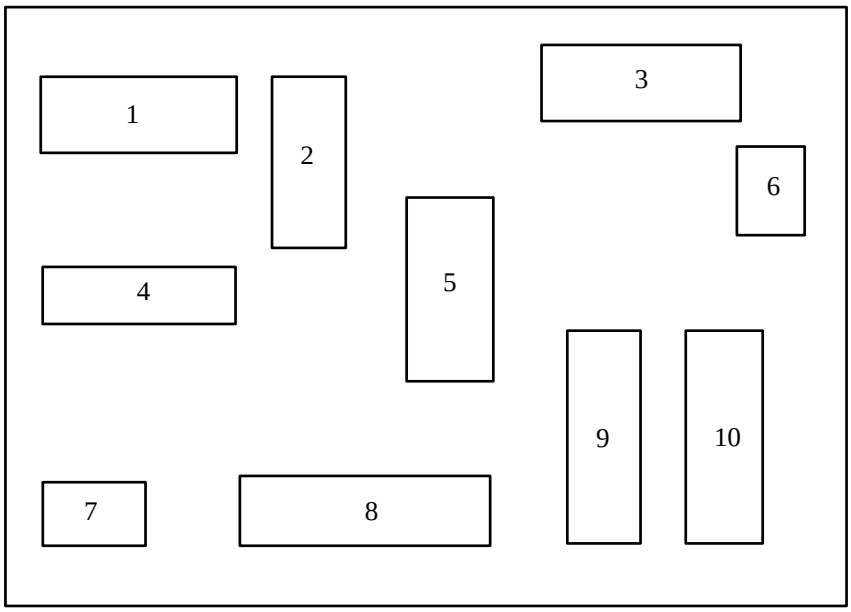

Рис. 3.1. План расположения цехов предприятия (один из вариантов);
Масштаб: 1 мм – 5 м

Содержание отчета

- название и цель работы;
- исходные данные;
- план предприятия с картограммой нагрузок;
- координаты ЦЭН;
- месторасположение ГПП предприятия.

Таблица 3.1

Исходные данные

Вариант	Параметр	Номер цеха									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	*2*	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	$P_р$, кВт	700	350	2000	400	550	350	1100	750	450	300
	$P_{ро}$, кВт	50	40	120	45	65	20	85	110	40	110
	x, м	120	250	470	100	340	515	95	290	450	560
	y, м	380	325	390	220	240	285	135	145	125	115
2	$P_р$, кВт	650	2100	400	500	750	800	1300	1500	650	400
	$P_{ро}$, кВт	30	200	30	40	60	90	110	150	70	50
	x, м	225	535	240	540	95	535	410	315	370	530
	y, м	285	365	120	215	120	95	70	390	230	325
3	$P_р$, кВт	400	650	1500	1300	800	750	500	400	2000	700
	$P_{ро}$, кВт	45	80	200	160	200	50	50	50	150	100
	x, м	360	565	205	560	510	115	140	380	400	350
	y, м	165	355	220	130	276	80	390	400	300	90
4	$P_р$, кВт	1100	600	700	650	400	400	800	2100	900	500
	$P_{ро}$, кВт	150	80	80	80	30	50	100	150	80	60
	x, м	510	60	545	520	160	330	315	450	290	280
	y, м	75	330	235	390	95	130	410	245	310	210
5	$P_р$, кВт	2000	1000	500	600	700	900	800	500	1000	750
	$P_{ро}$, кВт	190	110	70	40	30	90	90	75	80	100
	x, м	565	360	305	170	545	250	415	525	445	120
	y, м	345	515	330	320	145	195	215	305	350	130
6	$P_р$, кВт	750	1000	500	900	800	600	1100	1800	650	750
	$P_{ро}$, кВт	100	80	75	90	70	90	80	180	100	55
	x, м	410	380	515	255	580	200	440	60	275	150
	y, м	325	80	365	185	120	300	175	345	405	160
7	$P_р$, кВт	1500	900	750	600	450	1900	500	450	660	390
	$P_{ро}$, кВт	150	75	80	50	50	140	55	65	45	40
	x, м	490	115	340	320	290	510	535	170	150	370
	y, м	400	400	75	280	400	75	185	185	75	185
8	$P_р$, кВт	490	900	450	600	760	660	1100	1300	2200	630
	$P_{ро}$, кВт	40	45	65	55	50	80	200	150	220	80
	x, м	385	245	420	550	130	360	460	140	280	155
	y, м	305	375	65	360	370	395	210	345	165	85
9	$P_р$, кВт	390	1700	1900	670	490	660	380	710	800	900
	$P_{ро}$, кВт	40	80	150	60	30	50	25	70	75	60
	x, м	270	440	110	210	465	470	170	570	295	55
	y, м	245	220	345	80	85	330	160	310	375	125
0	$P_р$, кВт	400	650	550	1800	500	600	770	800	900	1100
	$P_{ро}$, кВт	60	50	35	200	70	60	60	65	55	90
	x, м	470	380	245	195	455	370	85	455	100	145
	y, м	215	145	255	65	55	310	130	400	385	240

