

Аннотация

Темой работы является «Реконструкция электрооборудования подстанции 110/6 кВ ПАО «КуйбышевАзот».

Система электроснабжения ПАО «КуйбышевАзот» должна обеспечивать высокую степень надежности электроснабжения, т.к. авария на предприятии может привести не только к простоям оборудования, но и к нарушению технологического процесса, а также выбросам ядовитых веществ в окружающую среду, пожарам, взрывам, что является угрозой для жизни не только работающего персонала, а также жителей города Тольятти. Поэтому выбранная тема ВКР, направленная на повышение надежности электроснабжения потребителей предприятия, является актуальной.

Объект работы - подстанция 110/6 кВ ПАО «КуйбышевАзот».

Предмет работы – электрооборудование подстанции 110/6 кВ ПАО «КуйбышевАзот».

Целью работы является повышение надёжности электроснабжения производств ПАО «КуйбышевАзот», запитанных от подстанции 110/6 кВ.

Для выполнения цели необходимо решить следующие задачи:

- анализ объекта проектирования;
- анализ основных потребителей 0,4 кВ и 6 кВ подстанции;
- анализ технического состояния и электрической схемы подстанции;
- выбор трансформаторов подстанции;
- выбор и проверка электрооборудования 6 кВ и 0,4 кВ подстанции;
- экономическая эффективность работы.

Содержание

	стр.
Введение	4
1 Анализ электрооборудования подстанции 110/6 кВ ПАО «КуйбышевАзот»	5
2 Характеристика потребителей подстанции 110/6 кВ	7
3 Разработка мероприятий по реконструкции электрооборудования подстанции 110/6 кВ ПАО «КуйбышевАзот»	10
4 Расчёт электрических нагрузок подстанции 110/6 кВ	11
5 Выбор типа, числа и мощности трансформаторов подстанции 110/6 кВ	16
6 Расчёт токов короткого замыкания	21
7 Выбор электрооборудования 110 кВ и 6 кВ подстанции 110/6 кВ	26
7.1 Выбор электрооборудования 110 кВ	26
7.2 Выбор электрооборудования 6 кВ	26
7.3 Выбор ячеек КРУ 6 кВ	28
7.4 Выбор трансформатора собственных нужд подстанции	30
8 Устройства сигнализации однофазных замыканий на землю в сетях 6 кВ, измеряющие высшие гармонические тока	31
9 Идентификация опасных и вредных производственных факторов ПАО «КуйбышевАзот»	35
10 Экономическая эффективность работы	43
Заключение	45
Список использованных источников	47

Введение

Строительство Куйбышевского азототукового завода («КАТЗ») началось в 1961 году, вскоре после окончания строительства Жигулёвской ГЭС, закончено – в 1966 г. Завод расположен в г. Тольятти Самарской области. В настоящее время предприятие переименовано в ПАО «КуйбышевАзот».

Основной продукцией завода являются капролактамы, полиамид-6, техническая нить, аммиачная селитра, карбамид, сульфат аммония, аммиак. Предприятие является крупнейшим в СНГ производителем капролактама, азотных удобрений, единственным в России производителем высоковязкого полиамида и высокопрочной технической нити.

Система электроснабжения ПАО «КуйбышевАзот» должна обеспечивать высокую степень надежности электроснабжения, т.к. авария на предприятии может привести не только к простоям оборудования, но и к нарушению технологического процесса, а также выбросам ядовитых веществ в окружающую среду, пожарам, взрывам, что является угрозой для жизни не только работающего персонала, а также жителей города Тольятти. Надёжность электроснабжения потребителей обеспечивается прежде всего внедрением прогрессивных схемо-конструктивных решений и нового современного электрооборудования.

Цель работы - повышение надёжности электроснабжения производств ПАО «КуйбышевАзот», запитанных от подстанции 110/6 кВ.

Для выполнения цели необходимо решить следующие задачи:

- анализ объекта проектирования;
- анализ основных потребителей 0,4 кВ и 6 кВ подстанции;
- анализ технического состояния и электрической схемы подстанции;
- выбор трансформаторов подстанции;
- выбор и проверка электрооборудования 6 кВ и 0,4 кВ подстанции;
- экономическая эффективность работы.

1 Анализ электрооборудования подстанции 110/6 кВ ПАО «КуйбышевАзот»

Подстанция 110/6 кВ расположена на территории предприятия ПАО «КуйбышевАзот» преобразует напряжение 110 кВ в напряжение 6 кВ и передаёт электроэнергию на подстанции (ПС) предприятия для питания электроприемников напряжением 6 кВ и 0,4 кВ предприятия. Подстанция 110/6 кВ является двухтрансформаторной подстанцией.

Трансформатор Т-1 подстанции получает электроэнергию через воздушную линию ВЛ-110 кВ длиной 11,47 км и кабельную линию КЛ-110 кВ длиной 4,864 км от шин 110 кВ от подстанции «Васильевская» («Азот-3») трансформатор Т-2 - от Т₀ТЭЦ - через воздушную линию ВЛ-110 кВ длиной 83,53 м и кабельную линию КЛ-110 кВ длиной 1,74 км («Азот-4»). Используются маслонаполненные кабели 110 кВ марки МСАШву 3(1х185 мм²).

ОРУ 110 кВ отсутствует, применена схема «глубокого ввода» кабельными линиями 110 кВ

Электрооборудование на подстанции 110/6кВ приведено в таблице 1.1.

Таблица 1.1 – Установленное электрооборудование на подстанции 110/6

Электрооборудование подстанции	Год установки	Тип оборудования
Трансформаторы	1961	ТРДЦНК 63000/110/6,3/6,3
Реакторы 6 кВ	1966	РБАМ-6-2х2500-0,15
Трансформаторы напряжения 6 кВ	1966	НТМИ-6
Трансформаторы собственных нужд	1974	ТМГ 160/6,3/0,4
Ячейки КРУ 6 кВ	1961	КВЭ-6
Масляные выключатели 6 кВ	1961	ВМП-10К-630, ВМП-10К-1000, ВМП-10Э-2500

Электрическая схема подстанции - четырехсекционная:

-1, 3, 5, 7 секции 6 кВ получают питание от трансформатора Т1 через сдвоенные реакторы,

- 2, 4, 6, 8 секции 6 кВ получают питание от трансформатора Т2 через сдвоенные реакторы.

От трансформатора Т1 получают питание подстанции 6 кВ 33, 40, 41, 42, 56, 58, 5 предприятия, от трансформатора Т2 подстанции 6 кВ 14, 17, 20, 21, 56, 58, 67 предприятия. Данная схема обеспечивает высокую надежность электроснабжения потребителей предприятия.

Изменение электрической схемы подстанции 110/6 кВ на стороне 110 кВ нецелесообразно, т.к. предприятие химическое, поэтому на стороне 110 кВ согласно требованиям [1-3] распределительное устройство выполняется либо закрытым, либо применяется схема «глубокого ввода». Так как внешнее электроснабжение подстанции 110/6 кВ выполняется от Т0ТЭЦ и подстанции «Васильевская» кабельными линиями 110 кВ, то оставляем схему «глубокого ввода» без установки коммутационного электрооборудования.

На основании изложенного делаем вывод, что реконструкция электрической схемы подстанции 110/6 кВ нецелесообразна, схема обеспечивает требуемый уровень надежности электроснабжения, а надо выполнить реконструкцию электрооборудования, так как электрооборудование подстанции 110/6 кВ, установленное в 1961 году, морально и физически устарело.

2 Характеристика потребителей подстанции 110/6 кВ

Основным потребителями подстанции 110/6 являются потребители 0,4 кВ: приточная и вытяжная вентиляция, прессы, электромешалки, тельферы, весы, крановое оборудование, а также потребители 6 кВ: синхронные турбокомпрессоры мощностью 3,5; 6,3; 10 и 12 МВт серии СТД с частотой вращения 3000 об/мин. Большая часть потребителей относится к первой и второй категории надежности электроснабжения [1].

Упрощенная принципиальная схема ПС 110/6 кВ с подключением к шинам 6 кВ синхронных турбокомпрессоров приведена на рисунке 2.1.

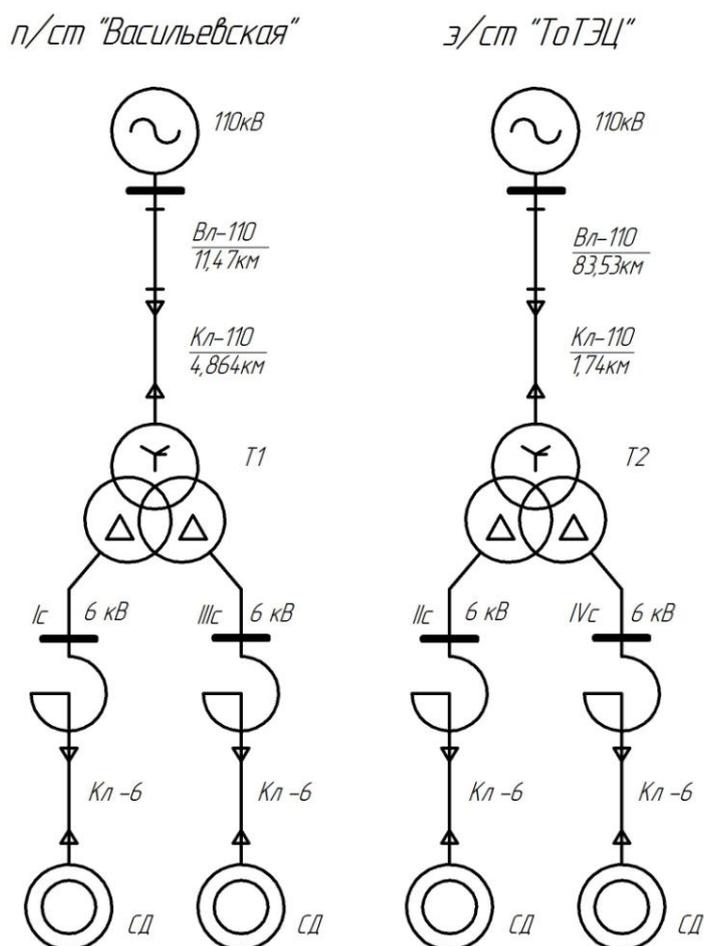


Рисунок 2.1 - Упрощенная принципиальная схема ПС 110/6 кВ

СТД подключены кабельными линиями КЛ – 6 кВ через токоограничивающие бетонные реакторы типа РБАМ, необходимые для

ограничения пусковых токов при асинхронных пусках, к четырем секциям шин подстанции 110/6 кВ. Распределение двигательной нагрузки 6 кВ между секциями шин практически равномерное и приведено на рисунке 2.2.

