

					<b>ДП-ФЮРА.3710000.191.ПЗ</b>			
<i>Изм</i>	<i>Лист.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>	<b>Содержание</b>	<i>Лит</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Выполнил</i>	<i>Довыденко Н.Г.</i>							
<i>Руковод</i>	<i>Герасимов Д.Ю.</i>							
						<b>НИТПУ ЭНИН гр. 39301</b> 2		

## Содержание пояснительной записки дипломного проекта

Введение	4
1 Исходные данные	13
2 Определение расчетной электрической нагрузки корпуса 420 (408 цеха полимеризации)	18
3 Определение расчетной нагрузки предприятия в целом	23
4 Расчет картограммы нагрузок и определение центра электрических нагрузок завода	30
5 Проектирование системы внешнего электроснабжения	36
6 Внутризаводское электроснабжение	42
7 Расчет токов короткого замыкания в сети свыше 1000 В	53
8 Выбор и проверка аппаратов в сети свыше 1000 В	60
9 Электроснабжение корпуса 420 (408 цеха полимеризации)	68
10 Расчет токов короткого замыкания в сети 0,4 кВ	85
11 Построение карты селективности действия аппаратов защиты	88
12 Построение эпюры отклонения напряжения	90
13 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	95
14 Социальная ответственность	110
15 Специальный вопрос	136
16 Заключение	145
17 Список литературы	149



## **ВВЕДЕНИЕ**

### **Отходы производства и потребления**

За период эксплуатации на сложилась система обращения с опасными отходами производственно-хозяйственной деятельности (включая их образование, обезвреживание, использование, транспортировку, отдельное хранение, реализацию, захоронение и учет), которая была лицензирована в 2005г.

В настоящее время осуществляется работа по инвентаризации аспектов деятельности в области обращения с опасными отходами для экологического обоснования этой деятельности с целью получения новой лицензии.

На предприятии разработан проект нормативов образования отходов, согласованы паспорта на опасные отходы и получено разрешение на их размещение согласно установленным лимитам. Во всех подразделениях назначены ответственные лица, прошедшие профессиональную подготовку на право обращения с опасными отходами, подтвержденную сертификатами установленного образца. С 2004 по 2009 гг. в прошли обучение по обращению с опасными отходами 146 инженерно-технических работников.

Примерно половина отходов производства и потребления реализуется сторонним организациям, имеющим лицензии на право обращения с опасными отходами, для дальнейшей переработки. Это атактический полипропилен, отходы полиэтилена и полипропилена, отработанные масла и автопокрышки, цветные и черные металлы. С целью снижения объема и класса опасности часть производственных отходов проходит термическое обезвреживание.

Отходы производства и потребления, не подлежащие дальнейшему использованию, размещаются в специализированных городских организациях (ртутные лампы и термометры, промасленные отходы, отработанные автопокрышки, отходы лакокрасочных средств) на основании заключенных договоров.

В имеется также собственный накопитель производственных отходов, состоящий из двух специально оборудованных карт с гидроизоляционным покрытием, в котором осуществляется захоронение отходов 2-5 классов опасности с учетом раздельного хранения твердых и жидких (пастообразных) масс.

Регулярные наблюдения за состоянием объектов окружающей среды, контроль за соблюдением правил эксплуатации накопителя отходов осуществляется отделом охраны окружающей среды, ЦЛАК ОСиПС и государственными надзорными органами в соответствии с утвержденными графиками контроля и Программой мониторинга.

### **Водопользование и водоотведение**

Вода для производственных нужд предприятия поступает из реки Томь через собственную систему водозабора, оборудованную рыбозащитными устройствами.

Имеется договор на спецводопользование с Администрацией Томской области, забор речной воды осуществляется в пределах установленного лимита.

Питьевая вода поступает на предприятие из водопровода г. Северска.

Все сточные воды предприятия, производственные, хозяйственно-бытовые и ливневые, в том числе, в соответствии с проектом проходят полную биологическую очистку на городских очистных сооружениях. Кроме этого, на производствах имеются локальные очистные сооружения, через которые проходят химически загрязненные стоки перед сбросом на биологическую очистку. С целью сокращения объемов потребления воды на производственные нужды предусмотрена организация систем оборотного водоснабжения на каждом производстве. В настоящее время в ООО функционирует система экологического менеджмента (СЭМ), в которую вовлечен весь персонал Общества, имеется вся разрешительная и нормативно-техническая документация по вопросам ООС, необходимая для

осуществления производственной деятельности в соответствии с требованиями действующего природоохранного законодательства.

### **Модернизация производства**

Концепция развития предприятия в составе направлена на расширение и модернизацию действующих производств, выпуск конкурентоспособной продукции, внедрение современных технологий, освоение нового ассортимента. Реконструкция затронет два основных производства площадки – производства полипропилена и полиэтилена высокого Целью проекта является коренная модернизация производства, в результате чего предприятие сможет перейти на выпуск более качественной и современной продукции. Также за счет перехода на современную технологию суммарные мощности по производству полипропилена и ПЭВД планируется увеличить с 375 до 410 тыс. тонн в год. Подготовительные работы по реализации проекта начались в 2012 году.