Занятие 4 по теме № 2.1. Тема. «Выбор трансформаторов ГПП»

Цель занятия – приобретение практических навыков по выбору числа и мощности трансформаторов ГПП промышленного предприятия.

Основные теоретические положения

На промышленных предприятиях всегда имеются ответственные ЭП (1 и 2 категории). Поэтому на ГПП устанавливаются, как правило, не менее двух трансформаторов. При мощностях более 2,5 МВ·А применяются трансформаторы с масляным охлаждением.

Номинальная мощность трансформаторов выбирается такой, чтобы при выходе из работы одного из них оставшийся мог обеспечить нормальное электроснабжение ответственных потребителей с допустимой аварийной перегрузкой.

$$S_{\text{ном}} \geq \frac{S_{\text{р10}} k_{1,2}}{k_{\text{п}}(n-1)}, \qquad (4.1)$$

где $S_{\text{р10}}$ – расчетная полная нагрузка на стороне 10 кВ трансформаторов ГПП; $k_{1,2}$ – коэффициент участия в нагрузке потребителей 1 и 2 категорий; $k_{\text{п.}}$ – коэффициент допустимой аварийной перегрузки трансформатора; n – количество трансформаторов.

Коэффициент $k_{\text{п}}$ в соответствии с ГОСТ 14209-85 зависит от предшествующей нагрузки трансформатора, длительности перегрузки h и температуры окружающей среды.

Справочные данные трансформаторов приводятся в включают в себя:

$S_{\text{ном}}$ – номинальную мощность, кВ·А;

$U_{\text{вн}}$ – номинальное высшее напряжение, кВ;

$U_{\text{нн}}$ – номинальное низшее напряжение, кВ;

$\Delta P_{\text{к}}$ – потери короткого замыкания, кВт;

$\Delta P_{\text{к}}$ – потери холостого хода, кВт;

$I_{\text{х}}$ – ток холостого хода, %.

Расчетные параметры трансформатора (сопротивления и потери реактивной мощности при холостом ходе) определяются по следующим формулам:

$$R_{\text{т}} = \frac{\Delta P_{\text{к}} U_{\text{вн}}^2}{S_{\text{ном}}^2} 10^3; \quad X_{\text{т}} = \frac{u_{\text{к}}\% U_{\text{вн}}^2}{100 S_{\text{ном}}} 10^3; \quad \Delta Q_{\text{х}} = \frac{I_{\text{х}}\%}{100} S_{\text{ном}}. \qquad (4.2)$$

Задания для выполнения работы

Выбрать число и мощность трансформаторов ГПП предприятия в соответствии с исходными данными, указанными в табл. 4.1.

Таблица 4.1

Исходные данные

Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
$P_{р\,10}$, МВт	8	12	20	35	60	8	11	22	32	50
$Q_{р\,10}$, Мвар	6	7	9	12	27	4	7	10	11	25
h, ч	2	4	6	8	2	4	6	8	4	6
k_{12}	0,75	0,8	0,85	0,9	0,75	0,8	0,85	0,9	0,8	0,85

Величину коэффициента $k_{п}$ следует принять по данным **табл. 2 приложения 3 ГОСТ 14209-85** (см. в интернете) для температуры окружающей среды 20 °С.

