

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

КУРГАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Кафедра энергетики и технологии металлов

**ВЫБОР ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ
ТРАНСФОРМАТОРНОЙ ПОДСТАНЦИИ**

Методические указания
к выполнению контрольной работы по курсу
«Электрические станции и подстанции систем электроснабжения»
для студентов заочной формы обучения
специальности 140211 «Электроснабжение»

Курган 2011

Кафедра: «Энергетика и технология металлов»

Дисциплина: «Электростанции и подстанции систем электроснабжения»
(специальность 140211)

Составили: канд. техн. наук, доцент В.И. Мошкин,
доцент В.И. Афгаев.

Утверждены на заседании кафедры « 30 » ноября 2010 г.

Рекомендованы методическим советом университета « 7 » декабря 2010 г.

ВВЕДЕНИЕ

Контрольная работа «Выбор электрооборудования трансформаторной подстанции» является заключительным этапом в изучении тем с 1 по 9 тематического плана рабочей программы учебной дисциплины федерального компонента «Электрические станции и подстанции систем электроснабжения».

Электрооборудование трансформаторной подстанции (ТП) выбирается на основании технико-экономических расчетов и сравнения различных вариантов компоновки ТП. В соответствии нормами технологического проектирования исходными данными для таких расчетов являются:

- особые условия окружающей среды;
- данные по росту нагрузок;
- значения передаваемой мощности;
- значения токов короткого замыкания;
- развитие электрических сетей на расчетный период и учета перспективы развития ТП на последующий период (не менее 5 лет).

Контрольная работа состоит из двух разделов:

- теоретические вопросы;
- решение задачи.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ

1 Назначение, характеристика основных типов высоковольтных выключателей. Выбор выключателей.

2 Назначение, конструктивное исполнение, характеристика основных типов разъединителей. Требования к стойкости при сквозных токах короткого замыкания. Требования безопасности. Выбор разъединителей.

3 Назначение, характеристика основных типов трансформаторов тока. Выбор трансформаторов тока.

УСЛОВИЯ ЗАДАЧИ

Трансформаторные подстанции ТП-1 с трансформатором Т1 и ТП-2 с трансформатором Т2 присоединены к воздушной линии электропередачи (ВЛ), разделенная на участки W_1, W_2, W_3 . Электроснабжение ТП-1 и ТП-2 осуществляется от двух опорных подстанций ПС-1 и ПС-2. Подстанции ПС-1 и ПС-2, трансформаторные подстанции ТП-1 и ТП-2 являются частью энергосистемы района. Однолинейная схема электроснабжения ТП-1 и ТП-2 представлена на рисунке 1.

ЗАДАЧА

1 Определить ток и мощность короткого замыкания (к.з.), значения теплового импульса (интеграл Джоуля) тока к.з. для точек K_1 и K_2 трансформаторной подстанции ТП-1 с трансформатором Т1 или трансформаторной подстанции ТП-2 с трансформатором Т2 (в зависимости от вариантов, представленных в таблицах с 1 по).

Выдержка времени срабатывания релейной защиты $t_{р.з.}$ следующая:

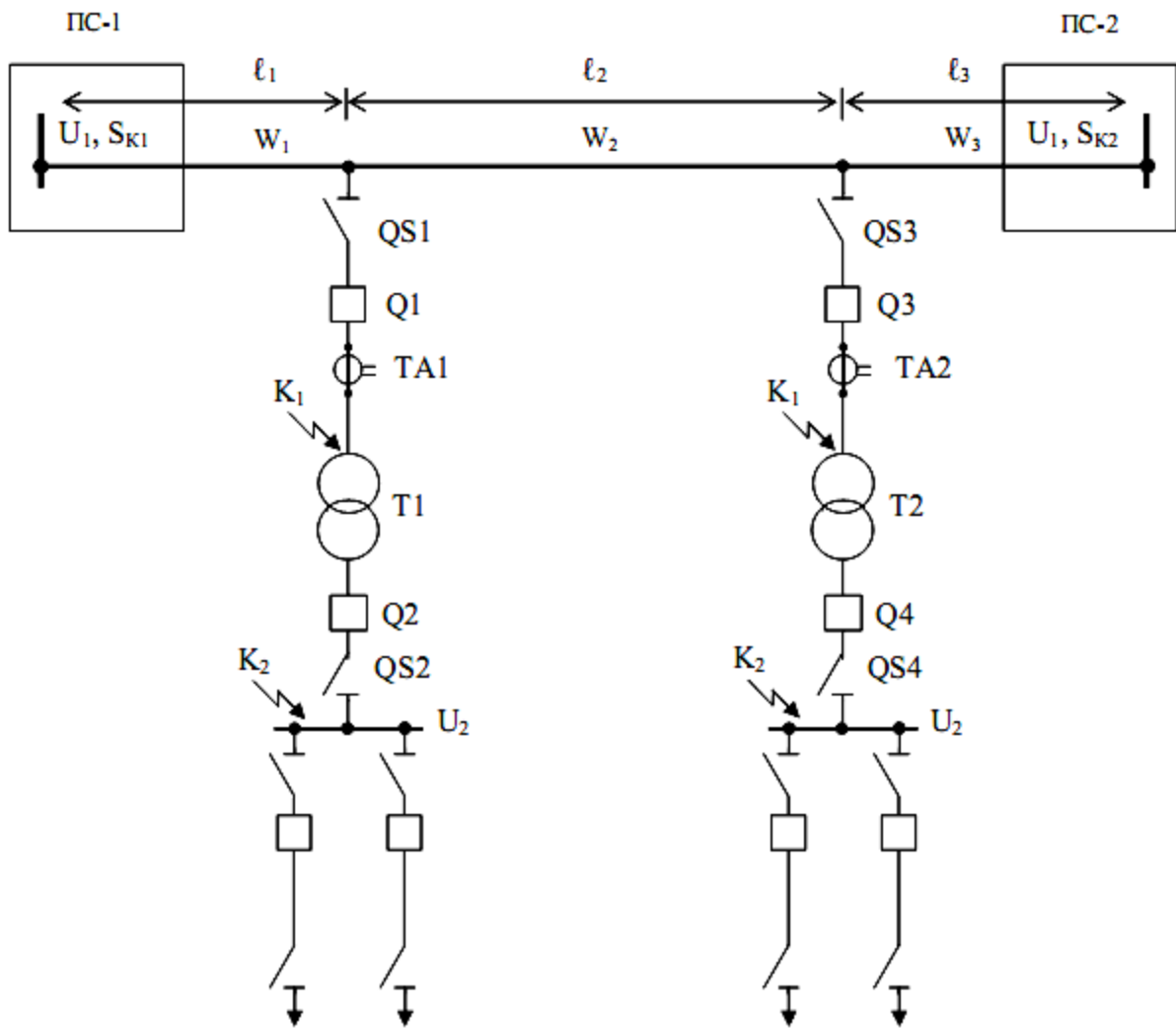
- защиты линий потребителя, присоединенного к шинам напряжения U_2 - 0,5 с;
- защиты присоединения вторичной обмотки понижающего трансформатора - 1,5 с;
- защиты присоединения первичной обмотки понижающего трансформатора - 2,0 с.

Исходные величины для расчета приведены в таблицах с 1 по 10.

Примечание - Для трансформаторов с напряжением $U_1=220$ кВ приведены значения u_k между двумя обмотками трехобмоточного трансформатора.

2 В зависимости от значений, полученных в результате расчета, выбрать выключатель Q1, разъединители QS1, QS2, трансформатор тока ТА1 трансформаторной подстанции ТП-1 или выключатель Q2, разъединители QS3, QS4, трансформатор тока ТА2 трансформаторной подстанции ТП-2 (в зависимости от номера варианта).

Вариант задачи определяется по двум последним цифрам зачетной книжки по таблицам с 1 по 10.



ПС -1; ПС-2 - опорные подстанции;

Q – выключатели в силовых цепях (энергоснабжение и т.д.);

QS – разъединитель;

T1; T2 – трансформатор;

⚡ – точка короткого замыкания (K) в электрической схеме ТП;

⊕ – трансформатор тока (ТА);

W – воздушная линия электропередачи (ВЛ);

ℓ – длина участка ВЛ.