**ДП-ФЮРА.3710000.191.ПЗ**

Изм	Лист.	№ докум.	Подпись	Дата				
Выполнил		Довыденко Н.Г.			Исходные данные	Лит	Лист	Листов
Руковод		Герасимов Д.Ю.						
					НИТПУ ЭНИН гр. 39301			
					8			

## Исходные данные

Таблица 1. Ведомость электрических нагрузок по цехам производства.

№ цеха	Название цеха	Установленная мощность, кВт
1	к.420 (408 цех полимеризации этилена)	8000
2	к.423 (408 цех полимеризации этилена)	1300
3	к.424 (408 цех полимеризации этилена)	1300
4	к.425 (408 цех полимеризации этилена)	1200
5	к.433 (409 цех ректификации)	1700
6	к.428(410 цех доп переработки)	2500
7	к.431 (410 цех доп переработки)	1900
8	к.432 (Управление производством)	--

Таблица 2. Типы и мощности электроприемников к.420 отделения компрессии (ц.408).

№ П/л	Номер на плане	Наименование	Кол-во	$K_{\eta}$	$\cos \varphi$
1	1-2	Насос шестеренный	2	0.65	0.7
2	3-4	Насос лубрикаторный	2	0.9	0.9
3	5-13	Насос лубрикаторный	9	0.9	0.9
4	14-38	Насос шестеренный	25	0.6	0.85
5	39-42	Насос лубрикаторный	4	0.7	0.9
6	43-58	Насос аксиально-поршневой	16	0.75	0.8
7	59-62	Насос аксиально-поршневой	4	0.9	0.9
8	63-70	Насос шестеренный	8	0.6	0.85
9	71-74	Насос шестеренный	4	0.7	0.85
10	75-82	Насос 3-х винтовой	8	0.8	0.8
11	83-86	Насос 3-х винтовой	4	0.65	0.8
12	87-91	Насос 3-х винтовой	4	0.6	0.8
13	92	Шестеренный Насос	1	0.7	0.7

Таблица 3. Характеристика среды производственных помещений и категории ЭП по степени бесперебойности питания.

Наименование цеха	Характеристика производственной среды	Категория ЭП по степени бесперебойности питания по ПУЭ
Цех полимеризации	В-1а	I
Цех ректификации	В-1а	I
Цех доп переработки	В-1а	I

Генеральный план завода по производству полиэтилена ООО «Томскнефтехим» и корпуса 420 (408 цех полимеризации этилена) с планом расположения электроприемников, представлены на рисунках 1 и 2.

## 2. Определение расчетной электрической нагрузки корпуса 420 (408 цех полимеризации)

Правильное определение ожидаемых электрических нагрузок – основа рационального решения всего комплекса технологических вопросов при проектировании электроснабжения предприятия.

Для ЭП группы Б (с практически постоянным графиком нагрузки) коэффициент максимума  $K_m$  принимается равным 1, поэтому эффективное число ЭП  $n_e$  не рассчитываем. Расчетная активная и реактивная мощность принимается равной средней за наиболее загруженную смену.

Расчетная активная мощность:

Расчетная реактивная мощность:

Расчетная нагрузка осветительных приемников цеха определяется по установленной мощности и коэффициенту спроса:

Установленная мощность:

Определим суммарную расчётную активную мощность с учётом освещения:

Следовательно, полная расчётная мощность с учётом освещения будет равна:

Таблица 4. Общая нагрузка электроприемников по корпусу 420.

№ п/п	Наименование узлов питания и групп электроприемников	Количество ЭП, n	Установленная мощность, приведенная к ПВ = 100%		$m = P_{н \max} / P_{н \min}$	Коэффициент использования $K_{н}$	Cosφ, tgφ	Средняя нагрузка за максимально загруженную смену		Эффективное число Электроприемников $n_{э}$	Коэффициент максимума $K_{м}$	Максимальная нагрузка		
			(наименьшее)	Общая $P_{н}$ , кВт.				$P_{см} = K_{н} \times P_{ном}$ , кВт.	$Q_{см} = tgφ \times P_{см}$ , ВАр			$P_{м} = K_{м} \times P_{см}$ кВт	$Q_{см} = 1.1 \times Q_{см} (n < 10)$	$P_{м} = K_{м} \times P_{см}$ кВт
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Электроприемники группы Б														
1	Насос шестеренный	2	1,8	3,6		0,65	0,7/1,02	2,3	2,4					
2	Насос лубрикаторный	2	7,5	15		0,9	0,9/0,48	13,5	6,5					
3	Насос лубрикаторный	9	4	36		0,9	0,9/0,48	32,4	15,6					
4	Насос шестеренный	25	2,2	55		0,6	0,85/0,61	33,0	20,1					
5	Насос лубрикаторный	4	30	120		0,7	0,9/0,48	84,0	40,3					
6	Насос аксиально-поршневой	16	22	352		0,75	0,8/0,75	264,0	198,0					
7	Насос аксиально-поршневой	4	4	16		0,9	0,9/0,48	14,4	6,9					
8	Насос шестеренный	8	28	224		0,6	0,85/0,61	134,4	82,0					
9	Насос шестеренный	4	30	120		0,7	0,85/0,61	84,0	51,2					
10	Насос 3-х винтовой	8	22	176		0,8	0,8/0,75	140,8	105,6					
11	Насос 3-х винтовой	4	13	52		0,65	0,8/0,75	33,8	25,4					
12	Насос 3-х винтовой	4	25	100		0,6	0,8/0,75	60,0	45,0					
13	Шестеренный Насос	1	1,5	1,5		0,7	0,7/1,02	1,1	1,1					
Итого группы Б		91	1,5-30	1271,1	-	-	-	897,7	600,0	-	1,0	897,7	600,0	
Итого силовая нагрузка по цеху		91	1,5-30	1271,1	-	-	-	897,7	600,0	-	-	897,7	600,0	

