

# Содержание

ВВЕДЕНИЕ.....	
1 ОБЩАЯ ЧАСТЬ.....	
2 РАСЧЕТНАЯ ЧАСТЬ.....	
3 ОХРАНА ТРУДА.....	
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	

					ПК.08.02.09.0768.00.00.00.ПЗ			
<i>Из</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпис</i>	<i>Дат</i>	Расчет ЭСН и ЭО прессового участка цеха	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Разраб.</i>		Юнусов Д.Р.				V	1	
<i>Провер.</i>		Плисова М.А.						
<i>Т.Конт.</i>								
<i>Н.Конт.</i>								
<i>Утв.</i>						КГАМТ гр.		

# ВВЕДЕНИЕ

Основными потребителями электрической энергии являются промышленные предприятия. Они расходуют более половины всей энергии, вырабатываемой в нашей стране.

Актуальность данного курсового проекта заключается в том, что ввод в действие новых предприятий, расширение существующих, рост энерговооруженности, широкое внедрение различных видов электротехнологии во всех отраслях производств выдвигают проблему их рационального электроснабжения.

Объектом исследования в представленной работе является прессовый участок цеха. Предметом исследования – электроснабжение прессового участка цеха.

Основываясь на аргументации об актуальности выбранной темы, можно определить целевую ориентацию работы.

Цель курсовой работы: дать краткую характеристику ЭСН ПЦ по электрическим нагрузкам, режиму работы, роду тока, питающему напряжению и сделать расчет электрических нагрузок.

В соответствии с данной целью в курсовой работе решаются следующие задачи:

1. Изучить и проанализировать литературу нормирования документа по электроснабжению отрасли.
2. Рассчитать характеристики промышленного оборудования.
3. Спроектировать схему электроснабжения.
4. Разработать мероприятия по технике безопасности.
5. Обобщить результаты, сделать выводы и оформить работу.

					ПК.08.02.09.0768.00.00.00.ПЗ			
<i>Из</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпис</i>	<i>Дат</i>	Расчет ЭСН и ЭО прессового участка цеха	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Разраб.</i>		Юнусов Д.Р.				V	?	
<i>Провер.</i>		Плисова М.А.				КГАМТ гр.		
<i>Т.Конт.</i>								
<i>Н.Конт.</i>								
<i>Утв.</i>								



Продолжение таблицы 1

№ на плане	Наименование	P <sub>н</sub> , кВт	N	K <sub>н</sub>	cosφ	tgφ
19,20	Вентиляторы	5,32	2	0,6	0,8	0,75
21...26	Прессы кривошипные	35	6	0,17	0,65	1,17
27...28	Масляные насосы	3,5	3	0,7	0,8	0,75
29,30	Наждачные станки	12,6	2	0,14	0,5	1,73
31,32	Шлифовальные станки	16,8	2	0,14	0,5	1,73
33,34	Сверлильные станки	4,48	2	0,14	0,5	1,73

1.2 Классификация помещений по взрыво-, пожаро-, электроопасности

Руководствуясь «Классификатором помещений по взрыво-, пожаро-, электробезопасности» заполняем таблицу 2.

Таблица 2 – Классификация помещений взрыво -, пожаро-, электробезопасности

Наименование помещений	Категории		
	Взрыво опасности	Пожаро опасности	Электро безопасности
Станочное отделение	B2	П-Па	ПО
Ремонтная мастерская	B2	П-Па	ПО
Помещение мастера	Д	П-Па	БПО
Раздевалка	B2	П-Па	БПО
Трансформаторная	B2	П I	ОО
Вентиляционная	B2	П-Па	ПО
Инструментальная	Д	П-Па	БПО
Склад заготовок	B4	П-Па	БПО
Склад готовой продукции	B4	П-Па	БПО

**Расписать категории и добавить информацию**



источников питания. В целях экономии и в связи с тем, что при ремонте не произойдет массовый недоотпуск продукции, выбираем трансформаторную подстанцию с одним трансформатором и смешанную схему электроснабжения.

Магистральные схемы питания находят широкое применение не только для питания многих электроприемников одного технологического агрегата, но также большого числа сравнительно мелких приемников, не связанных единым технологическим процессом. Магистральные схемы позволяют отказаться от применения громоздкого и дорогого распределительного устройства или щита. Магистральные схемы, выполненные шинопроводами, обеспечивают высокую надежность, гибкость и универсальность цеховых сетей, что позволяет технологам перемещать оборудование внутри цеха без существенных переделок электрических сетей.

Для питания большого числа электроприемников сравнительно небольшой мощности, относительно равномерно распределенных по площади цеха, применяются схемы с двумя видами магистральных линий: питающими и распределительными. Питающие, или главные, магистрали подключаются к шинам шкафов трансформаторной подстанции, специально сконструированным для магистральных схем. Распределительные магистрали, к которым непосредственно подключаются электроприемники, получают питание от главных питающих магистралей или непосредственно от шин комплектной трансформаторной подстанции (КТП), если главные магистрали не применяются.

К главным питающим магистралям подсоединяется возможно меньшее число индивидуальных электроприемников. Это повышает надежность всей системы питания.

Следует учитывать недостаток магистральных схем, заключающийся в том, что при повреждении магистрали одновременно отключаются все питающиеся от нее электроприемники. Этот недостаток ощутим при наличии в цехе отдельных крупных потребителей, не связанных единым непрерывным технологическим процессом.

					ПК.08.02.09.0768.00.00.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум	Подп.			4

На предварительном этапе расчета производится группировка электроприемников в группы и узлы с учетом их характеристик (номинальной мощности потребителя и режима работы электрооборудования) и места расположения в цехе. Электроприемники равномерно распределены по территории цеха и предварительно намечается их питание от силовых шкафов, которые получают питание от цеховой КТП-10/0,4 кВ.