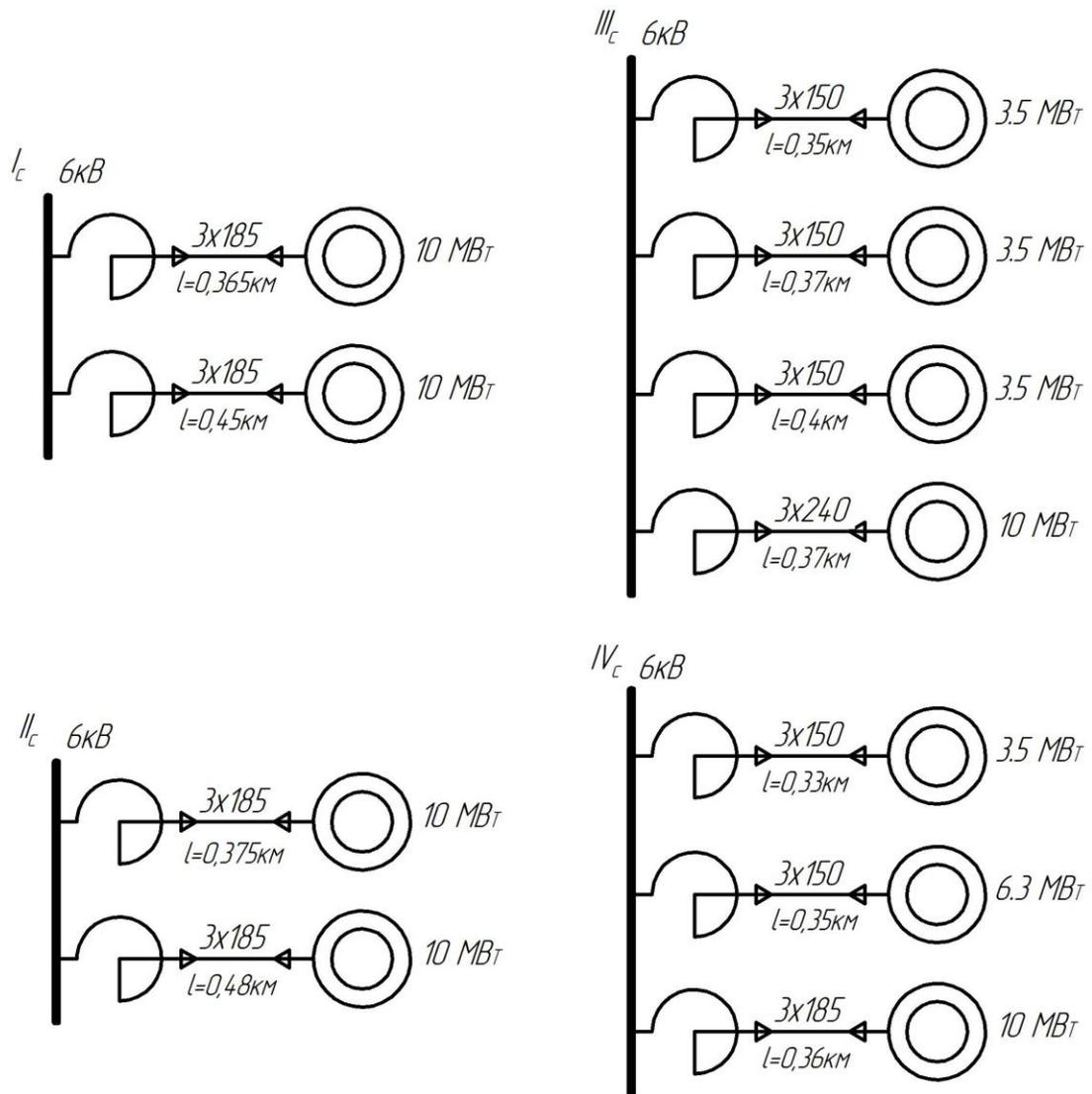


Рисунок 2.2 – Упрощенная схема питания СД

Питание каждого СД мощностью 3,5 МВт и 6,3 МВт осуществляется через индивидуальный токоограничивающий бетонный реактор РБАМ-6/600-4 с номинальными параметрами:

- номинальное напряжение, кВ 6;
- номинальный ток, А 600;
- номинальное индуктивное сопротивление: % 4;
- Ом 0,23;

- потери на фазу, кВт 2,5;
- расчетная величина активного сопротивления, Ом 0,007.

Питание СД номинальной мощностью 10 МВт и 12 МВт осуществляется через индивидуальный токоограничивающий бетонный реактор РБАМ-6/1500-10 с номинальными параметрами:

- номинальное напряжение, кВ 6;
- номинальный ток, А 1500;
- номинальное индуктивное сопротивление: % 10;
- Ом 0,23;
- потери на фазу, кВт 8,5;
- расчетная величина активного сопротивления, Ом 0,0038.

3 Разработка мероприятий по реконструкции электрооборудования подстанции 110/6 кВ ПАО «КуйбышевАзот»

На основании выводов п.1 рекомендуем следующие мероприятия по реконструкции электрооборудования подстанции 110/6 кВ:

1. Замена кабеля 110 кВ на кабель с изоляцией из сшитого полиэтилена.

2. Демонтаж ячеек КРУ 6 кВ с заменой на маломасляных выключателей на ячейки с вакуумными.

3. Совместно с реконструкцией ячеек КРУ 6 кВ рекомендуется на 2 этапе выполнить реконструкцию релейной защиты на стороне 6 кВ.

Замена электрической схемы подстанции 110/6 кВ не выполняется, на стороне 110 кВ оставляем схему «глубокого ввода» кабельными линиями 110 кВ, на стороне 6 кВ четырехсекционную систему сборных шин.

4 Расчёт электрических нагрузок подстанции 110/6 кВ

Расчетная нагрузка, запитанной от подстанции ПС 110/6 кВ, на различных ступенях системы электроснабжения ПАО «КуйбышевАзот» выполнена в соответствии с рекомендациями [3,12,13,16].

В расчетах принимаем $K_{и} = 0,7$ для приточной вентиляции, $K_{и} = 0,7$ для вытяжной вентиляции, для кранового оборудования и электротельферов $K_{и} = 0,05$, для прессов и электромешалок $K_{и} = 0,17$, для турбокомпрессоров $K_{и} = 0,8$.

В расчетах принимаем $\cos\varphi = 0,8$ для приточной и вытяжной вентиляции, $\cos\varphi = 0,5$ для кранового оборудования, электротельферов, прессов и электромешалок. Для турбокомпрессоров $\cos\varphi = -0,85$.

Все электроприемники трехфазные. По категории надежности – первая и вторая, имеется небольшое количество электроприемников третьей категории надежности.

Последовательность определения расчетных нагрузок подстанции 110/6 кВ выполнена по [13, 15] и приведена в таблице 4.1.

Таблица 4.1 - Последовательность определения расчетных нагрузок подстанции

Определяемая величина	Расчетные формулы
1	2
Средняя нагрузка i -го ЭП	$P_{ci} = K_{иi} \cdot \sum P_{номi}$ $Q_{ci} = P_{ci} \cdot tg\varphi$
Средняя нагрузка для группы ЭП	$P_{cp\Sigma} = \sum_k P_{cpi}$ $Q_{cp\Sigma} = \sum_k Q_{cpi}$
Коэффициент использования для группы ЭП	$K_{иср} = \frac{P_{cp\Sigma}}{\sum P_{ном}}$
Эффективное число по упрощенной методике ЭП	$n_{\text{э}} = \frac{2 \cdot \sum P_{ном}}{P_{н\text{max}}}$

Продолжение таблицы 4.1

1	2
Расчетная нагрузка освещения	$P_{p.o.} = P_{н.о.} \cdot K_{c.o.}$
Расчетные нагрузки	$P_p = K_m \cdot P_{c\Sigma},$ $Q_p = K_b' \cdot Q_{c\Sigma}$ $S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2}$
Расчетный ток	$I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot U_n}$

Расчет электрических нагрузок по источникам питания – ПС 6 кВ приведен в таблице 4.2.

Расчет осветительных нагрузок произведен с помощью программы «DIALux» [12].