Электрическое освещение	-	-	255	-	0,95	-	242,0	-	-	-	163,4	-	
<b>Итого по цеху</b>	91	1,5-30	1526,1	-	-	-	1139,7	1706,6	-	-	<b>1061,1</b>	<b>600,0</b>	<b>1219,0</b>

**ДП-ФЮРА.3710000.191.ПЗ**

Изм	Лист.	№ докум.	Подпись	Дата				
Выполнил		Довыденко Н.Г.			<i>Определение расчетной нагрузки завода в целом</i>	Лит	Лист	Листов
Руковод		Герасимов Д.Ю.						
					НИТПУ ЭНИН гр. 39301			

### 3. Определение расчетной нагрузки завода в целом

Расчет электрических нагрузок завода определяем по методу коэффициента спроса.

Полная расчетная мощность предприятия определяется по расчетным активным и реактивным нагрузкам цехов (до и выше 1000 В) с учетом расчетной нагрузки освещения цехов и территории предприятия, потерь мощности в трансформаторах цеховых подстанций и ГПП, а так же и потерь в ЛЭП.

Расчетная нагрузка (активная и реактивная) силовых приемников цехов определяются из

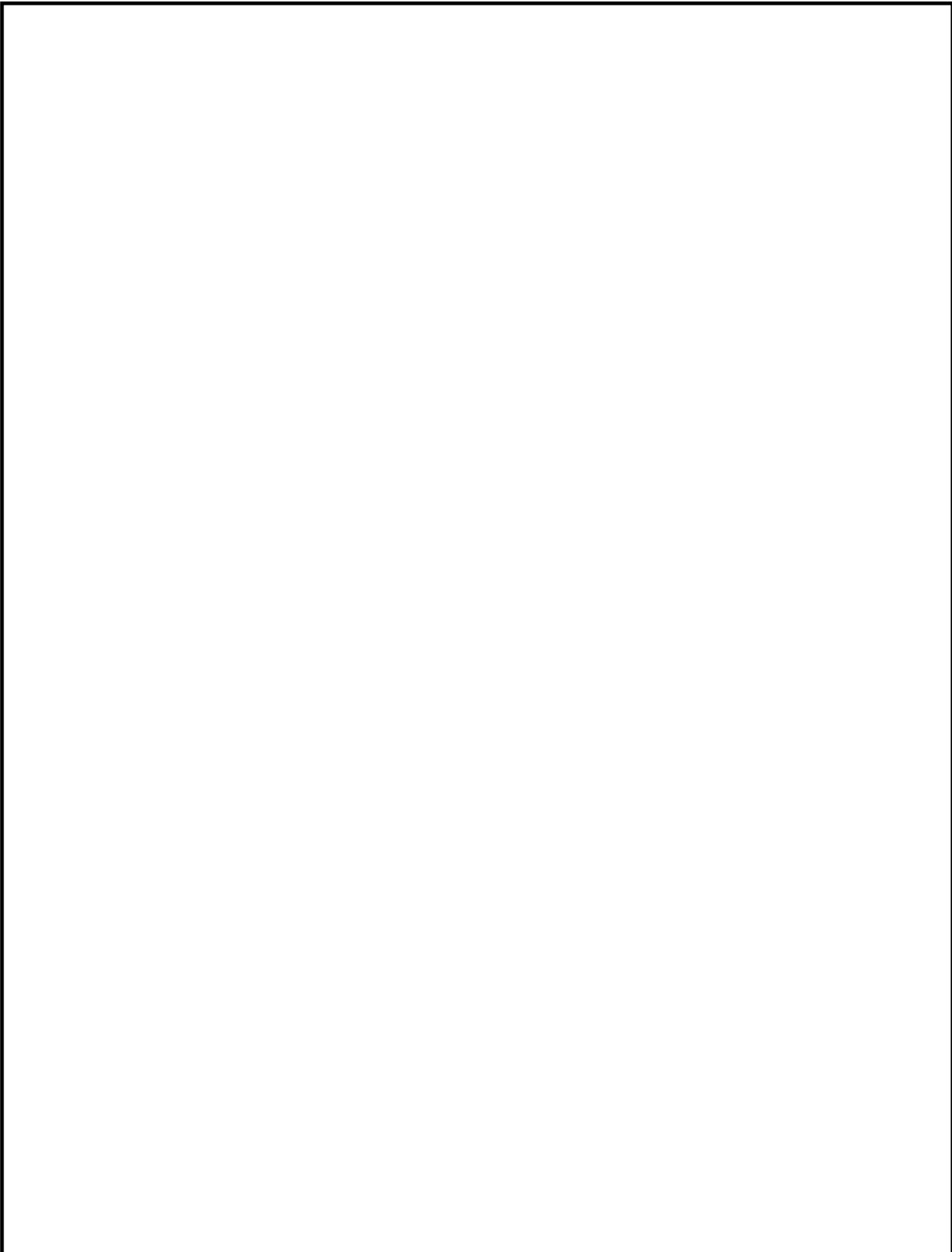
Расчет осветительной нагрузки предприятия идентичен расчету осветительной нагрузки цеха. Но в данном случае плотность нагрузки на единицу площади принимается 10–20 Вт/м<sup>2</sup>, а коэффициент спроса по осветительной нагрузке  $K_{co} = 0,6–1,0$ , в зависимости от принадлежности производственного здания к той или иной группе помещений [1, табл. П2.2].