Руководствуясь вариантами схем электроснабжения, составляем схему проектируемого объекта (рисунок 1)

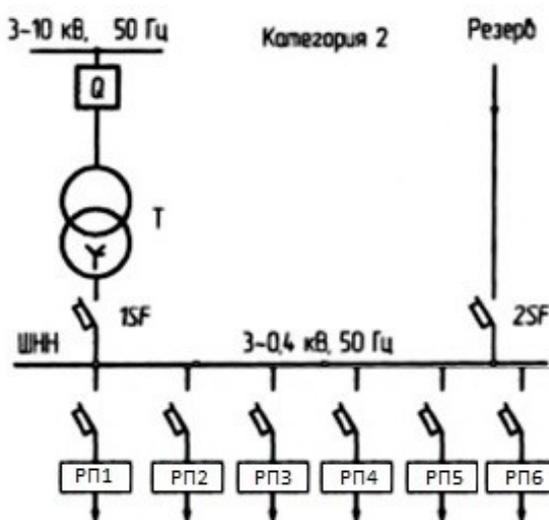


Рисунок 1 – Схема проектируемого объекта

## 2.2 Расчет электрических нагрузок

Применив метод упорядоченных диаграмм (коэффициента максимума), в соответствии с распределением по РУ, необходимо рассчитать нагрузки.

Расчеты ведутся методом коэффициента максимума. Это основной метод расчета электрических нагрузок, который сводится к определению максимальных ( $P_m$ ,  $Q_m$ ,  $S_m$ ) рассчитанных нагрузок группы электроприемников.

Составляем сводную ведомость нагрузок по цеху в табличной форме (таблица 3).

В графу 1 Сводной ведомости нагрузок записывается наименование групп электроприемников и узлов питания согласно заданию.

В графу 2 записывается количество электроприемников для групп и узла

питания  $n$ .

В графу 3 записывается мощность электроприемников и узлов питания  $P_H$ .

В графу 4 для групп приемников и узла питания заносятся суммарная мощность

$$\sum P_H = n \cdot P_H, \quad (1)$$

В графу 5 - коэффициент использования электроприемников  $Ku$  (4, табл. 1.5.1).

В графы 6 и 7 для групп приемников записываются  $tg\varphi$  и  $cos\varphi$ .

Определяется по (4, табл. 1.5.1) и формуле

$$tg\varphi = \frac{\sqrt{1 - cos^2\varphi}}{cos\varphi},$$

(2)

В графу 8 - для групп приемников показатель силовой сборки в группе

$$m = P_{н.нб} / P_{н.нм}, \quad (3)$$

где  $P_{н.нб}$  и  $P_{н.нм}$  - номинальные приведенные к длительному режиму

активные мощности электроприемников наибольшего и наименьшего в группе, кВт

В графу 9 - средняя активная мощность за наиболее загруженную смену

$$P_{CM} = \kappa_{II} \cdot P_H, \quad (4)$$

В графу 10 - средняя реактивная мощность за наиболее загруженную смену

$$Q_{CM} = P_{CM} \cdot tg\varphi, \quad (5)$$

В графу 11 записывается средняя нагрузка за наиболее загруженную смену

$$S_{CM} = \sqrt{P_{CM}^2 + Q_{CM}^2}, \quad (6)$$

В графу 12 записывается эффективное число электроприемников

$$n_3 = n. \quad (7)$$

В графу 13 - коэффициент максимума активной нагрузки  $K_M$  из (4, табл. 1.5.3).

					ПК.08.02.09.0768.00.00.00.ПЗ	Лист
						6
Изм.	Лист	№ докум	Подп.			

В графу 14 записывается коэффициент максимума реактивной нагрузки  $K_M'$ .

В соответствии с практикой проектирования

$$K_M' = 1,1$$

при  $nэ < 10$ ;

$$K_M' = 1$$

при  $nэ > 10$ .

В графу 15 записывается максимальная активная мощность

$$P_M = K_M \cdot P_{см} \quad (8)$$

В графу 16, записывается максимальная реактивная мощность

$$Q_M = K_M' \cdot Q_{см} \quad (9)$$

В графу 17 записывается максимальная полная мощность

$$S_M = \sqrt{P_M^2 + Q_M^2} \quad (10)$$

В графу 18 записывается максимальный ток

$$I_M = \frac{S_M}{\sqrt{3} \cdot U_H} \quad (11)$$

Средние коэффициенты использования группы электроприемников, мощности  $\cos\varphi$  и реактивной мощности  $\operatorname{tg}\varphi$ :

$$K_{u.c.p.} = \frac{\sum P_{см}}{\sum P_H} \quad (12)$$

$$\cos\varphi = \frac{\sum P_{см}}{\sum S_{см}} \quad (13)$$

$$\operatorname{tg}\varphi = \frac{\sum Q_{см}}{\sum P_{см}} \quad (14)$$

Однофазные нагрузки приводим к условной трехфазной мощности.

Нагрузки распределяются по фазам с наибольшей равномерностью и определяется величина неравномерности (Н)

$$H = \frac{P_{ф.нб.} - P_{ф.нм.}}{P_{ф.нм.}} \cdot 100\% \quad (15)$$

где  $P_{ф.нб.}$ ,  $P_{ф.нм.}$  – мощность наиболее и наименее загруженной фазы, кВт.

					ПК.08.02.09.0768.00.00.00.ПЗ	Лист
						7
Изм.	Лист	№ докум	Подп.			

При  $H > 15 \%$  и включении на фазное напряжение:

$$P_y^{(3)} = 3 P_{нб.ф.}^{(1)}. \quad (16)$$

где  $P_y^{(3)}$  — условная приведенная трехфазная мощность, кВт;

$P_{мф}^{(1)}$  – однофазная нагрузка наиболее загруженной фазы, кВт.

Однофазные электроприемники, включенные на фазные и междуфазные напряжения и распределенные по фазам с неравномерностью не выше 15 % ( $H \leq 15 \%$ ), учитывают, как трехфазные той же суммарной мощности (сумма всех однофазных нагрузок). Распределение по фазам равномерное,  $H \leq 15 \%$ , поэтому принимаем

$$P_y^{(3)} = P_{нб.ф.}^{(1)}$$

Переносим результаты Сводной ведомости нагрузок (табл.3) в таблицу 3.1.

Таблица 3.1 - Сводная ведомость нагрузок.

Параметр	$\cos\varphi$	$\operatorname{tg}\varphi$	$P_m$ , кВт	$Q_m$ , кВар	$S_m$ , кВА
Всего на НН без КУ					
КУ	---	---	---		---
Всего на НН с КУ					
Потери	---	---			
Всего ВН с КУ	---	---			

Компенсацию реактивной мощности по опыту эксплуатации производят до  $\cos\varphi_k = 0,92...0,95$ .