Рисунок 1 - Однолинейная схема электроснабжения ТП-1 и ТП-2

Таблица 1- Варианты задачи с 1 по 10

Исходные данные	Ед. измер.	Исходные величины									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Мощность КЗ энергосистемы на шинах ПС-1, S_{K1} .	МВ·А	4500	4000	6000	800	1400	1000	1300	500	600	300
Мощность КЗ энергосистемы на шинах ПС-2, S_{K2} .	МВ·А	3500	5000	4800	1100	900	1200	1500	450	400	350
Длина воздушных линий электропередачи $W_1 - \ell_1$	км	70	60	90	42	35	26	30	10	8	15
$W_2 - \ell_2$	км	50	50	50	30	24	51	40	15	15	10
$W_3 - \ell_3$	км	60	70	60	28	40	20	25	10	15	11
Номер подстанции	-	ТП-1	ТП-2	ТП-1	ТП-2	ТП-1	ТП-2	ТП-1	ТП-2	ТП-1	ТП-2
Первичное напряжение подстанции, U_1 .	кВ	220	220	220	110	110	110	110	35	35	35
Вторичное напряжение подстанции, U_2 .	кВ	11	38,5	38,5	10,5	38,5	11	11	10,5	10,5	10,5
Номинальная мощность трансформатора ТП-1, $S_{ном, T1}$	МВ·А	25		63		25		63		63	
ТП-2, $S_{ном, T2}$	МВ·А		40		10		16		10		4
Напряжение КЗ трансформатора, u_K	%	10,5	10,5	12,5	10,5	10,5	10,5	10,5	7,5	7,5	7,5

Таблица 2- Варианты задачи с 11 по 20

Исходные данные	Ед. измер.	Исходные величины									
		11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Мощность КЗ энергосистемы на шинах ПС-1, S_{K1} .	МВ·А	4400	3900	5900	700	1300	900	1200	400	500	200
Мощность КЗ энергосистемы на шинах ПС-2, S_{K2} .	МВ·А	3500	5000	4800	1100	900	1200	1500	450	400	350
Длина воздушных линий электропередачи $W_1 - \ell_1$	км	170	160	190	82	75	36	40	20	12	19
$W_2 - \ell_2$	км	50	50	50	30	24	51	40	15	15	10
$W_3 - \ell_3$	км	60	70	60	28	40	20	25	10	10	11
Номер подстанции	-	ТП-1	ТП-2	ТП-1	ТП-2	ТП-1	ТП-2	ТП-1	ТП-2	ТП-1	ТП-2
Первичное напряжение подстанции, U_1 .	кВ	220	220	220	110	110	110	110	35	35	35
Вторичное напряжение подстанции, U_2 .	кВ	11	38,5	38,5	10,5	38,5	11	11	10,5	10,5	10,5
Номинальная мощность трансформатора ТП-1, $S_{ном, T1}$	МВ·А	25		63		25		63		63	
ТП-2, $S_{ном, T2}$	МВ·А		40		10		16		10		4
Напряжение КЗ трансформатора, u_K	%	10,5	10,5	12,5	10,5	10,5	10,5	10,5	7,5	7,5	7,5

Таблица 3- Варианты задачи с 21 по 30

Исходные данные	Ед. измер.	Исходные величины									
		21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Мощность КЗ энергосистемы на шинах ПС-1, S_{K1} .	МВ·А	4500	4000	6000	800	1400	1000	1300	500	600	300
Мощность КЗ энергосистемы на шинах ПС-2, S_{K2} .	МВ·А	3400	4900	4700	1000	800	1100	1400	350	300	250
Длина воздушных линий электропередачи $W_1 - \ell_1$	км	70	60	90	42	35	26	30	10	8	15
$W_2 - \ell_2$	км	150	150	150	90	45	55	45	25	25	15
$W_3 - \ell_3$	км	60	70	60	28	40	20	25	10	15	11
Номер подстанции	-	ТП-1	ТП-2	ТП-1	ТП-2	ТП-1	ТП-2	ТП-1	ТП-2	ТП-1	ТП-2
Первичное напряжение подстанции, U_1 .	кВ	220	220	220	110	110	110	110	35	35	35
Вторичное напряжение подстанции, U_2 .	кВ	11	38,5	38,5	10,5	38,5	11	11	10,5	10,5	10,5
Номинальная мощность трансформатора ТП-1, $S_{ном, T1}$	МВ·А	25		63		25		63		63	
ТП-2, $S_{ном, T2}$	МВ·А		40		10		16		10		4
Напряжение КЗ трансформатора, u_K	%	10,5	10,5	12,5	10,5	10,5	10,5	10,5	7,5	7,5	7,5