Приемники напряжением выше 1000 В рассчитываются отдельно. Расчетная активная и реактивная мощности групп приемников выше 1000 В определяется по тем же формулам. Расчет силовых и осветительных нагрузок по цехам представлен в таблице 5.

Таблица 5. Расчетная силовая и осветительная нагрузка по заводу.

№	Наименование потребителей (цехов)	Силовая нагрузка					Осветительная нагрузка					Силовая и осветительная нагрузки		
		$P_n$ , кВт	$K_c$	$\cos\varphi$ / $\text{tg}\varphi$	$P_p$ , кВт	$Q_p$ , кВАр	$F$ , $\text{м}^2$	$P_{уд\ o}$ , $\text{Вт}/\text{м}^2$	$P_{но}$ , кВт	$K_{co}$	$P_{po}$ , кВт	$P_p+P_{po}$ , кВт	$Q_p$ , кВАр	$S_p$ , кВА
Потребители электроэнергии 0,38 кВ														
1	к.420 (408 цех полимеризации этилена)	1271	1	0,80/0,75	897,7	600,0	15000	17	255	0,95	242	1139,7	600,0	1288,0
2	к.423 (408 цех полимеризации этилена)	1300	1	0,80/0,75	975,0	731,3	1000	16	16	0,85	13,6	988,6	731,3	1229,7
3	к.424 (408 цех полимеризации этилена)	1300	1	0,80/0,75	975,0	731,3	1000	17	17	0,95	16,15	991,15	731,3	1231,7
4	к.425 (408 цех полимеризации этилена)	1200	1	0,80/0,75	900,0	675,0	7000	17	119	0,95	113,05	1013,05	675,0	1217,3
5	к.433 (409 цех ректификации)	1700	1	0,80/0,75	1275,0	956,3	6000	17	102	0,95	96,9	1371,9	956,3	1672,3
6	к.428(410 цех доп переработки)	2500	1	0,80/0,75	1875,0	1406,3	21000	17	357	0,95	339,15	2214,15	1406,3	2623,0
7	к.431 (410 цех доп переработки)	1900	1	0,80/0,75	1140,0	855,0	16000	17	272	0,95	258,4	1398,4	855,0	1639,1
8	к.432 (Управление производством)	300	1	0,7/1,02	180,0	183,6	1500	16	24	0,85	20,4	200,4	183,6	271,8
Территория завода		–	–	–	–	–	□□□□	0,16	30,1	1	30,1	30,128	–	30,1

						□□								
<b>Итого по 0,38 кВ</b>		11471	□	□	8217,7	6138,6	212200	□	1192,1 28	□	1129,7 78	<b>9347,478</b>	<b>6138,6</b>	<b>11182,9</b>
Потребители электроэнергии 10 кВ														
9	к.420(408 цех полимеризации)	6700	1	0,80/0,75	5025,0	3768,8	□	□	□	□	□	5025	3768,8	6281,3
<b>Итого по 10 кВ</b>		6700	□	□	5025,0	3768,8	□	□	□	□	□	<b>5025</b>	<b>3768,8</b>	<b>6281,3</b>