Задавшись  $\cos\varphi_k$  из этого промежутка, определяют:

$$\operatorname{tg}\varphi_k = \frac{\sqrt{1 - \cos^2\varphi_k}}{\cos\varphi_k}. \quad (17)$$

Расчетная реактивная мощность КУ:

$$Q_{кр} = \alpha \cdot P_m \cdot (\operatorname{tg}\varphi - \operatorname{tg}\varphi_k). \quad (18)$$

где  $\alpha = 0,9$  - коэффициент, учитывающий повышение  $\cos\varphi$  естественным способом,

$\operatorname{tg}\varphi$ ,  $\operatorname{tg}\varphi_k$  - коэффициенты реактивной мощности до и после компенсации.

Значения  $P_M$ ,  $tg\varphi$  выбираются по результату расчета нагрузок из сводной ведомости нагрузок.

Зная  $Q_{к.р}$  и напряжение, выбирают стандартную компенсирующую установку, близкую по мощности из таблицы 6.1.1. или комплектные конденсаторные установки (ККУ), предназначенные для этой цели из таблицы 6.1.2.

В сводную ведомость нагрузок (таблица 3.1) заносят стандартное значение мощности выбранного КУ.

После выбора стандартного КУ определяется фактическое значение

$$tg\varphi_{\phi} = tg\varphi - \frac{Q_{к.СТ}}{\alpha \cdot P_M} \quad (19)$$

где  $Q_{к.СТ}$  - стандартное значение мощности выбранного КУ, кВар.

По значению  $tg\varphi_{\phi}$  определяют фактический коэффициент мощности

$$\cos\varphi_{\phi} = \frac{1}{\sqrt{1 + tg^2\varphi_{\phi}}} \quad (20)$$

Результаты заносятся в сводную ведомость нагрузок (таблица 3.1) третьей строкой:

- активная мощность  $P_M$  не изменяется
- реактивная мощность

$$Q_M \text{ с КУ} = Q_M \text{ без КУ} - Q_{к.СТ} \quad (21)$$

- полная мощность

$$S_{McKV} = \sqrt{P_M^2 + Q_{McKV}^2} \quad (22)$$

Потери мощности трансформатора заносятся в четвертую строку сводной ведомости нагрузок:

$$\Delta P_T = 0,02 \cdot S_{McKV} \quad (23)$$

$$\Delta Q_T = 0,1 \cdot S_{McKV} \quad (24)$$

$$\Delta S_T = \sqrt{\Delta P_T^2 + \Delta Q_T^2} \quad (25)$$

Расчетные мощности трансформатора с учетом потерь заносятся в пятую строку сводной ведомости:

$$P'_M = P_M + \Delta P_T \quad (26)$$

					ПК.08.02.09.0768.00.00.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лис	№ докум	Подп.			9

$$Q'_M = Q_M + \Delta Q_T \quad (27)$$

$$S'_T = \sqrt{P_M'^2 + Q_M'^2} \quad (28)$$

Выбирается окончательно трансформатор для схемы электроснабжения по таблицам № 5.1.1 или 5.1.2, записывается тип, мощность, потери, сопротивления обмоток. Число трансформаторов  $n = 2$  принимается в соответствии с 2 категорией ЭСН.

Определяется коэффициент загрузки трансформатора

$$K_3 = \frac{S'_T}{n \cdot S_{T.НОМ}} = 0,8 \dots 1,2 \quad (29)$$

Заполнить окончательно сводную ведомость нагрузок (таблица 3).

Для расчетов данные взять из интернета подставить в эти формулы

Составить таблицу по оборудованию, какие электроприёмники в цеху

					ПК.08.02.09.0768.00.00.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум	Подп.			10

### 2.3 Расчет и выбор аппаратов защиты

Рассчитать, выбрать и сформировать марки аппаратов защиты всех линий ЭСН. Руководствуясь схемой РУ (Приложение В.5) разработать составной РП (при необходимости). Выбрать и сформировать марки всех линий ЭСН и учетом соответствия аппарату защиты. Заполнить таблицу 3 «Сводная ведомость электроприемников». Выполнить чертеж 1 «План расположения ЭСН ЭО прессового участка цеха».

Для последующего расчета токов КЗ и потери напряжения обосновать и выбрать характерную линию. Обычно это линия с наиболее мощным или наиболее удаленным ЭП.

Для выбора аппарата защиты нужно знать ток в линии, где он установлен, его тип и число фаз.

В линии сразу после трансформатора

$$I_T = \frac{S_T}{\sqrt{3} \cdot U_{н.Т}} \text{ (А)} . \quad (30)$$

где  $S_T$  - номинальная мощность трансформатора, кВА;

$U_{н.Т}$  - номинальное напряжение трансформатора, кВ.

Линия к РУ (РП или шинопровод)

$$I_{РУ} = \frac{S_{м.РУ}}{\sqrt{3} \cdot U_{н.РУ}} . \quad (31)$$

где  $S_{м.РУ}$  - максимальная расчетная мощность РУ, кВА;

$U_{н.РУ}$  - номинальное напряжение РУ, кВ.

$$I_{РП1} = \frac{227,6}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 346,22 \text{ А};$$

Линия к ЭД переменного тока

$$I_{\phi} = \frac{P_{д}}{\sqrt{3} \cdot U_{н.д} \cdot \cos \varphi_{д} \cdot \eta_{д}} . \quad (32)$$

где  $P_{д}$  - мощность ЭД, кВт;

$U_{н.д}$  - номинальное напряжение ЭД, кВ;

$U_{н.д} = 0,38$  кВ.

$\eta_{д}$  - КПД электродвигателя, относительные единицы.

					ПК.08.02.09.0768.00.00.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум	Подп.			11

Для трехфазных асинхронных двигателей с КЗ ротором мощностью 1...100 кВт принимается  $\eta_d = 0,7...0,9$ .

Линия к сварочному трансформатору

$$I_{CB} = \frac{S_{CH} \cdot \sqrt{ПВ}}{\sqrt{3} \cdot U_H} \quad (33)$$

где  $S_{CH}$  - полная мощность сварочного 3-фазного трансформатора, кВА.