Таблица 4- Варианты задачи с 31 по 40

Исходные данные	Ед. измер.	Исходные величины									
		31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
Мощность КЗ энергосистемы на шинах ПС-1, S_{K1} .	МВ·А	4300	3800	5800	600	1200	800	1100	400	500	400
Мощность КЗ энергосистемы на шинах ПС-2, S_{K2} .	МВ·А	3500	5000	4800	1100	900	1200	1500	450	400	350
Длина воздушных линий электропередачи $W_1 - \ell_1$	км	70	60	90	42	35	26	30	10	8	15
$W_2 - \ell_2$	км	50	50	50	30	24	51	40	15	15	10
$W_3 - \ell_3$	км	160	170	160	80	60	60	35	15	10	10
Номер подстанции	-	ТП-1	ТП-2	ТП-1	ТП-2	ТП-1	ТП-2	ТП-1	ТП-2	ТП-1	ТП-2
Первичное напряжение подстанции, U_1 .	кВ	220	220	220	110	110	110	110	35	35	35
Вторичное напряжение подстанции, U_2 .	кВ	11	38,5	38,5	10,5	38,5	11	11	10,5	10,5	10,5
Номинальная мощность трансформатора ТП-1, $S_{ном, T1}$	МВ·А	25		63		25		63		63	
ТП-2, $S_{ном, T2}$	МВ·А		40		10		16		10		4
Напряжение КЗ трансформатора, u_K	%	10,5	10,5	12,5	10,5	10,5	10,5	10,5	7,5	7,5	7,5

Таблица 5- Варианты задачи с 41 по 50

Исходные данные	Ед. измер.	Исходные величины									
		41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
Мощность КЗ энергосистемы на шинах ПС-1, S_{K1} .	МВ·А	4500	4000	6000	800	1400	1000	1300	500	600	300
Мощность КЗ энергосистемы на шинах ПС-2, S_{K2} .	МВ·А	3200	4700	4500	800	600	900	1200	400	300	250
Длина воздушных линий электропередачи $W_1 - \ell_1$	км	100	100	90	60	50	30	40	20	5	10
$W_2 - \ell_2$	км	50	50	50	30	24	51	40	15	15	10
$W_3 - \ell_3$	км	60	70	60	28	40	20	25	10	15	11
Номер подстанции	-	ТП-1	ТП-2	ТП-1	ТП-2	ТП-1	ТП-2	ТП-1	ТП-2	ТП-1	ТП-2
Первичное напряжение подстанции, U_1 .	кВ	220	220	220	110	110	110	110	35	35	35
Вторичное напряжение подстанции, U_2 .	кВ	11	38,5	38,5	10,5	38,5	11	11	10,5	10,5	10,5
Номинальная мощность трансформатора ТП-1, $S_{ном, T1}$	МВ·А	25		63		25		63		63	
ТП-2, $S_{ном, T2}$	МВ·А		40		10		16		10		4
Напряжение КЗ трансформатора, u_K	%	10,5	10,5	12,5	10,5	10,5	10,5	10,5	7,5	7,5	7,5

Таблица 6- Варианты задачи с 51 по 60

Исходные данные	Ед. измер.	Исходные величины									
		51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
Мощность КЗ энергосистемы на шинах ПС-1, S_{K1} .	МВ·А	4000	3500	6000	1000	1500	2000	2000	800	700	400
Мощность КЗ энергосистемы на шинах ПС-2, S_{K2} .	МВ·А	3500	5000	4800	1100	900	1200	1500	450	400	350
Длина воздушных линий электропередачи $W_1 - \ell_1$	км	50	70	100	80	40	30	20	20	10	15
$W_2 - \ell_2$	км	50	50	50	30	24	51	40	15	15	10
$W_3 - \ell_3$	км	60	70	60	28	40	20	25	10	15	11
Номер подстанции	-	ТП-1	ТП-2	ТП-1	ТП-2	ТП-1	ТП-2	ТП-1	ТП-2	ТП-1	ТП-2
Первичное напряжение подстанции, U_1 .	кВ	220	220	220	110	110	110	110	35	35	35
Вторичное напряжение подстанции, U_2 .	кВ	11	38,5	38,5	10,5	38,5	11	11	10,5	10,5	10,5
Номинальная мощность трансформатора ТП-1, $S_{ном, T1}$	МВ·А	25		63		25		63		63	
ТП-2, $S_{ном, T2}$	МВ·А		40		10		16		10		4
Напряжение КЗ трансформатора, u_K	%	10,5	10,5	12,5	10,5	10,5	10,5	10,5	7,5	7,5	7,5