					<b>ДП-ФЮРА.3710000.191.ПЗ</b>			
<i>Изм</i>	<i>Лист.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>	<i>Картограмма и определение центра электрических нагрузок</i>	<i>Лит</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Выполнил</i>	<i>Довыденко Н.Г.</i>							
<i>Руковод</i>	<i>Герасимов Д.Ю.</i>							
						<i>НИТПУ ЭНИН гр. 39301</i>		18

#### 4. Картограмма и определение центра электрических нагрузок

Для определения места расположения ГПП на генплане промышленного предприятия наносится картограмма электрических нагрузок. Картограмма нагрузок представляет собой размещенные на генплане предприятия площади, ограниченные кругами, которые в определенном масштабе соответствуют расчетным нагрузкам цехов. Радиусы окружностей для каждого цеха определяются из выражения:

Силовые нагрузки до и выше 1000 В изображаются отдельными кругами. Считаем, что нагрузка по цеху распределена равномерно, поэтому центр нагрузок совпадает с центром тяжести фигуры, изображающей цех на плане.

Осветительная нагрузка наносится в виде сектора круга, изображающего нагрузку до 1000 В. Угол сектора определяется по формуле:

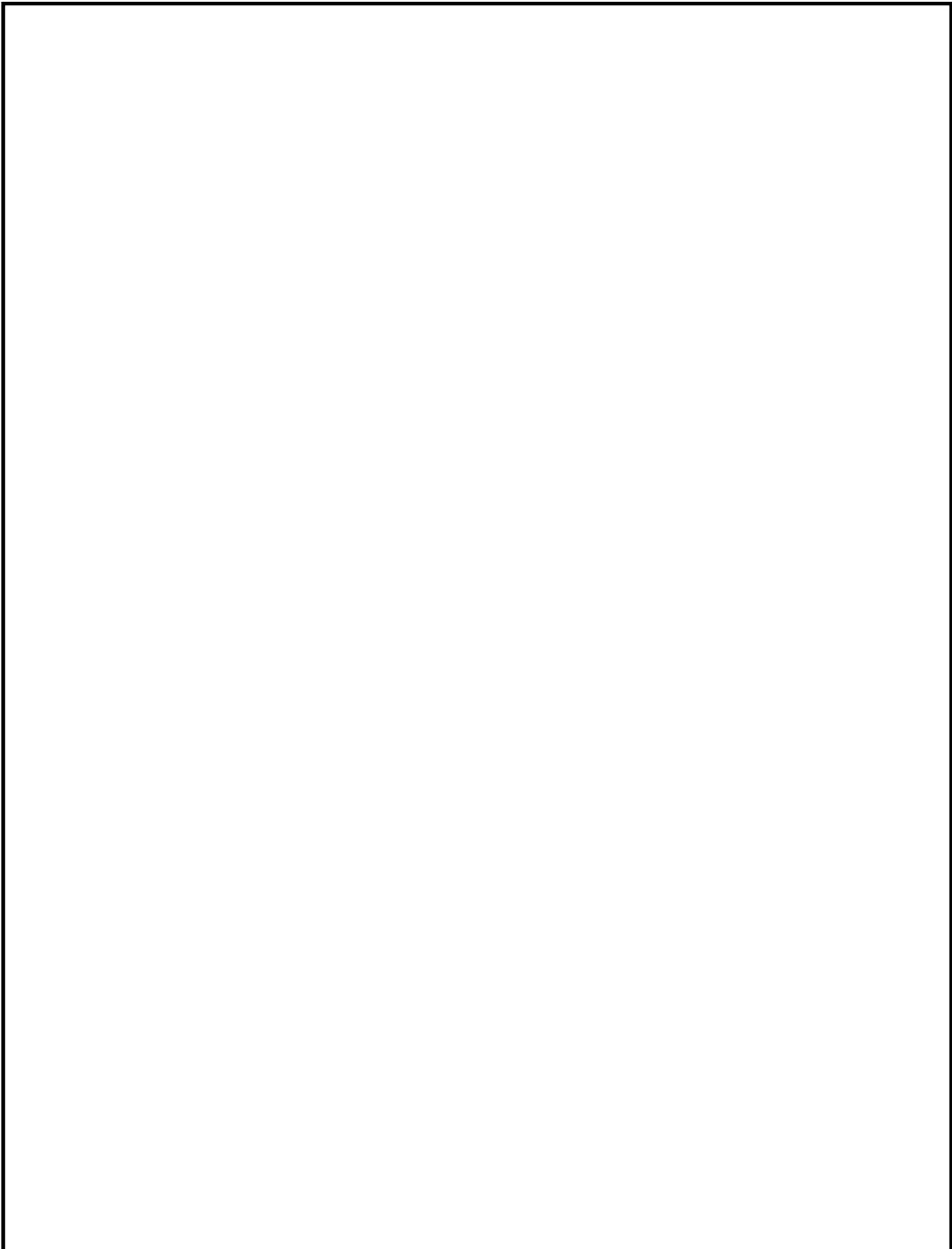
На генплан завода произвольно наносятся оси координат и определяются значения  $x_i$  и  $y_i$  для каждого цеха. Координаты центра электрических нагрузок завода  $x_0$  и  $y_0$  определяются по формулам:

Таблица 6. Расчетные данные для построения картограммы нагрузок.