В качестве защитных аппаратов от токов короткого замыкания и ненормальных режимов в сети 0,4 кВ используются автоматические выключатели.

Кратность отсечки автомата.

$$K_o \geq \frac{I_o}{I_{н.р}} \quad (34)$$

где  $I_o$  - ток отсечки, А;

$I_{п}$  - пусковой ток, А;

$$I_{п} = K_{п} \cdot I_{н.д} \quad (35)$$

где  $K_{п}$  - кратность пускового тока. Принимается  $K_{п} = 6,5 \dots 7,5$ .

$I_{н.д}$  - номинальный ток, А;

$I_{пик}$  - пиковый ток, А;

$$I_{пик} = I_{п.нб} + I_M - I_{н.нб} \quad (36)$$

где  $I_{п.нб}$  - пусковой ток наибольшего по мощности ЭД, А;

$I_{н.нб}$  - номинальный ток наибольшего в группе Эд, А;

$I_M$  - максимальный ток на группу, А.

Зная тип,  $I_{н.а}$  и число полюсов автомата, выписываются все каталожные данные.

Проводники для линий, защищенных автоматами с комбинированными расцепителями, выбираются согласно условию:

$$I_{доп} \geq K_{зщ} \cdot I_{у(п)} \quad (37)$$

где  $I_{доп}$  - допустимый ток проводника, А;

$K_{зщ}$  - коэффициент защиты.

Принимают  $K_{зщ} = 1,25$  - для взрыво- и пожароопасных помещений;

					ПК.08.02.09.0768.00.00.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лис	№ докум	Подп.			12

$K_{зщ} = 1$  - для нормальных (неопасных) помещений.

Руководствуясь соотношениями (таблица А.5) рассчитать, выбрать и сформировать марки аппаратов защиты всех линий ЭСН из таблиц А.6 и А.7.

В процессе выбора аппаратов защиты и линий ЭСН заполняется таблица 4. Сводная ведомость ЭСН электроприёмников.

					ПК.08.02.09.0768.00.00.00.ПЗ	Лист
						13
Изм.	Лист	№ докум	Подп.			

## 2.4 Расчет токов КЗ

Составить для выбранной характерной линии расчетную схему и схему замещения, нанести на них необходимые данные, выбрать и пронумеровать точки КЗ.

Рассчитать токи КЗ и заполнить таблицу 4 «Сводная ведомость токов КЗ по точкам».

Выполнить проверки элементов ЭСН характерной линии по токам КЗ и потере напряжения.

Выполнить чертеж 2 «Принципиальная однолинейная электрическая схема ЭСН ЭО прессового участка цеха» в соответствии с полученными результатами, руководствуясь Приложением В.6.

Для последующего расчета токов КЗ и потери напряжения обосновать и выбрать характерную линию. Обычно это линия с наиболее мощным или наиболее удаленным ЭП.

На расчетную схему (рис.2) и схемы замещения (рис.3, 4) наносим необходимые данные, выбираем и нумеруем точки КЗ.

Длина проводников принимается из чертежа 1 «План расположения и ЭСН ЭО прессового участка цеха »:

$L_{ВН}$  = м (длина линии ЭСН от внешнего источника ЭСН до трансформаторной)

$L_{кл1}$  = (длина линии ЭСН от ШНН трансформатора до РП 1)

$L_{ш}$  = (участок РП 1 до ответвления)

$L_{кл2}$  = (длина линии ЭСН от РП 1 до наиболее мощного потребителя).

					ПК.08.02.09.0768.00.00.00.ПЗ	Лист
						14
Изм.	Лист	№ докум	Подп.			

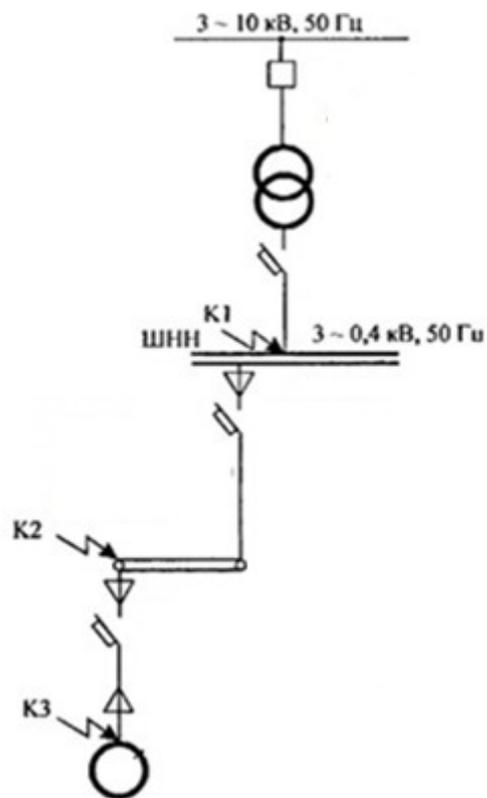


Рисунок 2 – Расчетная схема

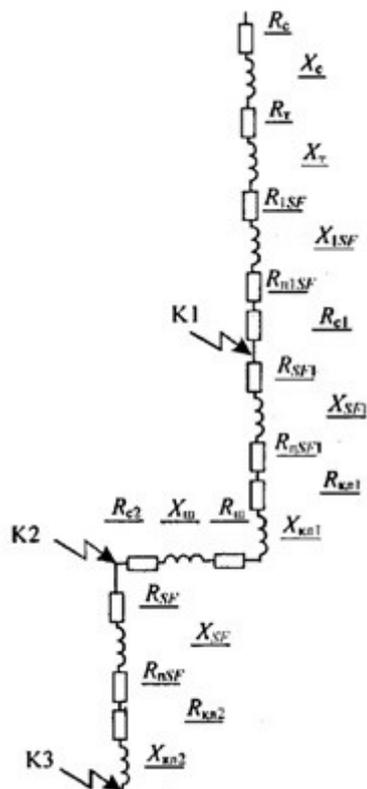


Рисунок 3 - Схема замещения

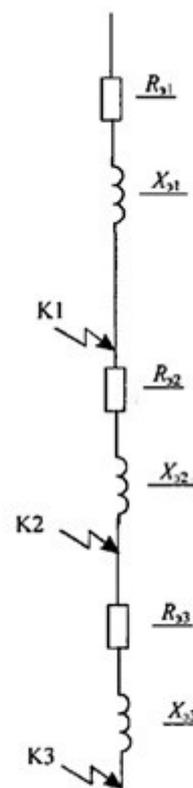


Рисунок 4 - Схема замещения

Изм.	Лист	№ докум	Подп.	