.

Содержание отчета

- название и цель работы;
- исходные данные;
- выбор числа и мощности трансформаторов;
- справочные данные трансформатора;
- расчетные параметры трансформатора.

Занятие 5 по теме № 2.2. Тема.5. «Расчет тока КЗ»

Цель занятия – приобретение практических навыков по расчету токов КЗ в системах электроснабжения и оценке минимального по термической стойкости сечения кабельных линий.

Основные теоретические положения

Расчет токов КЗ в системах электроснабжения выполняется в предположении, что ни в одном из режимов параллельная работа элементов схемы не предусматривается.

На основании расчетной схемы составляется схема замещения, в которой элементы расчетной схемы представляются ЭДС и сопротивлениями. Намечаются расчетные точки КЗ.

Если расчетная схема включает в себя несколько ступеней напряжения, расчеты следует выполнять в относительных базисных единицах (о.е.).

Расчет токов КЗ выполняется в следующей последовательности.

1. В качестве независимых базисных величин выбираются базисная мощность $S_{б}$ и базисное напряжение $U_{б}$. В качестве базисной мощности целесообразно принимать значения 100, 1000 МВ·А и т.д., мощность $S_{КЗ}$ на шинах районной подстанции или номинальную мощность трансформатора ГПП. Базисное напряжение рекомендуется принимать равным среднему номинальному значению на каждой ступени.

2. Рассчитывается базисный ток для i-ой ступени напряжения:

$$I_{бi} = \frac{S_б}{\sqrt{3} \cdot U_{бi}}; \qquad (5.1)$$

3. Определяются индуктивные и активные сопротивления элементов схемы в о.е.

4. Рассчитываются суммарные сопротивления r_Σ и x_Σ цепи до расчетной точки КЗ. Для оценки влияния на ток КЗ активных сопротивлений вычисляется отношение $\frac{x_\Sigma}{r_\Sigma}$. При условии $\frac{x_\Sigma}{r_\Sigma} > 3$ активным сопротивлением при расчете тока КЗ можно пренебречь.

5. Рассчитывается начальное значение периодической составляющей тока КЗ в расчетной точке

$$I_{п0} = \frac{I_б}{z_\Sigma}. \qquad (5.2)$$

6. Определяется постоянная времени затухания апериодической составляющей тока КЗ, ударный коэффициент и ударный ток КЗ

$$T_а = \frac{x_\Sigma}{314 r_\Sigma}; \quad k_у = 1 + e^{-\frac{0,01}{T_а}}; \quad i_у = k_у \sqrt{2} I_{п0}. \qquad (5.3)$$

Кабельные линии должны быть термически стойкими к току КЗ. Минимально допустимое по термической стойкости сечение кабелей 10 кВ с бумажно-пропитанной изоляцией определяется по формуле

$$q_{min} = \frac{\sqrt{B_к}}{C}, \qquad (5.4)$$

где $B_к$ – тепловой импульс;
C – параметр, зависящий от материала проводника, в частности, для кабелей с алюминиевыми жилами $C = 90$ А·с^{0,5}/мм^2.

Тепловой импульс вычисляется по формуле

$$B_к = I_{п0}^2 [t_к + T_а], \qquad (5.5)$$

где $t_к = t_{защ} + t_{с.в}$ – время протекания тока КЗ, состоящее из времени действия релейной защиты $t_{защ}$ и собственного времени отключения выключателя $t_{с.в}$.

Для кабелей с изоляцией из сшитого полиэтилена значение q_{min} находится по данным табл. 10.1.

Таблица 10.1

Допустимый односекундный ток КЗ для кабелей с алюминиевыми жилами

Жила	Сечение жилы, мм^2						
	50	70	95	120	150	185	240
$I_{кз1}$, кА	4,7	6,6	8,9	11,3	14,2	17,5	22,7

Примечание. При другой продолжительности КЗ величину $I_{кз1}$следует умножить на поправочный коэффициент $k = 1/\sqrt{t}$.