Результаты расчета светотехнического освещения для производственных помещений цех лактама для светильников HBS 250H (E40 250 OSRAM) с металлогалогенными лампами типа ДРИ 250 [11], мощность ламп 1x250 Вт для H=12 м, приведены на рисунке 4.1.

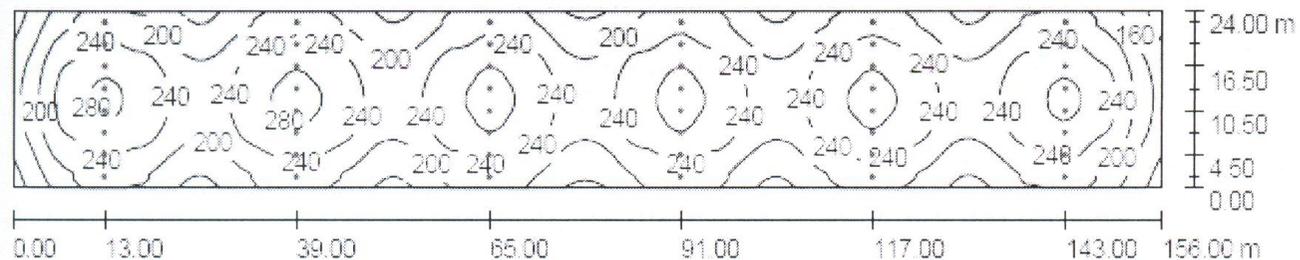
Результаты расчета электрического освещения подстанции 110/6 кВ сведены в таблицу 4.2.

Таблица 4.2 – Укрупненный расчет электрических нагрузок подстанции 110/6 кВ

Источник подключения 6 кВ	Наименование электроприемников	Руст общая, кВт	Рр, кВт	Qр, квар	Sp, кВА	Ip, А
1	2	3	4	5	6	7
ПС14-1	Вентиляторы насосы	304	267,9	128,6	297,2	
ПС14-2	Пресс, вентиляторы, насосы	450	102,37	38,59	109,25	
ПС17-2	Вентиляторы	80	76,61	37,18	85,158	
ПС20-2	Приточная вентиляция	408	260,01	55,232	389,2	
ПС21-1	Пресс, вентиляторы, насосы	484	402,37	217,9	709,25	
ПС21-2	Транспортеры, весы, завалочные машины, освещение	110	63,72	30,02	69,94	
ПС33-1	Электротельфер, разрывные машины	438	484,06	218,16	560,94	
ПС33-2	Приточная вентиляция	820	608,25	159,75	812,84	
ПС40-1	Приточная вентиляция	406	222,6	81,82	337,3	
ПС40-2	Насосы	618	612,4	327,712	937,5	

Продолжение таблицы 4.2

1	2	3	4	5	6	7
ПС41-1	Электромешалка, электротельфер	170	147,74	64,93	161,89	
ПС41-2	Вентиляторы, освещение	436	322,6	141,82	537,3	
ПС56-1	Насосы, кран мостовой	638	622,6	541,2	839,67	
ПС56-2	Электромешалка, электротельфер, кран мостовой	823	612,4	227,712	837,51	
ПС58-1	Пресс, вентиляторы, упаковка	1048	1260,1	585,23	1389,2	
ПС58-2	Приточная вентиляция	558	412,4	127,712	637,51	
Ф.15	Турбокомпрессор	11000				
Ф.34	Турбокомпрессор	3200				
Итого на стороне 6 кВ		90110	52784,16	34310,1	62955,1	6057,86
Освещение РУ 6 кВ			18,5	9,3		
Итого с освещением			52802,66	34319,4	62975,7	6059,84



Высота помещения: 12.000 м, Монтажная высота: 11.600 м,
Показатель техсохранения: 0.80

Значения в Lux, Масштаб 1:1116

Поверхность	ρ [%]	$E_{\text{ср}}$ [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	$E_{\text{min}} / E_{\text{ср}}$
Рабочая плоскость	/	224	106	295	0.47
Полы	20	218	118	269	0.54
Потолок	70	51	31	83	0.61
Стенки (4)	50	122	36	1499	/

Рисунок 4.1 - Результаты расчета светотехнического освещения для
производственных помещений цех лактама

5 Выбор типа, числа и мощности трансформаторов подстанции 110/6 кВ

От подстанции 110/6 кВ электроснабжение получают потребители 1 категории, следовательно, на подстанции необходимо установить два трехфазных двухобмоточных трансформатора [1,3,11].

Выбор номинальной мощности трансформаторов для двухтрансформаторной подстанции, исходя из допустимой аварийной перегрузки 40%, выполняется с помощью выражения:

$$S_{номТ} = 0,7 \cdot S_{max} = 0,7 \cdot 62975,72 = 44083 \text{ кВА}.$$

Рассмотрим два варианта установки трансформаторов:

1 вариант – с трансформаторами ТРДЦНК 63000/110/6,3/6,3;

2 вариант – с трансформаторами ТРДЦНК 80000/110/6,3/6,3.

Годовой график электрических нагрузок подстанции 110/6 кВ приведен на рисунке 5.1.

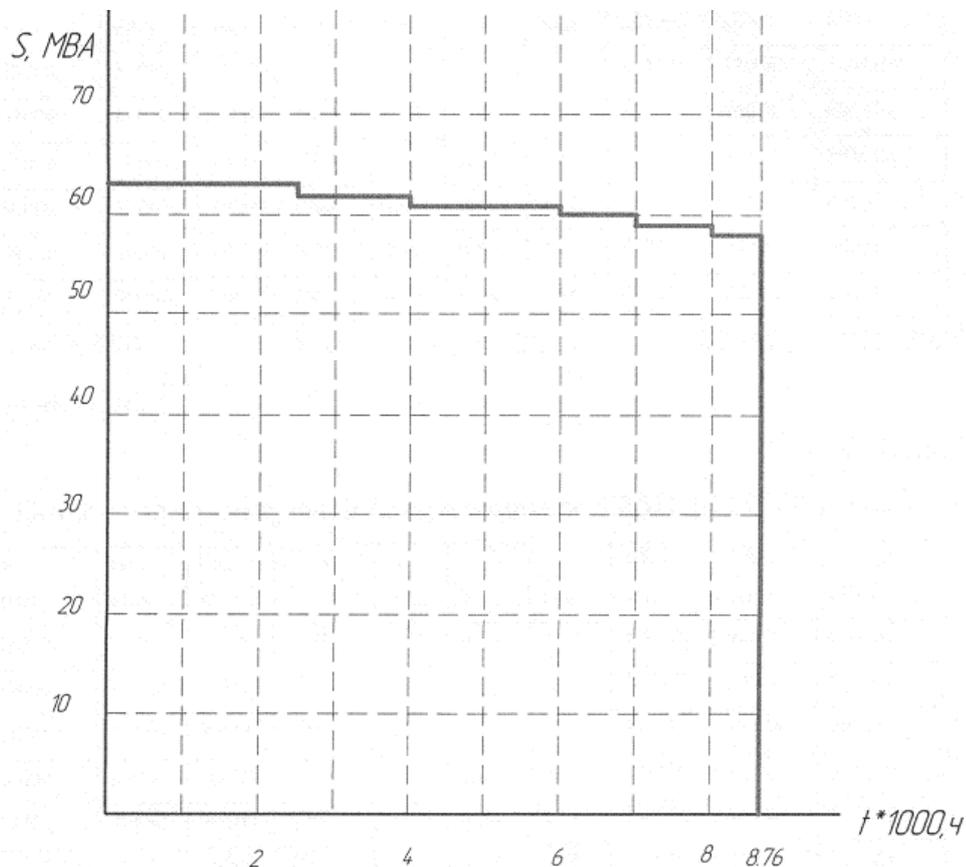


Рисунок 5.1 - Годовой график нагрузки подстанции 110/6 кВ

Для выбора типа, числа и мощности трансформаторов подстанции 110/6 кВ рассчитаем потери мощности в силовых трансформаторах в соответствии с методикой, приведенной в [16].

Результаты расчета потерь в силовых трансформаторах ТРДЦНК 63000/110/6,3/6,3 и ТРДЦНК 80000/110/6,3/6,3 приведены в таблицах 5.1 и 5.2.