Рассчитываем токи КЗ в выбранных точках и заполняем таблицу 4 «Сводная ведомость токов КЗ по точкам».

Для определения токов КЗ используются следующие соотношения:

Для всей системы ЭСН ток сети

$$I_c = \frac{S_T}{\sqrt{3} V_c} \quad (38)$$

где  $S_T$  - мощность одного или двух трансформаторов, выбранных для установки с учетом потерь и компенсации реактивной мощности.

$U_c$  = напряжение, приходящее в трансформатор из энергосистемы.

Из таблицы 3.2.1 по значению тока сети  $I_c$  выбираем марку и сечение неизолированных проводов, прокладываемых снаружи.

Из таблицы 1.9.5 по выбранному сечению проводов записываем  $R_0$  и  $X_0$  (МОм/м).

$$R'_c = r_0 L_c \quad (39)$$

$$X'_0 = x_0 L_c \quad (40)$$

Сопротивление приводят к низшему напряжению НН трансформатора:

$$R_c = R'_c \left( \frac{V_{HH}}{V_{BH}} \right)^2; \quad (41)$$

$$X_c = X'_c \left( \frac{V_{HH}}{V_{BH}} \right)^2; \quad (42)$$

Для трансформатора \_\_\_\_\_ из таблицы 1.9.1 по значению мощности  $S_T$  записывают сопротивления  $R_T$ ,  $X_T$ ,  $Z^{(1)}_T$  (МОм).

$$R_T = \text{МОм}$$

$$X_T = \text{МОм}$$

$$Z^{(1)}_T = \text{МОм}$$

Для автоматов по значению токов  $I_{на}$  из таблицы 1.9.3 записывают сопротивления:

1SF 1000A  $R_{ISF} =$ ;  $X_{ISF} =$ ;  $R_{II SF} = (\text{МОм})$  – линия после трансформатора к ШНН.

SF1 400A  $R_{ISF} =$ ;  $X_{ISF} =$ ;  $R_{II SF} = (\text{МОм})$  – линия от ШНН к РП1.

					ПК.08.02.09.0768.00.00.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум	Подп.			16

SF 400 А  $R_{ISF} =$ ;  $X_{SF} =$ ;  $R_{IISF} = (мОм)$  – линия от РП1 к наиболее мощному приемнику.

Для ступеней распределения из таблицы 1.9.4 записывают  $R_{c1} = 20$  и  $R_{c2} = 30$  (мОм).

Составляется схема замещения (рис.2) для наибольшего по мощности двигателя и нумеруются точки КЗ в соответствии с расчетной схемой.

Упрощается схема замещения (рис.3), для чего вычисляются эквивалентные сопротивления на участках между точками КЗ и наносятся на схему:

$$R_{э1} = R_c + R_m + R_{1SF} + R_{n1SF} + R_{c1} . \quad (43)$$

$$R_{э2} = R_{SF1} + R_{nSF1} + R_{к11} + R_u + R_{c2} = R_{nSF1} + R_{к11} + R_u + R_{c2} . \quad (45)$$

$$X_{э2} = X_{SF1} + X_{к11} + X_u . \quad (46)$$

$$R_{э3} = R_{SF2} + R_{nSF2} + R_{к12} . \quad (47)$$

$$X_{э3} = X_{SF2} + X_{к12} . \quad (48)$$

Вычисляются сопротивления до каждой точки КЗ и заносятся в «Сводную ведомость»

Определяются ударные коэффициенты  $K_y$  по графику рис.1.9.1:

$$K_{y1} = F\left(\frac{R_{к1}}{X_{к1}}\right) \quad (49)$$

$$K_{y2} = F\left(\frac{R_{к2}}{X_{к2}}\right) \quad (50)$$

$$K_{y3} = F\left(\frac{R_{к3}}{X_{к3}}\right) \quad (51)$$

Коэффициент действующего ударного тока

$$q_1 = \sqrt{1 + 2(K_{y1} - 1)^2} . \quad (52)$$

Определяются 3-фазные токи КЗ и заносятся в «Ведомость»:

$$I_{к1}^{(3)} = \frac{U_{к1}}{\sqrt{3} \cdot Z_{к1}} = \frac{0,4 \cdot 10^3}{1,73 \cdot Z_{к1}} . \quad (53)$$

$$I_{к2}^{(3)} = \frac{U_{к2}}{\sqrt{3} \cdot Z_{к2}} = \frac{0,38 \cdot 10^3}{1,73 \cdot Z_{к2}} .$$

(54)

					ПК.08.02.09.0768.00.00.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лис	№ докум	Подп.			17

$$I_{\kappa 3}^{(3)} = \frac{U_{\kappa 3}}{\sqrt{3} \cdot Z_{\kappa 3}} = \frac{0,38 \cdot 10^3}{1,73 \cdot Z_{\kappa 3}}$$

(55)

Действующие значения трехфазного ударного тока:

$$I_{y\kappa 1} \dot{i} q_1 I_{\kappa 1}^{(3)} \quad (56)$$

$$I_{y\kappa 2} \dot{i} q_1 I_{\kappa 2}^{(3)} \quad (57)$$

$$I_{y\kappa 3} \dot{i} q_1 I_{\kappa 3}^{(3)} \quad (58)$$

Ударный ток КЗ:

$$i_{y\kappa 1} = \sqrt{2} K_{y1} I_{\kappa 1}^{(3)} \quad (59)$$

$$i_{y\kappa 2} = \sqrt{2} K_{y2} I_{\kappa 2}^{(3)} \quad (60)$$

$$i_{y3} = \sqrt{2} K_{y3} I_{\kappa 3}^{(3)} \quad (61)$$

Для двухфазного КЗ:

$$I_{\kappa 1}^{(2)} = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot I_{\kappa 1}^{(3)} \quad (62)$$

$$I_{\kappa 2}^{(2)} = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot I_{\kappa 2}^{(3)} \quad (63)$$

$$I_{\kappa 3}^{(2)} = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot I_{\kappa 3}^{(3)} \quad (64)$$

Заполняется таблица 4 «Сводная ведомость токов КЗ по точкам».