Выбранные сечения кабелей не должны быть меньше термически стойкого сечения.

Задания для выполнения работы

Для схемы электроснабжения (рис. 5.1) рассчитать ток КЗ (периодическую составляющую и ударный ток) на шинах 10 кВ ГПП. Длину L воздушной линии принять по табл. 5.1.

Проверить сечений кабельных линий на термическую стойкость к току КЗ. Выдержки времени защиты $t_{защ}$ на выключателях отходящих линий указаны в табл. 5.1. Собственное время отключения $t_{с.в.}$ вакуумного выключателя принять не более 0,015 с.

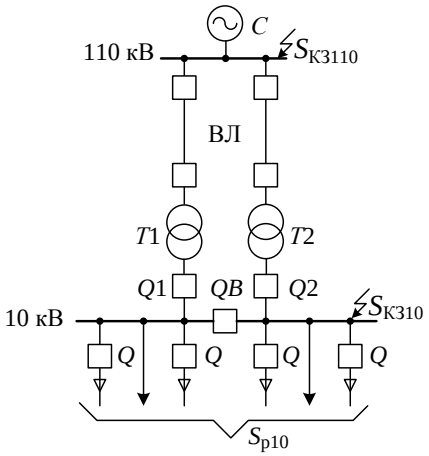

Рис. 4.1. Расчетная схема

Таблица 5.1

Исходные данные

Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
L, км	10	15	20	25	30	10	15	20	25	30
$t_{защ}$, с	0,3	0,4	0,5	0,3	0,4	0,5	0,3	0,4	0,5	0,3

Содержание отчета

- название и цель работы;
- исходные данные;
- результаты расчета тока КЗ;
- графическое изображение (в масштабе) переходного процесса;
- результаты проверки кабелей на термическую стойкость.

2. Контрольные вопросы для самопроверки

1.Что является приемником электрической энергии?
2.Укажите допустимый перерыв электроснабжения электроприемников 2 категории.
3.Укажите допустимый перерыв электроснабжения электроприемников 3 категории.
4.Укажите оптимальное место расположения ГПП

5.Как осуществляется, как правило, распределение электроэнергии по территории промышленного предприятия?
6. Как проводится, как правило, выбор сечений проводников?
7. Чему соответствует экономическая плотность тока?
8. Какой ток КЗ наиболее часто имеют место?
9. Како ток называетя ударным?
10. Что является источником реактивной мощности?
11.По какой формуле рассчитывается полное сопротивление трансформатора
12. Как рассчитывается постоянная времени цепи КЗ?

3. Библиографический список

1.Электрические станции и сети [Электронный ресурс]: сборник нормативных документов/ – Электрон. текстовые данные. – М.: ЭНАС, 2013. – 720 с. – Доступ:http://www.iprbookshop.ru/17820. – ЭБС «IPRbooks».

2. Почаевец В. С. Защита и автоматика устройств электроснабжения [Электронный учебник] : учебник / Почаевец В. С.. - Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте, 2013. - 191 c. - Режим доступа: http://iprbookshop.ru/16196

3. Кудрин, Б.И. Электроснабжение промышленных предприятий: учебник. – М.: Интермет Инжиниринг, 2006. – 672 с.

4. Конюхова, Е.А. Электроснабжение объектов: учеб. пособие / Е.А. Конюхова. – М.: Мастерство, 2002. – 320 с.

5. Правила устройства электроустановок: 7-е изд. – СПб.: ДЕАН, 2004.

6. Справочник по проектированию электрических сетей / под ред. Д.Л. Файбисовича. – М.: Изд-во НЦ ЭНАС, 2005 – 320 с.

7. Электротехнический справочник: 4 т. Производство, передача и распределение электрической энергии / под общ. ред. профессора МЭИ В.Г. Герасимова и др. – 8-е изд., испр. и доп. – М.: Изд-во МЭИ, 2002. – т. 3. – 964 с.

8. Ополева Г.Н. Схемы и подстанции электроснабжения: Справочник: учебное пособие. – М.: ИД «ФОРУМ»: ИНФРА-М, 2008. – 480 с.