Таблица 5.1 - Результаты расчета потерь в силовых трансформаторах ТРДЦНК 63000/110/6,3/6,3

Расчетная величина	Единица измерения	Результат
$P'_X = P_X + K_{III} \cdot Q_X$	кВт	66,3
$Q_X = I_X \cdot S_{НОМ.Т} / 100$	квар	322,3
$K_3 = \frac{S_{нагр}}{S_{ном,Т}}$	-	0,5
$P'_{К.В} = P_{КВ} + K_{III} \cdot Q_{КВ}$	кВт	41,32
$P'_{КН} = P_{КН} + K_{III} \cdot Q_{КН}$	кВт	833,21
$Q_{КВ} = U_{КВ}(\%) \cdot S_{НОМ.Т} / 100$	квар	823,75
$Q_{КН} = U_{КН}(\%) \cdot S_{НОМ.Т} / 100$	квар	12573,25
$P'_T = P'_X + K_{3.В}^2 \cdot P'_{К.В} + K_{3.С}^2 \cdot P'_{К.С} + K_{3.Н}^2 \cdot P'_{К.Н}$	кВт	1112,2

Таблица 5.2 - Результаты расчета потерь в силовых трансформаторах ТРДЦНК 80000/110/6,3/6,3

Расчетная величина	Единица измерения	Результат
1	2	3
$P'_X = P_X + K_{III} \cdot Q_X$	кВт	76,2
$Q_X = I_X \cdot S_{НОМ.Т} / 100$	квар	360,2
$K_3 = \frac{S_{нагр}}{S_{ном,Т}}$	-	0,39

Продолжение таблицы 5.2

1	2	3
$P'_{K.B} = P_{KB} + K_{III} \cdot Q_{KB}$	кВт	52,5
$P'_{KH} = P_{KH} + K_{III} \cdot Q_{KH}$	кВт	1054
$Q_{KB} = U_{KB}(\%) \cdot S_{НОМ.Т} / 100$	квар	953,2
$Q_{KH} = U_{KH}(\%) \cdot S_{НОМ.Т} / 100$	квар	14700
$P'_T = P'_X + K_{3.B}^2 \cdot P'_{K.B} + K_{3.C}^2 \cdot P'_{K.C} + K_{3.H}^2 \cdot P'_{K.H}$	кВт	917,6

Потери электроэнергии в трансформаторах подстанции 110/6 кВ определены по формуле [11]:

$$\Delta W_{ПС} = \Delta W_{xi} + \Delta W_{ki} = \sum \Delta W_{xi} + \sum \Delta W_{kiBi} =$$

$$= \sum n_i \cdot \Delta P'_x \cdot T_i + \sum_{i=1}^k \left(\frac{1}{n} \cdot K_{3,6}^2 \cdot P_{кв} \cdot T_i + \frac{1}{n} \cdot K_{3нн1}^2 \cdot P'_{кнн1} \cdot T_i + \frac{1}{n} \cdot K_{3нн2}^2 \cdot P'_{кнн2} \cdot T_i \right),$$

где $K_{3в}$, $K_{3ннi}$ - коэффициенты загрузки ступени суммарного годового графика нагрузок, приведенного на рисунке 5.1.

Выполним расчеты для каждой ступни годового графика нагрузок (рисунок 5.1).

Трансформатор ТРДЦНК 63000/110/6,3/6,3

$S_{B1}=63000$ кВА; $\Delta W_{X1} = 164375$ кВт·ч; $\Delta W_{KB1} = 120547$ кВт·ч; $\Delta W_{KH1} =$
 $\Delta W_{KH21}=65504$ кВт·ч;

$S_{B2}=62000$ кВА; $\Delta W_{X2} = 98625$ кВт·ч; $\Delta W_{KB2} = 69674$ кВт·ч; $\Delta W_{KH12} =$
 $\Delta W_{KH22}=354216$ кВт·ч;

$S_{B3}=61000$ кВА; $\Delta W_{X3} = 131500$ кВт·ч; $\Delta W_{KB3} =91154$ кВт·ч; $\Delta W_{KH13}=$
 $\Delta W_{KH23}=441022$ кВт·ч;

$S_{B4}=60000$ кВА; $\Delta W_{X4} = 65750$ кВт·ч; $\Delta W_{KB4} =43857$ кВт·ч; $\Delta W_{KH14}=$
 $\Delta W_{KH24}=225511$ кВт·ч;

$S_{B5}=59000$ кВА; $\Delta W_{X5} = 65750$ кВт·ч; $\Delta W_{KB5}=39702$ кВт·ч; $\Delta W_{KH15}=$
 $\Delta W_{KH25}=195588$ кВт·ч;

$S_{B6}=58000$ кВА; $\Delta W_{X6} = 49970$ кВт·ч; $\Delta W_{KB6}=28355$ кВт·ч; $\Delta W_{KH16}=$
 $\Delta W_{KH26}=148501$ кВт·ч.

$\sum \Delta W_{xi}=575970$ кВт·ч; $\sum \Delta W_{KBi}=3\ 93292,22$ кВт·ч; $2\sum \Delta W_{KH}=3915939,89$
кВт·ч; $\sum \Delta W_{PIC} =4885202,11$ кВт·ч.

Трансформатор ТРДЦНК 80000/110/6,3/6,3

$S_{B1}=63000$ кВА; $\Delta W_{X1} = 190043$ кВт·ч; $\Delta W_{KB1} =94728$ кВт·ч; $\Delta W_{KH11}=$
 $\Delta W_{KH21}=486102$ кВт·ч;

$S_{B2}=62000$ кВА; $\Delta W_{X2} = 114023$ кВт·ч; $\Delta W_{KB2} =55566$ кВт·ч; $\Delta W_{KH12}=$
 $\Delta W_{KH22}=273014$ кВт·ч;

$S_{B3}=61000$ кВА; $\Delta W_{X3} = 152181$ кВт·ч; $\Delta W_{KB3} =72334$ кВт·ч; $\Delta W_{KH13}=$
 $\Delta W_{KH23}=352658$ кВт·ч;

$S_{B4}=60000$ кВА; $\Delta W_{X4} = 76109$ кВт·ч; $\Delta W_{KB4} =34445$ кВт·ч; $\Delta W_{KH14}=$
 $\Delta W_{KH24}=171329$ кВт·ч;

$S_{B5}=59000$ кВА; $\Delta W_{X5} = 76209$ кВт·ч; $\Delta W_{KB5}=31941$ кВт·ч; $\Delta W_{KH15}=\Delta W_{KH25}=167889$ кВт·ч;

$S_{B6}=58000$ кВА; $\Delta W_{X6} = 57761$ кВт·ч; $\Delta W_{KB6}=22443$ кВт·ч; $\Delta W_{KH16}=\Delta W_{KH26}=119364$ кВт·ч.

$\sum \Delta W_{xi} = 665760$ кВт·ч; $\sum \Delta W_{KBi} = 311558,63$ кВт·ч; $2\sum \Delta W_{KH} = 3120357,46$ кВт·ч, $\sum \Delta W_{ПС} = 4097676,09$ кВт·ч.

Расчет приведенных затрат по 1 и 2 вариантам сведен в таблицу 5.3.

Таблица 5.3 - Расчет приведенных затрат по 1 и 2 вариантам

№ варианта	Составляющие затрат	Расчетная величина, тыс. руб.
1 вариант ТРДЦНК 63000/110/6,3/6,3	K	30520,
	I_n	9770,404
	I_3	2820
	Z_{np}	17090,4
2 вариант ТРДЦНК 80000/110/6,3/6,3	K	39500,0
	I_n	8195,17
	I_3	3713,3
	Z_{np}	179333,5

Приведенные затраты для 1 варианта меньше, поэтому окончательно выбираем для установки на подстанции 110/6 кВ два трансформатора типа ТРДЦНК 63000/110/6,3/6,3 производства ООО «Тольяттинский трансформатор» [19].

6 Расчёт токов короткого замыкания

Расчёт токов КЗ с учетом [4,6] ведётся в относительных единицах, так как напряжение сети выше 1 кВ. Расчётная схема и схема замещения представлены на рисунке 6.1.

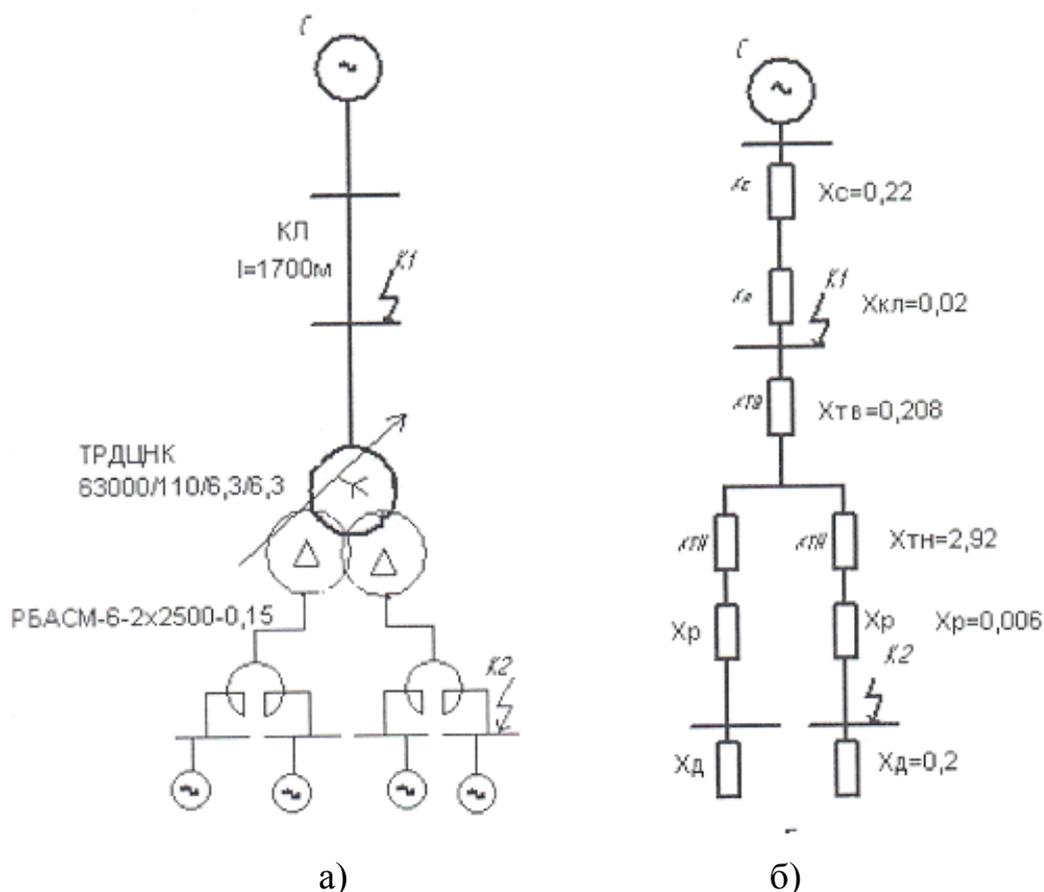


Рисунок 6.1 - Расчетная схема (а) и схема замещения (б)

Для расчета токов короткого замыкания необходимо иметь исходные данные – паспортные данные всех элементов схемы замещения, приведенной на рисунке 6.1.