№ цеха	$S_{pi}$ , кВт	$P_{po}$ , кВт	$r$ , мм	$\alpha$ , град	$x_i$ , м	$y_i$ , м	$S_{p\Sigma i} \cdot x_i$ , кВт·м	$S_{p\Sigma i} \cdot y_i$ , кВт·м
Потребители 0,38 кВ								
к.420 (408 цех полимеризации этилена)	1288	242	101,3	67,6	34	90	43792	115920
к.423 (408 цех полимеризации этилена)	1229,7	13,6	98,9	4,0	58	82	71322,6	100835,4
к.424 (408 цех полимеризации этилена)	1231,7	16,15	99,0	4,7	83	71	102231,1	87450,7

к.425 (408 цех полимеризации этилена)	1217,3	113,05	98,4	33,4	108	83	131468,4	101035,9
к.433 (409 цех ректификации)	1672,3	96,9	10,9	20,9	58	170	96993,4	284291
к.428(410 цех доп переработки)	2623	339,15	144,5	46,5	100	132	262300	346236
к.431 (410 цех доп переработки)	1639,1	258,4	114,2	56,8	70	15	114737	24586,5
к.432 (Управление производством )	271,8	20,4	46,5	27,0	18	23	4892,4	6251,4
Потребители 10 кВ								
к.420 (408 цех полимеризации этилена)	6700	–	231,0	–	34	90	227800	603000
<b>Итого:</b>	<b>17872</b>	<b>1100</b>	–	–	–	–	<b>1055537</b>	<b>1669607</b>

Генплан предприятия с картограммой нагрузок показан на рис. 3, из которого видно, что в расчетном центре электрических нагрузок ГПП разместить не возможно, вследствие недостаточности места для установки распределительного устройства и силовых трансформаторов на напряжение 110 кВ (минимальные габаритные размеры ГПП 40×40 м). Таким образом, размещаем ГПП на территории завода со смещением в сторону подстанции энергосистемы, расположенной на расстоянии 5 км.



**ДП-ФЮРА.3710000.191.ПЗ**

Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Выполнил		Довыденко Н.Г.			Схема внешнего электрообеспечения	Лит	Лист	Листов
Руковод		Герасимов Д.Ю.						
					НИТПУ ЭНИН гр. 39301			

## **5. Схема внешнего электроснабжения**

Основные требования к схеме внешнего электроснабжения:

1. Необходимая надёжность электроснабжения;
2. Простота и удобство в эксплуатации;
3. При аварийной ситуации, выхода из строя одной ЛЭП или одного трансформатора, оставшиеся в работе должны принять на себя полностью или частично нагрузку с учётом допустимой перегрузки в послеаварийном режиме;
4. Учитывать перспективу развития предприятия;
5. Обеспечивать возможность проведения ремонтных работ и послеаварийных работ.

### **5.1. Выбор трансформаторов ГПП**

Правильный технически и экономически обоснованный выбор числа и мощности трансформаторов для ГПП имеет существенное значение для рационального построения схем электроснабжения.

Выбор мощности трансформаторов ГПП производится по расчётной мощности завода с учётом коэффициента загрузки трансформатора в нормальном и послеаварийном режиме, а также с учётом перегрузочной способности трансформатора.

При этом при выходе из работы одного трансформатора, оставшийся в работе должен обеспечивать стабильное электроснабжение предприятия на время замены или ремонта неисправного трансформатора с учётом возможного ограничения нагрузки без ущерба для основной деятельности предприятия.

Основные потребители электроэнергии на предприятии относятся к I категории потребителей по надёжности электроснабжения, что говорит о необходимости установки на ГПП двух трансформаторов.

Мощность трансформатора определяется по формуле:

где:  $\beta_T$  – коэффициент загрузки трансформатора (для потребителей I категории  $\beta_T = 0,7$ ).

Из стандартного ряда номинальных мощностей силовых двухобмоточных трансформаторов выбираем трансформатор [9, табл.3.5 и табл. 3.6]: ТДН - 16000/110.

Таблица 7. Справочные данные трансформаторов ГПП.

Марка	$S_{ном}$ , кВА	$U_{вн}$ , кВ	$U_{нн}$ , кВ	$P_{хх}$ , кВт	$P_{кз}$ , кВт	$U_k$ , %	$I_{хх}$ , %
ТМН-16000/110	16000	115	11	19	85	10,5	0,7

Определим коэффициент загрузки трансформатора в нормальном режиме:

Произведём проверку. В послеаварийном режиме мощность одного трансформатора, работающего с допустимой перегрузкой должна превышать расчётные мощности потребителей:

Таким образом, в послеаварийном режиме один трансформатор ГПП обеспечит нормальную работу потребителей.