Составляется схема замещения для расчета 1-фазных токов КЗ и определяются сопротивления.

При расчете 1-фазных токов КЗ значение удельных индуктивных сопротивлений петли «Фаза-нуль» принимается равным:

$X_{оп} = 0,15$  мОм/м – для КЛ до 1 кВ и проводов в трубах,

$X_{оп} = 0,4$  мОм/м – для изолированных открыто проложенных проводов,

$X_{опш} = 0,2$  мОм/м – для шинпроводов.

Полное сопротивление петли «фаза-нуль» до 1 точки КЗ:

$$Z_{п1} = \sqrt{R_{п1}^2 + X_{п1}^2} \quad (65)$$

Полное сопротивление петли «фаза-нуль» до 2 точки КЗ:

$$Z_{п2} = \sqrt{R_{п2}^2 + X_{п2}^2} \quad (66)$$

$$R_{п2} = R_{c1} + R_{пкл1} + R_{пш} + R_{c2} \quad (67)$$

					ПК.08.02.09.0768.00.00.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лис	№ докум	Подп.			18

$$X_{П2} = X_{ПКЛ1} + X_{ПШ} \quad (68)$$

Полное сопротивление петли «фаза-нуль» до 3 точки КЗ:

$$Z_{П3} = \sqrt{R_{П3}^2 + X_{П3}^2} \quad (69)$$

$$R_{П3} = R_{n2} + R_{ПКЛ2} \quad (70)$$

$$X_{П3} = X_{П2} + X_{ПкЛ2} \quad (71)$$

$$I_{к1}^{(1)} = \frac{U_{кф}}{Z_{n1} + \frac{Z_m^{(1)}}{3}} \quad (72)$$

$$I_{к2}^{(1)} = \frac{U_{кф}}{Z_{n2} + \frac{Z_m^{(1)}}{3}} \quad (73)$$

$$I_{к3}^{(1)} = \frac{U_{кф}}{Z_{n1} + \frac{Z_m^{(1)}}{3}} \quad (74)$$

Окончательно заполняется сводная ведомость токов КЗ по точкам (таблица 4).

Выполнить проверки элементов ЭСН характерной линии по токам КЗ и потере напряжения. Аппараты защиты проверяют на надежность срабатывания/

По результатам проверки каждого аппарата (1SF, SF1, SF) делают вывод: Надежность срабатывания автоматов обеспечена. Иначе аппарат защиты заменяют на соответствующий условию.

1SF надежность срабатывания автомата обеспечена;

SF1 надежность срабатывания автомата обеспечена;

SF надежность срабатывания автомата обеспечена

Аппараты защиты проверяют на отключающую способность, согласно условию

$$I_{откл} \geq \sqrt{2} \cdot I_{\infty}^{(3)}, \quad (75)$$

где  $I_{откл}$  - ток автомата по каталогу, кА.

$I_{\infty}^{(3)}$  - 3-фазный ток КЗ в установившемся режиме, кА.

Аппараты защиты проверяют на отстройку от пусковых токов, согласно условиям

					ПК.08.02.09.0768.00.00.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лис	№ докум	Подп.			19

$$I_0 = I_{y(K3)} \geq I_{II}. \quad (76)$$

- для электродвигателя;

$$I_0 = I_{y(K3)} \geq I_{IIIK}. \quad (77)$$

- для распределительного устройства с группой ЭД,

где  $I_{y(K3)}$  - ток уставки автомата в зоне КЗ, кА;

$I_{II}$  - пусковой ток электродвигателя, кА.

Проводки (кабели) проверяют на соответствие выбранному аппарату защиты, согласно условию:

Для автоматов и тепловых реле

$$I_{доп} \geq K_{зщ} \cdot I_{y(II)}. \quad (78)$$

Для предохранителей

$$I_{доп} \geq K_{зщ} \cdot I_{вс}. \quad (79)$$

$I_{доп}$  - допустимый ток проводника по каталогу, А;  
где

$I_{y(II)}$  - ток уставки автомата в зоне перегрузки, А;

$K_{зщ}$  - кратность (коэффициент) защиты (таблица 1.10.1).

Проводки (кабели) проверяют на термическую стойкость по условию

$$S_{кл} \geq S_{кл.тс} \quad (80)$$

где  $S_{кл}$  - фактическое сечение кабельной линии, мм<sup>2</sup>.

$S_{кл.тс}$  - термически стойкое сечение КЛ, мм<sup>2</sup>.

КЛ1 (ШНН-ШМА) 1 ступень:

$$S_{кл1.тс} = \alpha \cdot I_{\infty}^{(3)} \cdot \sqrt{t_{ПР(1)}}. \quad (81)$$

КЛ2 (ШМА-двигатель) 2 ступень:

$$S_{кл2.тс} = \alpha \cdot I_{\infty}^{(3)} \cdot \sqrt{t_{ПР(2)}}. \quad (82)$$

					ПК.08.02.09.0768.00.00.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лис	№ докум	Подп.			20

где  $\alpha$  - термический коэффициент, принимается:

$$\alpha = 6 \text{ - для меди}$$

$I_{\infty}^{(3)}$  - установившийся трехфазный ток КЗ, кА;

$t_{пр}$  - приведенное время действия тока КЗ, с (таблица 1.10.3).

Шинопроводы проверяют на динамическую стойкость по условию

$$\sigma_{ш. доп} \geq \sigma_{ш}, \quad (83)$$

где  $\sigma_{ш. доп}$  - допустимое механическое напряжение в шинопроводе, Н/см<sup>2</sup>;

$\sigma_{ш}$  - фактическое механическое напряжение, Н/см<sup>2</sup>.

Динамическое действие токов КЗ. При прохождении тока в проводниках возникает механическая сила, которая стремится их сблизить (одинаковое направление тока) или оттолкнуть (противоположное направление тока).