Расчеты сопротивлений схемы замещения 6.1 сведены в таблицу 6.1.

Таблица 6.1 - Расчеты сопротивлений схемы замещения 6.1

Элемент на рисунке 6.1	Технические данные	Сопротивление в о.е.
Система	$S_6 = 1000 \text{ МВА}$	$x_{*c} = \frac{S_6}{S_{\kappa}} = \frac{1000}{4500} = 0,22$
ВЛ1 110 кВ	$L = 11,47 \text{ км},$ $x_0 = 0,441 \text{ Ом/км}$	$x_{*ВЛ1} = 0,18$
ВЛ2 110 кВ	$L = 83,8 \text{ м},$ $x_0 = 0,441 \text{ Ом/км}$	$x_{*ВЛ2} = 0,004$
КЛ1 110 кВ	$L = 4,86 \text{ км},$ $r_0 = 0,122 \text{ Ом/км},$ $x_0 = 0,2 \text{ Ом/км}$	$x_{*КЛ1} = 0,06$
КЛ2 110 кВ	$L = 1,74 \text{ км}$ $r_0 = 0,122 \text{ Ом/км},$ $x_0 = 0,2 \text{ Ом/км}$	$x_{*КЛ2} = 0,12$
Трансформатор	$S_H = 63000 \text{ кВ};$ $U_K = 10,5 \%$	$x_{*ТБ} = \frac{X_{*ТБ} \%}{100} \cdot \frac{S_6}{S_{нм}} = \frac{1,3125}{100} \cdot \frac{1000}{63} = 0,208$ $X_{ТН1} = X_{ТН2} = \frac{X_{*ТН} \%}{100} \cdot \frac{S_6}{S_{нм}} = \frac{18,375}{100} \cdot \frac{1000}{63} = 2,92$
Реактор	$X_p = 0,007 \text{ Ом}$	$X_{*p} = 0,0012 \text{ Ом.}$

Параметры схемы замещения кабельных линий 110 кВ приведены в таблице 6.2.

Таблица 6.2 – Параметры схем замещения воздушных и кабельных линий 110 кВ

П/с	Длина	$r_{ВЛ}$	$x_{ВЛ}$	$X^*_{ВЛ}$	$r_{КЛ}$	$x_{КЛ}$	$X^*_{КЛ}$
	км	Ом	Ом	О.е.	Ом	Ом	О.е.
Васильевская	11,47	4,82	5,06	0,001	-	-	
	4,864	-	-		0,593	0,973	0,02
ТоТЭЦ	0,08353	0,035	0,037	0,00032	-	-	
	1,74	-	-	-	0,212	0,348	0,012

Так величины сопротивлений ВЛ 110 кВ малы, то в расчетах токов КЗ их значениями пренебрегаем.

Параметры кабельных линий 6 кВ, питающих турбокомпрессоры:

3x150: $r_0=0,206$ Ом/км, $x_0=0,074$ Ом/км, $g_{co}=10,4$ квар, $c_0=0,92 \cdot 10^{-6}$ Ф/км;

3x185: $r_0=0,167$ Ом/км, $x_0=0,073$ Ом/км, $g_{co}=11,7$ квар, $c_0=1,04 \cdot 10^{-6}$ Ф/км;

3x240: $r_0=0,129$ Ом/км, $x_0=0,071$ Ом/км, $g_{co}=13$ квар, $c_0=1,15 \cdot 10^{-6}$ Ф/км.

Каталожные данные синхронных турбокомпрессоров, питание которых осуществляется от РУ-6 кВ подстанции 110/6 кВ, представлены в таблице 6.3 [11].

Таблица 6.3 – Каталожные данные синхронных турбодвигателей

Серия	P_H	S_H	U_H	I_H	η_H	M_{max}	M_{Π}	I_{Π}	$U_{фн}$	$I_{фн}$
	кВт	кВА	В	А	%	о.е	о.е	о.е	В	А
СТД-3200-2	3200	3680	6000	352	97,6	1,74	1,85	6,63	89	270
СТД-6300-2	6300	7230	6000	696	97,5	1,63	1,62	6,28	137	253
СТД-10000-2	10000	11400	6000	1098	97,8	1,73	2,06	8,1	190	270
СТД-12500-2	12500	14200	6000	1368	98	1,74	2,24	8,86	220	290

Расчетные индуктивные сопротивления и постоянные времени турбокомпрессоров приведены в таблице 6.4.

Таблица 6.4 – Расчетные индуктивные сопротивления и постоянные времени

$x_d,$ о.е	$x'_d,$ о.е	$x''_d,$ о.е	$T_{d0},$ с	$T'_d,$ с	$T''_d,$ с	$T_a,$ с
1,85	0,32	0,207	7,4	1,3	0,05	0,14

Параметры схемы замещения и результаты расчета токов КЗ (рисунок 6.1) для точек К1 и К2 представлены в таблице 6.5.

Таблица 6.5 – Параметры схемы замещения и результаты расчета токов КЗ

Элемент схемы замещения	$X_{\Sigma 1}$	$I_{\kappa 1}^{(3)}$	$i_{y\theta 1}$	$X_{\Sigma 2}$	$I_{\kappa 2}^{(3)}$	$i_{y\theta 2}$	I'_{K2}	$i_{y\theta 2'}$
	о.е.	кА	кА	о.е.	кА	кА	кА	кА
Расчетное значение	0,24	20,94	53,1	3,37	27,15	73,4	30,2	80,5

7 Выбор электрооборудования 110 кВ и 6 кВ подстанции 110/6 кВ

7.1 Выбор электрооборудования 110 кВ

Выбираем кабель 110 кВ с изоляцией из сшитого полиэтилена для прокладки в земле типа АПвПГ 3(1х185) [9].

Выбор и проверка кабельной линии 110 кВ сведен в таблицу 7.1.

Условия выбора:

$$I_{Н.РАБ} \leq I_{ДОП.Н}$$

$$I_{ДОП.Н} = k_n \cdot I_{НОМ.КАБ.} = 1 \cdot 230 = 230 \text{ А}$$

$$231 < 340,$$

где k_n - поправочный коэффициент на прокладку кабеля, $k_n = 1$ [1].

Принимается к прокладке кабель 110 кВ АПвПГ 3(1х185).

7.2 Выбор электрооборудования 6 кВ

Выбор и проверка электрооборудования 6 кВ подстанции приведена в таблице 7.1.

Таблица 7.1 - Выбор и проверка электрооборудования 6 кВ подстанции

Тип оборудования	Проверяемые параметры	Расчетное значение	Паспортное значение
Реактор РБАСМ-6- 2х2500-0,15	$U_{уст} \leq U_{ном}$	6 кВ	10 кВ
	$I_p \leq I_{ном}$	2887 А	5000 А
	$i_{уд} \leq i_{дин}$	80,2 кА	81 кА
	$B_k \leq I_{тер}^2 \cdot t_T$	141,5 кА ² ·с	5923 кА ² ·с
	$U_{ост\%} \geq 65-70\%$	82,7%	
Выключатель ВВУ-СЭЦ	$U_{уст} \leq U_{ном}$	6 кВ	10 кВ
	$I_p \leq I_{ном}$	2887 А	3200 А
	$i_{уд} \leq i_{пр.с}$	80,2 кА	81 кА
	$i_{а.т} \leq i_{а.ном} = \sqrt{2} \cdot \beta_{ном} \cdot I_{откл.ном}$	17,5 кА	18 кА
	$B_k \leq I_{тер}^2 \cdot t_T$	141,5 кА ² ·с	3025 кА ² ·с
Трансформатор тока ТЛШ - 10 4000	$U_{уст} \leq U_{ном}$	6 кВ	10 кВ
	$I_p \leq I_{ном}$	2887 А	4000 А
	$i_{уд} \leq i_{дин}$	80,2 кА	112 кА
	$B_k \leq I_{тер}^2 \cdot t_T$	141,5 кА ² ·с	9201 кА ² ·с
	$Z_2 \leq Z_{2ном.}$	0,33 Ом	0,5 Ом
Трансформатор напряжения НАЛИ-СЭЦ-6	$U_{уст} \leq U_{ном}$	6 кВ	10 кВ
	$S_{\sum пр} \leq S_{НОМ}$	58 ВА	250 ВА

7.3 Выбор ячеек КРУ 6 кВ

В настоящее время в КРУ 6 кВ установлены КРУ серии КВЭ-6 1961-го года выпуска. Прием к установке КРУ серии СЭЩ-63 производства «Электроцит Самара» [22]. Пример установки ячеек КРУ серии СЭЩ-63 на в ЗРУ 6 кВ на подстанции 110/6 кВ.

Ячейки КРУ серии СЭЩ-63 комплектуются:

- вакуумным выключателем ВВУ-СЭЩ [22]. На вводе принимаем к установке вакуумный выключатель ВВУ-СЭЩ-П-10-31,5/3150 (рисунок 7.1);
- трансформаторами тока ТЛШ - 10 4000/5 производства СВЗТ [19];
- трансформаторами напряжения НАЛИ-СЭЩ-6.