## 5.2. Выбор сечения проводов воздушной ЛЭП

### 5.3.

Воздушные ЛЭП будем выполнять сталеалюминевыми проводами, сечение проводов ( $F$ , мм<sup>2</sup>) определяем по экономической плотности тока:

где:  $I_p$  – расчетный ток, А;

$j_{эк} = 1,0$  А/мм<sup>2</sup> – нормированное значение экономической плотности тока, принимается по справочным данным.

Расчетный ток:

- в нормальном режиме:

- в аварийном режиме:

Принимаем: АС-70/11,  $I_{доп} = 265$  А [9, табл. 7-30].

Выбранное сечение проверяем по:

1. условию нагрева расчетным и аварийным током:

$F = 70 \text{ мм}^2$  по условию нагрева расчетным и аварийным током –  
проходит.

2. По условию механической прочности:

$F = 70 \text{ мм}^2$  по условию механической прочности – проходит.

3. По условию “коронирования”:

Для  $U_n = 110 \text{ кВ}$ ,  $F \geq 70 \text{ мм}^2$

$F = 70 \text{ мм}^2$  по условию “коронирования” – проходит.

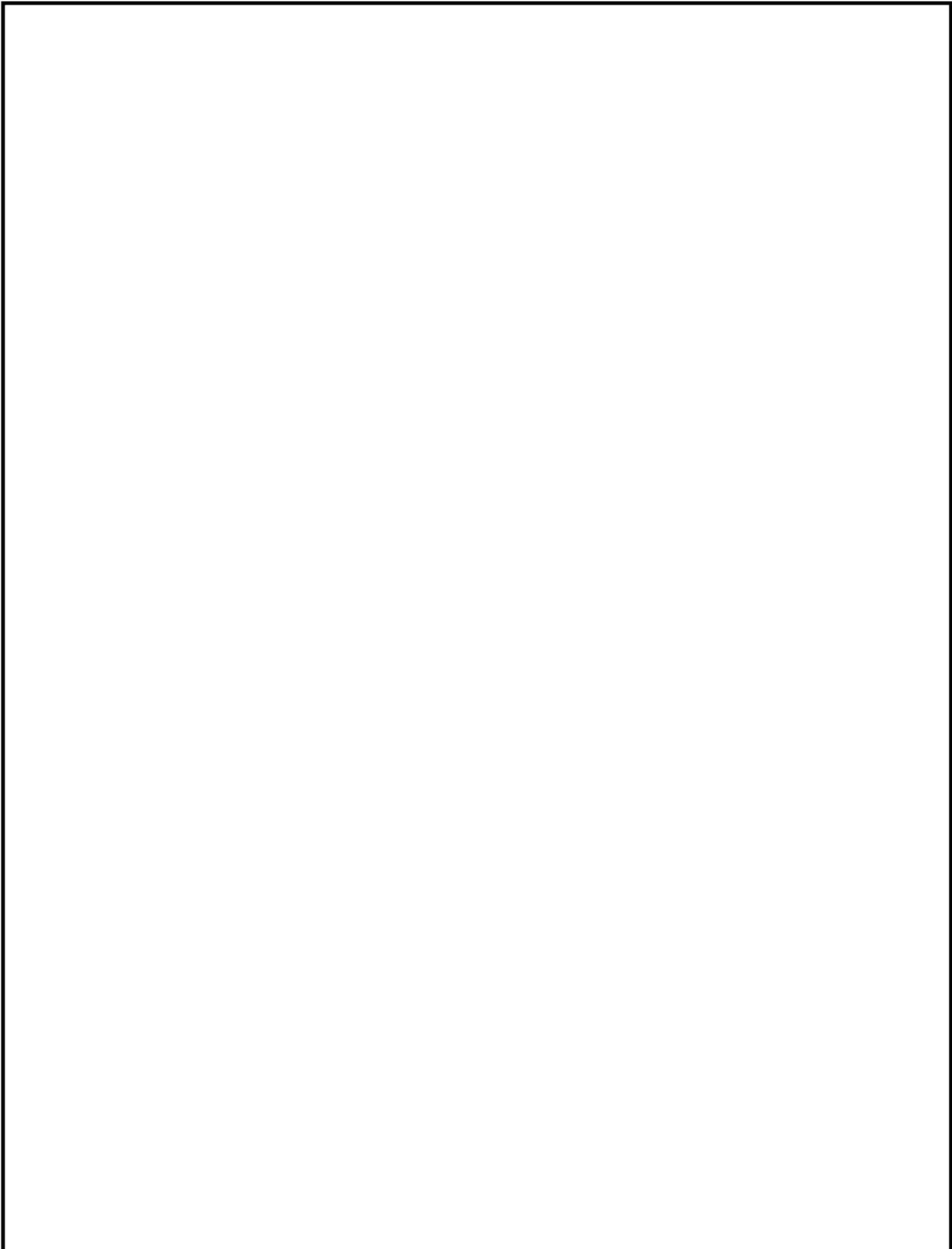
4. По условию потере напряжения:

где:  $\ell_{\text{доп}}$  – допустимая длина линии;

$\ell_{\text{фак}} = 5 \text{ км}$  – фактическая длина ЛЭП;

$\Delta U\% = 5 \%$  – нормально допустимое отклонение напряжения от  
номинального;

$F = 70 \text{ мм}^2$  по условию потери напряжения – проходит.