Максимальное усиление на шину

$$F_M^{(3)} \geq 0,176 \cdot \frac{l}{a} \cdot i_V^2, \quad (84)$$

где  $F_M^{(3)}$  - максимальное усилие, Н;

$l$  - длина пролета между соседними опорами, см;

$a$  - расстояние между осями шин, см;

$i_V$  - ударный ток КЗ, трехфазный, кА.

При отсутствии данных  $l$  шинопровода принимается равным 1,5 - 3 - 4,5 - 6 м.

Величина  $a$  принимается 100, 150, 200 мм.

Наибольший изгибающий момент ( $M_{\max}$ , Н·см):

$M_{\max} = 0,125 \cdot F_M^{(3)} \cdot l$  - при одном-двух пролетах,

$M_{\max} = 0,1 \cdot F_M^{(3)} \cdot l$  - при трех и более пролетах.

Напряжение ( $\sigma$ , Н/см<sup>2</sup>) в материале шин от изгиба по формуле:

					ПК.08.02.09.0768.00.00.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум	Подп.			21

$$\sigma = \frac{M_{МАКС}}{W}, \quad (85)$$

где  $W$  - момент сопротивления сечения, см<sup>3</sup>:

Шинопроводы проверяют на термическую стойкость, согласно условию

$$S_{Ш} \geq S_{Ш.ТС}. \quad (86)$$

где  $S_{Ш}$ - фактическое сечение шинпровода, мм<sup>2</sup>.

$S_{Ш.ТС}$ - термически стойкое сечение шинпровода, мм<sup>2</sup>.

Термическое действие токов КЗ. Ток КЗ вызывает дополнительный нагрев токоведущих частей и аппаратов. Повышение температуры сверх допустимой снижает прочность изоляции, так как время действия тока КЗ до срабатывания защиты невелико (доли секунды - секунды), то согласно ПУЭ допускается кратковременное увеличение температуры токоведущих частей (таблица 1.10.2).

Минимальное термически стойкое сечение по формуле

$$S_{Ш.ТС} = \alpha \cdot I_{\infty}^{(3)} \cdot \sqrt{t_{ПР}}, \quad (87)$$

где  $\alpha$  - термический коэффициент

$I_{\infty}^{(3)}$  - установившийся 3-фазный ток КЗ, кА;

$t_{ПР}$ - приведенное время действия тока КЗ, с.

Время действия тока КЗ  $t_{Д}$  (таблица 1.10.3) имеет две составляющих: время срабатывания защиты  $t_{З}$  и время отключения выключателя  $t_{В}$ :

$$t_{Д} = t_{З} + t_{В}. \quad (88)$$

Шинопроводы проверяют по потере напряжения для характерной линии ЭСН с наиболее мощным ЭД или наиболее удаленным потребителем.

Наиболее целесообразный расчет по токам участков:

$$\Delta U = \frac{\sqrt{3} \cdot 10^2}{380} \cdot I \cdot l \cdot (r_0 \cdot \cos \varphi + x_0 \cdot \sin \varphi). \quad (89)$$

где  $\Delta U$  - потеря напряжения, %;

$U_{Н}$  - номинальное напряжение, В,

					ПК.08.02.09.0768.00.00.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум	Подп.			22

$$U_H = 380 \text{ В};$$

$I$  - ток участка, А;

$l$  - длина участка, км;

$L$  - расстояние от начала ответвления, км;

$P$  - активная мощность ответвления, кВт;

$Q$  - реактивная мощность ответвления, кВар;

$r_0, x_0$  - удельные активное и индуктивное сопротивления, Ом/км.

Наиболее целесообразную формулу применить для всех участков с различным сечением, а затем сложить результаты:

$$\Delta U = \Delta U_{KL1} + \Delta U_{KL2} + \Delta U_{III} \quad (90)$$

					ПК.08.02.09.0768.00.00.00.ПЗ	Лист
						23
Изм.	Лист	№ докум	Подп.			

### 3 СОСТАВЛЕНИЕ ВЕДОМОСТЕЙ МОНТИРУЕМОГО ЭО И ЭЛЕКТРОМОНТАЖНЫХ РАБОТ

					ПК.08.02.09.0768.00.00.00.ПЗ			
<i>Из</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпис</i>	<i>Дат</i>	Расчет ЭСН и ЭО прессового участка цеха	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Разраб.</i>		Юнусов Д.Р.				V	24	
<i>Провер.</i>		Плисова М.А.						
<i>Т.Конт.</i>								
<i>Н.Конт.</i>								
<i>Утв.</i>						КГАМТ гр.		

## 4 ОРГАНИЗАЦИОННЫЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ МЕРОПРИЯТИЯ БЕЗОПАСНОГО ПРОВЕДЕНИЯ РАБОТ С ЭЛЕКТРОУСТАНОВКАМИ ДО 1 кВ

Правила по охране труда при размещении, монтаже, техническом обслуживании и ремонте технологического оборудования (далее - Правила) устанавливают государственные нормативные требования охраны труда при проведении основных технологических операций и работ, связанных с размещением, монтажом, техническим обслуживанием и ремонтом стационарных машин, механизмов, устройств, приборов и другого стационарного оборудования, используемых при производстве промышленной продукции (далее - технологическое оборудование). Требования Правил обязательны для исполнения работодателями - юридическими лицами независимо от их организационно-правовых форм и физическими лицами (за исключением работодателей - физических лиц, не являющихся индивидуальными предпринимателями) при организации и осуществлении ими работ, связанных с размещением, монтажом, техническим обслуживанием и ремонтом технологического оборудования. На основе Правил и требований технической документации организации - изготовителя технологического оборудования работодателем разрабатываются инструкции по охране труда, которые утверждаются локальным нормативным актом работодателя с учетом мнения соответствующего профсоюзного органа либо иного уполномоченного работниками, осуществляющими работы, связанные с размещением, монтажом, техническим обслуживанием и ремонтом технологического оборудования (далее - работники), представительного органа (при наличии).