Таблица 7- Варианты задачи с 61 по 70

Исходные данные	Ед. измер.	Исходные величины									
		61	62	63	64	65	66	67	68	69	70
Мощность КЗ энергосистемы на шинах ПС-1, S_{K1} .	МВ·А	5500	5000	7000	1000	2400	3000	2300	1500	1600	800
Мощность КЗ энергосистемы на шинах ПС-2, S_{K2} .	МВ·А	3500	5000	4800	1100	900	1200	1500	450	400	350
Длина воздушных линий электропередачи $W_1 - \ell_1$	км	120	130	140	50	80	80	70	25	12	20
$W_2 - \ell_2$	км	50	50	50	30	24	51	40	15	15	10
$W_3 - \ell_3$	км	60	70	60	28	40	20	25	10	15	11
Номер подстанции	-	ТП-1	ТП-2	ТП-1	ТП-2	ТП-1	ТП-2	ТП-1	ТП-2	ТП-1	ТП-2
Первичное напряжение подстанции, U_1 .	кВ	220	220	220	110	110	110	110	35	35	35
Вторичное напряжение подстанции, U_2 .	кВ	11	38,5	38,5	10,5	38,5	11	11	10,5	10,5	10,5
Номинальная мощность трансформатора ТП-1, $S_{ном, T1}$	МВ·А	25		63		25		63		63	
ТП-2, $S_{ном, T2}$	МВ·А		40		10		16		10		4
Напряжение КЗ трансформатора, u_K	%	10,5	12,5	12,5	10,5	10,5	10,5	10,5	7,5	7,5	7,5

Таблица 8- Варианты задачи с 71 по 80

Исходные данные	Ед. измер.	Исходные величины									
		71	72	73	74	75	76	77	78	79	80
Мощность КЗ энергосистемы на шинах ПС-1, S_{K1} .	МВ·А	4500	4000	6000	800	1400	1000	1300	500	600	300
Мощность КЗ энергосистемы на шинах ПС-2, S_{K2} .	МВ·А	5500	6000	5800	3100	3900	3200	3500	1450	1400	1300
Длина воздушных линий электропередачи $W_1 - \ell_1$	км	70	60	90	42	35	26	30	10	8	15
$W_2 - \ell_2$	км	50	50	50	30	24	51	40	15	15	10
$W_3 - \ell_3$	км	160	170	160	128	80	60	50	15	18	15
Номер подстанции	-	ТП-1	ТП-2	ТП-1	ТП-2	ТП-1	ТП-2	ТП-1	ТП-2	ТП-1	ТП-2
Первичное напряжение подстанции, U_1 .	кВ	220	220	220	110	110	110	110	35	35	35
Вторичное напряжение подстанции, U_2 .	кВ	11	38,5	38,5	10,5	38,5	11	11	10,5	10,5	10,5
Номинальная мощность трансформатора ТП-1, $S_{ном, T1}$	МВ·А	25		63		25		63		63	
ТП-2, $S_{ном, T2}$	МВ·А		40		10		16		10		4
Напряжение КЗ трансформатора, u_K	%	19	12,5	12,5	10,5	10,5	10,5	10,5	7,5	7,5	7,5

Таблица 9- Варианты задачи с 81 по 90

Исходные данные	Ед. измер.	Исходные величины									
		81	82	83	84	85	86	87	88	89	90
Мощность КЗ энергосистемы на шинах ПС-1, S_{K1} .	МВ·А	6500	7000	8000	2800	3400	3000	2300	1500	1600	1300
Мощность КЗ энергосистемы на шинах ПС-2, S_{K2} .	МВ·А	3500	5000	4800	1100	900	1200	1500	450	400	350
Длина воздушных линий электропередачи $W_1 - \ell_1$	км	70	60	90	42	35	26	30	10	15	10
$W_2 - \ell_2$	км	90	90	90	80	64	50	25	10	15	10
$W_3 - \ell_3$	км	60	70	60	28	40	20	25	10	15	11
Номер подстанции	-	ТП-1	ТП-2	ТП-1	ТП-2	ТП-1	ТП-2	ТП-1	ТП-2	ТП-1	ТП-2
Первичное напряжение подстанции, U_1 .	кВ	220	220	220	110	110	110	110	35	35	35
Вторичное напряжение подстанции, U_2 .	кВ	11	38,5	38,5	10,5	38,5	11	11	10,5	10,5	10,5
Номинальная мощность трансформатора ТП-1, $S_{ном, T1}$	МВ·А	25		63		25		63		63	
ТП-2, $S_{ном, T2}$	МВ·А		40		10		16		10		4
Напряжение КЗ трансформатора, u_K	%	19	12,5	12,5	10,5	10,5	10,5	10,5	7,5	7,5	7,5