Рисунок 7.1 - Вакуумный выключатель ВВУ-СЭЩ

Пример установки ячеек КРУ серии СЭЩ-63 на в ЗРУ 6 кВ на подстанции 110/6 кВ показан на рисунке 7.2.



Рисунок 7.2 – Пример установки ячеек КРУ серии СЭЩ-63 на в ЗРУ 6 кВ
на подстанции 110/6 кВ

7.4 Выбор трансформатора собственных нужд подстанции

Нагрузкой трансформаторов собственных нужд подстанции:

- привод управления РПН ТРДЦНК 63000/110/6,3/6,3 – 5,1 кВт;
- двигатели охлаждения ТРДЦНК 63000/110/6,3/6,3 – 6,7 кВт;
- подогрев шкафов КРУ – 1,5 кВт;
- маслохозяйство – 75 кВт;
- наружное освещение территории – 2,3 кВт;
- отопление, освещение, вентиляция помещения ЗРУ 6 кВ 5,0 кВт;
- подогрев шкафов релейной защиты – 2,4 кВт.

На подстанции 110/6 кВ устанавливаем два ТСН.

С учётом коэффициента загрузки $K_z = 0,7$

$$S_{\text{номТ}} \geq 98,9 \cdot 0,7 = 69,23 \text{ кВт.}$$

Выбираем 2 ТСН типа ТМЗ-63/10/0,4 [13].

8 Устройства сигнализации однофазных замыканий на землю в сетях 6 кВ, измеряющие высшие гармонические тока

Принципы выполнения устройств сигнализации однофазных замыканий на землю ОЗЗ, измеряющие высшие гармонические составляющие тока при ОЗЗ [10, 14, 15]:

1. Наложённые токи.

Для определения линии с ОЗЗ в компенсированных сетях используется принцип «наложения» на обычную сеть постороннего переменного тока с частотой, отличной от промышленной, например, 25 Гц. Для этого необходимо подключить в каком-либо месте контролируемой сети в или 10 кВ специальную установку, постоянно генерирующую ток выбранной частоты. При устойчивых ОЗЗ этот ток, в основном, проходит по поврежденному присоединению и воспринимается защитой данного присоединения.

Опыт эксплуатации устройств защиты кабельных линий и генераторов (на электростанциях Кузбасса), использующих низкочастотные составляющие тока является положительным. Защиты работают селективно как при неустойчивых ОЗЗ с перемежающейся дугой, так и при устойчивых ОЗЗ (за счет наложенного тока 25 Гц).

Сравнение амплитуд переходного тока. Амплитуда переходного тока в момент возникновения ОЗЗ (пробой изоляции) всегда выше амплитуды установившегося тока ОЗЗ. Наряду с этим амплитуда переходного тока поврежденного присоединения всегда выше, чем на любом из неповрежденных присоединений данной сети, что дает возможность выполнить селективную защиту (сигнализацию) при ОЗЗ. Важно отметить, что переходный процесс и его параметры в первый период после ОЗЗ одинаковы для сетей 6 и 10 кВ с любой степенью компенсации емкостного тока и в том числе для сетей без компенсирующих дугогасящих устройств.

Поэтому принцип сравнения амплитуд переходного тока одновременно на всех присоединениях 6 или 10 кВ данной сети в момент ОЗЗ позволяет выполнить чувствительную, селективную защиту от ОЗЗ для сетей 6 и 10 кВ, работающих как в режиме "Изолированная нейтраль", так и в режиме "Резонансно-заземленная или компенсированная нейтраль". Однако серийного производства защит, основанных на этом принципе, пока нет.

2. Сравнение полярности первой полуволны тока и напряжения фазовой последовательности (3I0 и 3U0) в момент ОЗЗ.

Заключается в том, что на поврежденной линии будут срабатывать однополярные пороговые элементы (+I и +U или -I и -U) и появится сигнал «ОЗЗ», а на неповрежденных линиях будут срабатывать разнополярные пороговые элементы и сигнал на выходе не появится. Такой измерительный орган обладает направленностью, но эта направленность не связана со значением мощности и поэтому обладает очень высокой чувствительностью и не сможет отказать даже в тех случаях, когда в момент ОЗЗ напряжение мало (например, при грозовом ОЗЗ, вызванном ударом молнии). Кроме того, этот принцип позволяет отдельно фиксировать кратковременные пробои изоляции, устойчивые металлические ОЗЗ и устойчивые дуговые ОЗЗ. Подобный прибор выпускается в Екатеринбурге предприятием НТБЭ.

3. Использование электрических величин переходного процесса, возникающего в момент пробоя изоляции фазы сети на землю.

Для селективной сигнализации однофазных замыканий на землю в электрических сетях 6-10 кВ с кабельными линиями и воздушными линиями с кабельными вставками, работающих как с компенсацией емкостного тока, так и с изолированной нейтралью в Ивановском энергоуниверситете разработано централизованное направленное устройство (ЦНУСЗ) типа «Импульс», основанное на использовании электрических величин переходного процесса, возникающего в момент пробоя изоляции фазы сети на землю. В настоящее время в эксплуатации в электрических сетях 6-10 кВ ОАО Костромаэнерго, Иванэнерго, Владимирэнерго, Башкирэнерго,

Нижновэнерго и в системах электроснабжения ряда предприятий целлюлозно-бумажной и нефтеперерабатывающей промышленности находится более 100 комплектов ЦНУСЗ «Импульс» (на 16 присоединений каждое). Опыт эксплуатации указанных устройств подтвердил эффективность используемого в них способа определения поврежденного присоединения и общих принципов построения ЦНУСЗ. Применение ЦНУСЗ в принципе возможно и для выполнения защиты с действием на отключение. Однако более надежное решение позволяют получить индивидуальные (на одно присоединение) устройства защиты от ОЗЗ. Для повышения эффективности отыскания поврежденного элемента или участка электрической сети методом поочередных отключений или оперативных переключений в ряде случаев желательно, чтобы устройство защиты обладало свойством непрерывности действия при устойчивых повреждениях. Таким свойством обладают только устройства, основанные на использовании различных составляющих установившегося тока и напряжения нулевой последовательности при ОЗЗ (например, естественных высших гармонических составляющих). В то же время выполнение защиты от ОЗЗ, реагирующей только на составляющие установившегося тока и напряжения нулевой последовательности, не позволяет обеспечить высокую устойчивость функционирования при прерывистых дуговых замыканиях, характерных для начальной стадии развития повреждения изоляции и кабелей и электрических машинах. Последнее особенно существенно при выполнении защиты от ОЗЗ генераторов и электродвигателей, т.к. отказы срабатывания или замедление защиты при срабатывании могут привести к переходу ОЗЗ в двойные замыкания на землю, сопровождающиеся значительным увеличением объема повреждения.

Исследования, проведенные в ИГЭУ, показали, что выполнение индивидуального направленного устройства защиты с указанными выше свойствами в принципе возможно на основе комбинации двух способов, один из которых предусматривает сравнение знаков высших гармонических

составляющих производной напряжения нулевой последовательности dU_0/dt и тока I_0 переходного процесса, а второй - сравнение знаков высших гармоник тех же величин установившегося режима ОЗЗ.

На основе исследований спектра высших гармонических составляющих тока $3I_0$ и напряжения $3U_0$ в переходных и установившихся режимах ОЗЗ, опыта разработки и эксплуатации ЦНУСЗ типа «Импульс» устройств защиты от замыканий на землю типа УСЗ-2/2 и УСЗ-3М (ВНИИЭ) были обоснованы принципы построения и разработано индивидуальное направленное устройство защиты от ОЗЗ для компенсированных электрических сетей 6-10 кВ (условно названное «Спектр»). Устройство прошло испытания на физической модели кабельной сети и внедряется для опытной эксплуатации в ОАО Костромаэнерго и Башкирэнерго. В настоящее время разрабатывается централизованный вариант устройства «Спектр», который должен заменить ЦНУСЗ «Импульс». В новом варианте ПНУСЗ предусмотрена также возможность подключения к автоматизированным системам регистрации и анализа аварийных ситуаций.

9 Идентификация опасных и вредных производственных факторов ПАО «КуйбышевАзот»

9.1 Характеристика химических веществ предприятия

Продукты, применяемые и полученные в цехах предприятия, оказывают токсичное действие на организм человека при длительном контакте с ним, поэтому условия труда в цехе относятся к вредным [2].

1. Полимеризат - вязкий раствор полимера в растворителе - изопентане. Полимеризат заправлен антооксидантами, нефтам-2 дифинилпарафенилендиамин или ионолом, или натриевой солью ПНДФА (паранитрозодифениламина). Удельный вес полимеризата - 0,65-0,67 кг/л.

При разливе полимеризата происходит быстрое испарение изопрентана, который образует с воздухом взрывоопасные смеси. Разлитый полимеризат необходимо засыпать песком и затем убрать в специально отведенное место.

2. Изопренат - бесцветная легковоспламеняющаяся жидкость со слабым запахом. Температура кипения- $+28^{\circ}\text{C}$; температура вспышки- -52°C . Удельный вес изопрената - 620 кг/м^3 .

Пары изопрена тяжелее воздуха в два с половиной раза. Пары изопрена в смеси с воздухом в пределах концентрации 1,3-7,6% об. образуют взрывоопасные смеси. На организм человека действует как наркотик, вызывает головную боль, сонливость, головокружение. При отравлении пострадавшего необходимо вывести на свежий воздух. Предельно-допустимая концентрация паров изопрена в воздухе рабочих помещений не более 300 мг/м^3 .