					ПК.08.02.09.0768.00.00.00.ПЗ			
<i>Из</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпис</i>	<i>Дат</i>	Расчет ЭСН и ЭО прессового участка цеха	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Разраб.</i>		Юнусов Д.Р.				V	25	
<i>Провер.</i>		Плисова М.А.				КГАМТ гр.		
<i>Т.Конт.</i>								
<i>Н.Конт.</i>								
<i>Утв.</i>								

В случае применения материалов, технологической оснастки и оборудования, выполнения работ, требования к безопасному применению и выполнению которых не регламентированы Правилами, следует руководствоваться требованиями соответствующих нормативных правовых актов, содержащих государственные нормативные требования охраны труда, и требованиями технической (эксплуатационной) документации организации-изготовителя.

Правила по охране труда при размещении, монтаже, техническом обслуживании и ремонте технологического оборудования (далее - Правила) устанавливают государственные нормативные требования охраны труда при проведении основных технологических операций и работ, связанных с размещением, монтажом, техническим обслуживанием и ремонтом стационарных машин, механизмов, устройств, приборов и другого стационарного оборудования, используемых при производстве промышленной продукции (далее - технологическое оборудование).

Требования Правил обязательны для исполнения работодателями - юридическими лицами независимо от их организационно-правовых форм и физическими лицами (за исключением работодателей - физических лиц, не являющихся индивидуальными предпринимателями) при организации и осуществлении ими работ, связанных с размещением, монтажом, техническим обслуживанием и ремонтом технологического оборудования.

На основе Правил и требований технической документации организации - изготовителя технологического оборудования работодателем разрабатываются инструкции по охране труда, которые утверждаются локальным нормативным актом работодателя с учетом мнения соответствующего профсоюзного органа либо иного уполномоченного работниками, осуществляющими работы, связанные с размещением, монтажом, техническим обслуживанием и ремонтом технологического оборудования (далее - работники), представительного органа (при наличии).

					ПК.08.02.09.0768.00.00.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум	Подп.			26

В случае применения материалов, технологической оснастки и оборудования, выполнения работ, требования к безопасному применению и выполнению которых не регламентированы Правилами, следует руководствоваться требованиями соответствующих нормативных правовых актов, содержащих государственные нормативные требования охраны труда, и требованиями технической (эксплуатационной) документации организации-изготовителя.

При выполнении работ, связанных с размещением, монтажом, техническим обслуживанием и ремонтом технологического оборудования (далее - работы), на работников возможно воздействие вредных и (или) опасных производственных факторов.

При организации выполнения работ, связанных с воздействием на работников вредных и (или) опасных производственных факторов, работодатель обязан принять меры по их исключению или снижению до уровней допустимого воздействия, установленных требованиями соответствующих нормативных правовых актов.

При невозможности исключения или снижения уровней вредных и (или) опасных производственных факторов до уровней допустимого воздействия в связи с характером и условиями производственного процесса проведение работ без обеспечения работников соответствующими средствами индивидуальной и коллективной защиты запрещается.

При организации выполнения работ, связанных с воздействием на работников вредных и (или) опасных производственных факторов, работодатель обязан принять меры по их исключению или снижению до уровней допустимого воздействия, установленных требованиями соответствующих нормативных правовых актов.

При невозможности исключения или снижения уровней вредных и (или) опасных производственных факторов до уровней допустимого воздействия в связи с характером и условиями производственного процесса проведение работ

					ПК.08.02.09.0768.00.00.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум	Подп.			27

без обеспечения работников соответствующими средствами индивидуальной и коллективной защиты запрещается.

Работодатель в зависимости от специфики своей деятельности и исходя из оценки уровня профессионального риска вправе:

1) устанавливать дополнительные требования безопасности, непротиворечащие Правилам. Требования охраны труда должны содержаться в соответствующих инструкциях по охране труда, доводиться до работника в виде распоряжений, указаний, инструктажа;

2) в целях контроля за безопасным производством работ применять приборы, устройства, оборудование и (или) комплекс (систему) приборов, устройств, оборудования, обеспечивающие дистанционную видео-, аудио- или иную фиксацию процессов производства работ. Допускается возможность ведения документооборота в области охраны труда в электронном виде с использованием электронной подписи или любого другого способа, позволяющего идентифицировать личность работника, в соответствии с законодательством Российской Федерации.

					ПК.08.02.09.0768.00.00.00.ПЗ	Лист
						28
Изм.	Лист	№ докум	Подп.			



## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Киреева Э.А., Орлов В.В., Старкова Л.Е. Электроснабжение цехов промышленных предприятий.: НТФ «Энергопрогресс», 2019. – 120 с.; ил. Библиотечка электротехника, приложение к журналу «Энергетик», вып.12(60).
2. Шеховцов В.П. Расчет и проектирование схем электроснабжения. Методическое пособие для курсового проектирования. - М.: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2018. - 214 с., ил. (Профессиональное образование).
3. Правила устройства электроустановок ПУЭ 7 изд. - 2019
4. Акимова Н.А., Котеленец Н.Ф., Сентирюхин Н.И. Монтаж, техническая эксплуатация и ремонт электрического и электромеханического оборудования - М.: Издательский центр «Академия», 2018.
5. Сибикин Ю.Д., Сибикин М.Ю. Электробезопасность при эксплуатации электроустановок промышленных предприятий, - М.: Высш. шк., Издательский центр «Академия», 2019.
6. Сибикин Ю.Д., Сибикин М.Ю., Техническое обслуживание, ремонт электрооборудования и сетей промышленных предприятий: В 2 кн. - М.: Высш. шк., Издательский центр «Академия», 2018.
7. ГОСТ 16110, СТ СЭВ 1103. Трансформаторы силовые. Термины и определения.
8. ГОСТ 16264.1, СТ СЭВ 4438. Двигатели асинхронные. Общие технические условия.
9. СНиП 3.05.06-85 Электротехнические установки.

**Расставить по алфавиту**

					ПК.08.02.09.0768.00.00.00.ПЗ		
<i>Из</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпис</i>	<i>Дат</i>	Расчет ЭСН и ЭО прессового участка цеха  КГАМТ гр.		
<i>Разраб.</i>		Юнусов Д.Р.					
<i>Провер.</i>		Плисова М.А.					
<i>Т.Конт.</i>							
<i>Н.Конт.</i>							
<i>Утв.</i>					<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
					V	30	