Таблица 10 - Варианты задачи с 91 по 100

Исходные данные	Ед. измер.	Исходные величины									
		91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
Мощность КЗ энергосистемы на шинах ПС-1, S_{K1} .	МВ·А	4500	4000	6000	800	1400	1000	1300	500	600	300
Мощность КЗ энергосистемы на шинах ПС-2, S_{K2} .	МВ·А	7500	7000	6800	4100	4000	4200	3500	1450	1400	850
Длина воздушных линий электропередачи $W_1 - \ell_1$	км	100	100	100	50	50	50	30	10	15	15
$W_2 - \ell_2$	км	100	100	100	50	50	50	40	15	15	10
$W_3 - \ell_3$	км	100	100	100	50	50	50	25	10	15	10
Номер подстанции	-	ТП-1	ТП-2	ТП-1	ТП-2	ТП-1	ТП-2	ТП-1	ТП-2	ТП-1	ТП-2
Первичное напряжение подстанции, U_1 .	кВ	220	220	220	110	110	110	110	35	35	35
Вторичное напряжение подстанции, U_2 .	кВ	11	38,5	38,5	10,5	38,5	11	11	10,5	10,5	10,5
Номинальная мощность трансформатора ТП-1, $S_{ном, T1}$	МВ·А	25		63		25		63		63	
ТП-2, $S_{ном, T2}$	МВ·А		40		10		16		10		6,3
Напряжение КЗ трансформатора, u_K	%	19	12,5	12,5	10,5	10,5	10,5	10,5	7,5	7,5	7,5

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Правила устройства электроустановок. Утверждены Минэнерго России, приказом от 20 июня 2003 г. N 242. – 642 с.
- 2 Васильев А.А., Крючков И.П. и др. Электрическая часть станций и подстанций. Учебник для вузов / Под ред. А.А. Васильева. – 2 изд., перераб., и доп. - М.: Энергоатомиздат, 1990. - 576 с.
- 3 Мошкин В.И., Хусаинов И.М. Типовые задачи по электрическим сетям: Учеб. пособие. - Курган: Изд-во Курганского гос. ун-та, 2008. - 91 с.
- 4 Афтаев В.И., Мошкин В.И. Справочник терминов и определений в электроэнергетике: Учеб. пособие. - Курган: Изд-во Курганского гос. ун-та, 2010. - 208 с.
- 5 Сошинов А.Г., Плаунов С.А., Крайнев А.М., Угаров Г.Г. Основы технологии проектирования электроустановок систем: Монография / Под ред. А.Г. Сошинова. – Волгоград: ВолгГТУ, 2006. – 112 с.
- 6 Шеховцов В.П. Расчет и проектирование схем электроснабжения: Учеб. пособие. – М.: ФОРУМ-ИНФРА-М, 2005. – 215 с.
- 7 ГОСТ 839-80 (2002) Провода неизолированные для воздушных линий электропередачи. Технические условия. - М.: Изд-во стандартов, 2002. – 17 с.
- 8 ГОСТ 7229-76 (2002) Кабели, провода и шнуры. Метод определения электрического сопротивления токопроводящих жил и проводников. - М.: Изд-во стандартов, 2002. – 6 с.
- 9 ГОСТ Р 52719-2007 Трансформаторы силовые. Общие технические условия. - М.: Изд-во стандартов, 2007. – 38 с.
- 10 ГОСТ Р 52735-2007 Короткие замыкания в электроустановках. Методы расчета в электроустановках переменного тока напряжением свыше 1 кВ - М.: Изд-во стандартов, 2007. – 43 с.
- 11 ГОСТ Р 52736-2007 Методы расчета электродинамического и термического действия тока короткого замыкания. - М.: Изд-во стандартов, 2007. – 37 с.

Мошкин Владимир Иванович
Афтаев Василий Иванович

ВЫБОР ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ
ТРАНСФОРМАТОРНОЙ ПОДСТАНЦИИ

Методические указания
к выполнению контрольной работы по курсу
«Электрические станции и подстанции систем электроснабжения»
для студентов заочной формы обучения
специальности 140211 «Электроснабжение»

Авторское издание

Подписано к печати	Формат 60x84 1/16	Бумага тип № 1
Печать трафаретная	Усл. печ. л. 0,75	Уч.- изд. л. 0,75
Заказ	Тираж	Цена свободная

РИЦ Курганского государственного университета.
640669, г. Курган, ул. Гоголя, 25.
Курганский государственный университет.