Для защиты органов дыхания от паров изопрена применяется фильтрующий противогаз марки БКФ. Коробка защитного цвета с белой вертикальной полосой, шланговый противогаз, изолирующий противогаз РКК-1.

3. Изопрен - бесцветная, легковоспламеняющаяся жидкость со специфическим запахом. Плотность изопрена- 681 кг/м³. Температура кипения- +34,07°C. Температура плавления- -146,78°C. Температура вспышки - -48°C. Температура самовоспламенения- +400°C.

Изопрен растворяется в спирте, эфире. С воздухом пары изопрена образуют взрывоопасные смеси. Изопрен действует на организм человека как наркотик. Признаки острого отравления изопреном: боли в горле, головная боль, головокружение, общая слабость, иногда - потеря сознания. Предельно-допустимая концентрация паров изопрена в воздухе рабочего помещения 40мг/м³. Разлитый изопрен немедленно засыпать песком и убрать в специально отведенное место.

Для защиты органов дыхания от паров изопрена применяются фильтрующие противогазы марки БКФ, шланговый противогаз, РКК-1.

4. Метанол-яд - бесцветная жидкость по запаху почти не отличается от этилового спирта, легко воспламеняется. Температура кипения- 64,7°C. температура плавления- -97,8°C, температура вспышки- 8°C, температура самовоспламенения- 463°C. Удельный вес- 792кг/м³ при 20°C. пары метанола-яда тяжелее воздуха в 1,12 раза.

Метанол-яд смешивается во всех соотношениях с водой, хорошо растворяется в эфире и многих других органических растворителях. Горит почти бесцветным пламенем. Пары метанола-яда с воздухом образуют взрывоопасные смеси в пределах концентрации 6,0-34,7% об.

Метанол - сильный, преимущественно нервнососудистый яд, с резко раздражающим действием, особенно типичны поражения зрительного нерва и сетчатки глаза. Пить метанол-яд ни в коем случае нельзя, т.к. даже малые дозы его, принятые внутрь вызывают тяжелое отравление, потерю зрения и смерть. Смертельная доза метанола-яда – 30г, доза 5-10г вызывает тяжелое отравление, потерю зрения. В тяжелых случаях отравления появляется резкая синюха, глубокое и затруднительное дыхание, судороги, слабый учащенный пульс, смерть наступает от остановки дыхания.

В случае отравления метанолом-ядом пострадавшего немедленно отправить в здравпункт. При попадании метанола-яда на незащищенное тело, одежду, необходимо немедленно облитые места обмыть большим количеством воды и сменить одежду. Предельно-допустимая концентрация в воздухе рабочих помещений 5 мг/м³.

Индивидуальные средства защиты от паров метанол - яда при концентрации до 0,5% об индивидуальный фильтрующий противогаз марки БКФ, шланговый противогаз, при больших концентрациях - изолирующий противогаз марки РКК I.

5. Толуол - взрывоопасная и легковоспламеняющаяся, бесцветная жидкость со специфическим запахом. Плотность 867 кг/м³ при температуре 20°C. Температура кипения 110°C. Температура вспышки 4 °C. Температура самовоспламенения 536°C. Пары толуола тяжелее воздуха в 3,2 раза. Пары толуола образуют с воздухом взрывоопасные смеси при концентрации 1,3-6,7% об.

Предельно-допустимая концентрация в воздухе рабочих помещений 50 мг/м³. для защиты органов дыхания пользоваться противогазами марки БКФ, РКК I и шланговыми противогазами. Тушить только распыленной водой, пеной.

6. Нафтама-2 - порошок от светло-серого до темно-коричневого цвета. Температура плавления н/м 107-108°C. Не растворим в воде, плохо растворим в холодном, хорошо растворим в горячем спирте или эфире. Предельно-допустимая концентрация пыли в воздухе рабочих помещений 1,0 мг/м³. Температура самовоспламенения 890°C.

Попадание нефтама-2 на кожу человека вызывает раздражение ее, экземное заболевание. Раздражение кожи усиливается в солнечные дни и при потении. Работать с нефтаном-2 необходимо в спецодежде, в прорезиненном фартуке, очках, рукавицах и в респираторе. Избегать облучения солнцем во время контакта с нефтаном-2. после работы необходимо принять душ.

7 Дифинилпарфенилендиамин (ДФФД)- порошок серого цвета. Температура плавления 120-140°C. Температура самовоспламенения 580°C.

Попадание на кожу ДФФД вызывает раздражение ее и экземное заболевание оказывает раздражающее действие на слизистые оболочки глаза и верхних дыхательных путей. При работе с ДФФД необходимо пользоваться респиратором, рукавицами, очками.

Взвешенная в воздухе пыль имеет предел взрываемости 7,5г/м³. средства тушения - вода, ОХП-10, ОВП-100.

8. Ионол - белый кристаллический однородный порошок без посторонних примесей. Температура плавления 69,5-70 °С. Разность температур между началом и концом плавления- не более 1°C.

При работе ионолом необходимо пользоваться очками, рукавицами и респираторами.

9. Едкие щелочи - калиевая и натриевая щелочи, бесцветные жидкости, мыльные на ощупь. Применяется в виде 20-50% растворов. При попадании на кожу вызывает сильные, долго незаживающие ожоги, слепоту.

Работа с растворами щелочей должна проводиться в спецодежде, резиновом фартуке, перчатках, очках.

При попадании этих щелочей на кожу или в глаза необходимо немедленно промыть пораженное место обильным количеством воды, обработать раствором борной кислоты и обратиться в здравпункт.

При постоянной работе с раствором щелочей появляются язвы на пальцах, а после них рубцы, потливость, экзема.

10. Стеарин технический - стеариновая кислота, с примесью пальмитиновой, оксистеариновой и изоалеиновой кислот. Полупрозрачная твердая масса белого цвета. Жирная на ощупь. Огнеопасное кристаллическое вещество. Пары легко воспламеняются и могут гореть.

11. Каучук - эластичная, однородная, монолитная масса. Удельный вес 0,91-0,92г/см³. растворим в бензоле, хлороформе и других растворителях. Каучук горюч, не ядовит.

Защита от химических веществ

Так как в технологических процессах ПАО «КуйбышевАзот» принимают участие вредные отравляющие вещества, а также их продукты и полупродукты, то для защиты работников, независимо от службы или отдела где они работают, применяются следующие мероприятия:

- В помещениях технологических цехов контролируется содержание отравляющих веществ в воздухе не выше предельно допустимой концентрации (ПДК). ПДК - это такая концентрация, которая при 8 часовом рабочем дне не вызывает изменения в организме в течение всего рабочего стажа.

- Каждый работник имеет в наличии средства индивидуальной защиты: специальная одежда и обувь, каска, средства защиты лица и рук и фильтрующий противогаз, а также в специально отведенных местах находится аварийный запас противогазов. Кроме фильтрующих противогазов на предприятии применяются кислородно-изолирующие и шланговые противогазы для выполнения отдельных видов работ и локализации аварий.

В таблице 9.1 указано время действия коробок фильтрующих противогазов при работе в зоне действия отравляющих веществ.

Таблица 9.1 - Время действия коробок фильтрующих противогазов при работе в зоне

Марка	Цвет коробки	Время действия (минут)
А	Коричневый	50 - 120
В	Желтый	30 - 90
кд	Серый	80 - 240
м	Красный	50 - 90
БКФ	Темно-зеленый	70 - 110

1. Допускается работать в фильтрующем противогазе при содержании в воздухе кислорода не менее 18% объемных и вредных веществ не более 0,5% объемных.

2. Запрещается работать в фильтрующем противогазе не прошедшем проверку перед началом работ.

3. Маркировка и время действия коробок фильтрующих противогазов, при работе в зоне действия отравляющих веществ приведены в нижеследующей таблице. Если при времени меньшем, чем указано в таблице в фильтрующем противогазе ощущаются отравляющие вещества, работу следует немедленно прекратить.

Дежурный электромонтёр снабжается фильтрующим противогазом с коробкой марки М (от аммиака, действие на 90 мин.).

9.2 Пожароопасность

Производство каучука по свойствам перерабатываемых продуктов относится к категории к пожаро- и взрывоопасных производств.

В зависимости от пожароопасности применяемых продуктов и условий, при которых возможно образование взрывоопасных смесей, производственные участки цеха относятся к следующим классам и категориям взрыво- и пожароопасности (таблица 9.2).

Различные углеводороды тушить водой нельзя, т.к. они легче воды и растекаясь с водой увеличивают очаг пожара.

Тушить водо электрооборудование и горящие провода нельзя. Использование в отделении воды как огнегасительного средства, осуществляется с помощью пожарных кранов, которые находятся внутри помещений производственных и бытовых.

Таблица 9.2 - Характеристика производственных участков по пожароопасности

№ ПП	Производственные участки	Класс взрываемости	Категория пожароопасности	Категория взрываемости эл. оборудования	Группы взрываемости газозвдушных Смесей.
1	Отделение Дегазации полимеризата I корпуса.	B-Ia	A		
2	Отделение Дегазации полимеризата II корпуса.	B-Ia	A		
3	Отделение приготовления раствора антиоглпмиратора	B-Ia	A		
4	Отделение выделения, сушки и упаковки каучука I и II корпуса	-	B		
5	Склады каучука	-	B		
6	Наружная установка II корпуса	B-Iг	A	2	T-2

Для тушения пожаров в отделении применяются следующие огнегасительные средства:

- Песок- для тушения небольших очагов загорания углеводородов других горящих материалов и электрических проводов.
- Огнетушители углекислотные ОУ-2; ОУ-80; ОВП-100; ОВП-250. используются для тушения электрооборудования и других небольших очагов.
- Огнетушитель пенный ОХП-10- для тушения легких очагов пожара, горящих твердых и жидких продуктов полимеризации, кроме электрооборудования.

- Пароводотушение для тушения загорания сушилок виброэлеваторов.

- Дренчерные системы для тушения складов каучука.

При тушении пожаров необходимо строго придерживаться следующих правил.

- При загорании электрических проводов, электродвигателей и электрических приборов необходимо в первую очередь обесточить загоревшийся участок.

- По согласованию начальника цеха защищать секции складов, отдельные аппараты и емкости, содержащие горючие вещества от действия огня путем охлаждения поверхностей водой из пожарных стволов, шлангов, лафетных стволов, если есть возможность, то опасные места завесить мокрыми азбестовыми одеялами и поливать их водой.

- При отсутствии пожара или вспышки вентиляция не останавливается и производится усиленное проветривание помещения.

При работе с ручным инструментом следить, чтобы он удовлетворял следующим требованиям.

- Слесарные молотки и кувалды должны иметь ровную, слегка выпуклую поверхность, надежно насаженные на ручки.

- Все инструменты, заостренные концы на рукоятках (напильник, ножовка) должны быть снабжены деревянными ручками, предохраняющими от раскалывания.

- Гаечные ключи должны соответствовать размерам гаек и головок болтов.

При работе с зубилом, молотком, выколоткой и другим инструментом ударного действия, а также при обрезке заготовок ручными ножницами, пользоваться защитными очками.

10 Экономическая эффективность работы

Данные по капитальным затратам на реконструкцию электрооборудования подстанции 110/6 кВ ПАО «КуйбышевАзот» приведены в таблице 10.1.

Таблица 10.1 - Капитальные затраты на реконструкцию электроснабжения больницы

Наименование элементов ЦТП	Кол-во	Сметная стоимость с учетом строительно-монтажных работ, тыс. руб.	
		За единицу	Общая стоимость
КРУ СЭЩ-63	60	140	8400
Выключатель ВВУ-СЭЩ-П- 10-31,5/3150	12	288	3456
Выключатель ВВУ-СЭЩ-П- 10-20/1600	1	2	210
Выключатель ВВУ-СЭЩ-П- 10-20/1000	46	160	7360
Кабель 110 кВ	-	725	725
Итого:			20151

Укрупненный расчет годовых эксплуатационных расходов на схему электроснабжения [11]:

Амортизационные отчисления – 1003,4 тыс. руб.

Фонд оплаты труда – 1228,8 тыс. руб.

Ремонтный фонд – 455,92 тыс. руб.

Затраты на охрану труда и технику безопасности – 49,5 тыс. руб.

Стоимость потерь электроэнергии в линии и трансформаторах – 977,4 тыс. руб.

Суммарные затраты – 3715,02 тыс. руб.

Показатели экономической эффективности работы сведены в таблицу 10.2.

Таблица 10.2 - Показатели экономической эффективности работы

Наименование показателя	Значение показателя
Инвестиции в проект	20151 тыс. руб.
Эксплуатационные расходы на схему электроснабжения	3715,02 тыс. руб.
Годовой экономический эффект	5127,2 тыс.руб.
Прибыль	2708,4 тыс. руб.
Срок окупаемости	5,9 лет

Заключение

На основании анализа объекта проектирования разработаны рекомендации по реконструкции электрооборудования подстанции 110/6 кВ ПАО «КуйбышевАзот»:

- изменение электрической схемы подстанции 110/6 кВ на стороне 110 кВ нецелесообразно, т.к. предприятие химическое, поэтому на стороне 110 кВ согласно распределительное устройство выполнено по схеме «глубокого ввода» без установки коммутационного электрооборудования;

- электрическая схема 6 кВ подстанции четырехсекционная: 1, 3, 5, 7 секции 6 кВ получают питание от трансформатора Т1, 2, 4, 6, 8 секции 6 кВ получают питание от трансформатора Т2 через сдвоенные реакторы. От трансформатора Т1 получают питание подстанции 6 кВ подстанции 33, 40, 41, 42, 56, 58, 5, от трансформатора Т2 подстанции 6 кВ 14, 17, 20, 21, 56, 58, 67 предприятия. Данная схема обеспечивает высокую надежность электроснабжения потребителей предприятия;

- реконструкция электрической схемы подстанции 110/6 кВ нецелесообразна, схем обеспечивает требуемый уровень надежности электроснабжения

- рекомендуется замена кабеля 110 кВ на кабель с изоляцией из сшитого полиэтилена.

- рекомендуется реконструкция ячеек КРУ 6 кВ с заменой маломасляных выключателей 6 кВ на вакуумные.

- совместно с реконструкцией ячеек КРУ 6 кВ рекомендуется выполнить реконструкцию релейной защиты на стороне 6 кВ.

При реконструкции подстанции приняты следующие решения:

- произведена замена маслонаполненного кабеля 110 кВ на кабель с изоляцией из сшитого полиэтилена марки АПвПГ 3(3х185),

- произведена замена ячеек КРУ 6 кВ. Выбраны ячейки КРУ серии СЭЩ-63 с вакуумными выключателями ВВУ-СЭЩ-П-10-31,5 и

трансформаторами тока ТЛШ-10, ТПЛ-10 и трансформаторами напряжения НАЛИ-СЭЦ-6.

В работе также рассмотрены вопросы устройства сигнализации однофазных замыканий на землю в сетях 6 кВ, а также выполнена идентификация опасных и вредных производственных факторов ПАО «КуйбышевАзот» и разработаны мероприятия по индивидуальным средствам защиты для работников предприятия.

Выполнен расчет показателей экономической эффективности работы.

Список использованных источников

1. Правила устройств электроустановок (ПУЭ). 7-е издание. - М.: КНОРУС, 2009.
2. Правила по охране труда при эксплуатации электроустановок. Приложение к приказу Министерства труда и социальной защиты от 24 июля 2013 г. № 328н.
3. СТО 56947007-29.240.10.028-2009. Нормы технологического проектирования подстанций переменного тока с высшим напряжением 35-750 кВ (НТП ПС). - М.: Минэнерго, 2010.
4. ГОСТ Р 52735-2007. Короткие замыкания в электроустановках. Методы расчета в электроустановках переменного тока напряжением свыше 1 кВ. – М.: Издательство стандартов, 2007.
5. ГОСТ Р 12.0.006-2002. Система стандартов безопасности труда. Общие требования к управлению охраной труда в организации.
6. Руководящие указания по расчету токов короткого замыкания и выбору электрооборудования. – М.: Изд-во НЦ ЭНАС, 2002.
7. РД 34.21.122. Инструкция по устройству молниезащиты зданий, сооружений и промышленных коммуникаций. Утв. Приказом Минэнерго РФ от 30.06.2003 № 280.
8. РД 153-34.3-35.125-99. Руководство по защите электрических сетей 6–1150 кВ от грозových и внутренних перенапряжений / под ред. Тиходеева Н.Н. - СПб: ПЭИПК Минтопэнерго РФ, 1999.
9. Алиев, И.И. Электротехнические материалы и кабельные изделия: справочник / И.И. Алиев. - М.: ИП РадиоСОФТ, 2014.
10. Андреев, В.А. Релейная защита и автоматика систем электроснабжения: учебник для вузов / В.А. Андреев. - М.: Высшая школа, 2015.
11. Киреева, Э.А. Электрооборудование электрических станции и подстанций / Э.А. Киреева. – М.: КНОРУС, 2017.

12. Конюхова, Е.А. Электроснабжение : учебник для вузов / Е.А. Конюхова. – М.: Издательский дом МЭИ, 2014.
13. Киреева, Э.А. Полный справочник по электрооборудованию систем электроснабжения (с примерами расчетов) : справочное издание / Э.А. Киреева; под общ. ред. С.Н. Шерстнева. - М.: КНОРУС, 2017.
14. Овчаренко, Н.И. Автоматика электрических станций и электроэнергетических систем: учебное пособие для студентов вузов / Н.И. Овчаренко. - М.: НЦ ЭНАС, 2014.
15. Релейные и микропроцессорные устройства защиты электрооборудования системы электроснабжения: учеб. пособие / под ред. СИ. Гамазина. - Тула: ТГУ, 2015.
16. Сибикин, Ю.Д. Электроснабжение промышленных предприятий и установок / Ю.Д. Сибикин, М.Ю, Сибикин, В.А. Яшков. – М. : ФОРУМ; ИНФРА-М, 2015.
17. Каталог продукции Schneider Electric [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.schneider.ru>. (04.2017).
18. Каталог ООО «НПК Эксперт» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.npkexpert.ru/catalog> (28.04.2017).
19. Каталог СВЗТ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.czt.ru/new/templates/main.php> (15.05.2017).
20. Каталог «Кабели силовые с изоляцией из сшитого полиэтилена на напряжение 110 и 220 кВ» ООО «УНКОМТЕХ» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http:// uncomtech.ru/catalogs](http://uncomtech.ru/catalogs) (06.05.2017).
21. Каталог «Комплектные распределительные устройства» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.electroshield.ru/komplektnye-raspredelitelnye-shkafy-kru-63> (06.05.2017).
22. Официальный сайт ЗАО «Электрощит», г.Самара [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://electroshield.ru/> (10.05.2017).