					<b>ДП-ФЮРА.3710000.191.ПЗ</b>			
<i>Изм</i>	<i>Лист.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>				
<i>Выполнил</i>	<i>Довыденко Н.Г.</i>					<i>Лит</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Руковод</i>	<i>Герасимов Д.Ю.</i>							
					<b>Внутризаводское электроснабжение</b>	<b>НИТПУ ЭНИН гр. 39301</b> 25		

## 6. Внутривзаводское электроснабжение

### 6.1. Выбор числа и мощности цеховых трансформаторов

При установке на крупных промышленных предприятиях группы цеховых трансформаторов их номинальная мощность определяется плотностью нагрузки и выбирается, как правило, одинаковой для всей группы. Удельная плотность нагрузки определяется по формуле:

$\beta_T$  – коэффициент загрузки трансформаторов, в нормальном режиме принимается 0,7.

Принимаем  $N = 12$ .

Таблица 7. Справочные данные цеховых трансформаторов.

Марка	$S_{ном}$ , кВА	$U_{вн}$ , кВ	$U_{нн}$ , кВ	$P_{хх}$ , кВт	$P_{кз}$ , кВт	$U_k$ , %	$I_{хх}$ , %
ТМН-1600/10	1600	10	0,4	3,3	18	5,5	1,3

### 6.2. Баланс реактивной мощности

С помощью баланса реактивной мощности произведём: выбор экономически обоснованного числа цеховых трансформаторов и источников реактивной мощности, рассчитаем мощности КУ, произведём рациональное распределение компенсирующих устройств по классам напряжения. Схема распределения реактивных мощностей показана на рисунке 5.

Рисунок 5. Схема распределения реактивных мощностей.

где:  $Q_{ном}$  – номинальная реактивная мощность, которую может вырабатывать СД, мощностью 1 МВт, в режиме перевозбуждения [5];

Реактивная мощность, поступающая из энергосистемы:

Реактивная мощность на шинах ГПП, напряжением 10 кВ:

Реактивная мощность, которую могут пропустить цеховые трансформаторы:

Расчетная низковольтная реактивная мощность:

Мощность низковольтных конденсаторных батарей:

Принимаем конденсаторные установки типа: УК-0,38-50; в количестве 114 шт, суммарной мощностью:

Мощность высоковольтных конденсаторных батарей:

### 6.3. Распределение трансформаторов по цехам завода

Определяем активную нагрузку на один трансформатор:

Определим число трансформаторов по цехам завода:

Таблица 8. Число трансформаторов по цехам завода.

№ цеха	Наименование цехов	$P_p^H + P_{po}$ кВт	Кол-во трансформаторов N, шт.
1	к.420 (408 цех полимеризации этилена)	1139,7	1,463
2	к.423 (408 цех полимеризации этилена)	988,6	1,269
3	к.424 (408 цех полимеризации этилена)	991,15	1,272
4	к.425 (408 цех полимеризации этилена)	1013,05	1,300
5	к.433 (409 цех ректификации)	1371,9	1,761
6	к.428(410 цех доп переработки)	2214,15	2,842
7	к.431 (410 цех доп переработки)	1398,4	1,795

---

Рисунок 6. Схема питания высоковольтных электроприемников и цеховых трансформаторных подстанций.

Таблица 9. Распределение электрических нагрузок по пунктам питания.

Наименование пункта питания	Потребители энергии	Место расположения пункта питания на генплане	Примечания
ГРП	к.420	к.420	Потр. 10 кВ
ТП11	, к.423, к.425	к.423	-
ТП12	к.424 к.428	к.424	-
ТП2	к.433	к.433	-
ТП3	к.428	к.428	-
ТП4	к.431	к.431	-

#### 6.4. Схема внутриводской сети

Распределительная сеть по территории завода выполняется трёхжильными бронированными кабелями с алюминиевыми жилами с бумажной изоляцией, с прокладкой в траншеях (коэффициент прокладки –  $K_{пр} = 0,9$ , так как в каждой траншее находится по два кабеля [9, табл.7-16]).

Сечения кабельных линий будем выбирать по экономической плотности тока. Расчетный ток определяем на одну линию:

Выбранное сечение проверяется по допустимой нагрузке из условий нагрева в нормальном режиме и с учётом допустимой перегрузки в аварийном режиме. Для загруженных и длинных линий проведём проверку выбранного сечения по допустимой потере напряжения.

**ГПП – ГРП (Л-1):**

Проверяем:

Выбранное сечение проходит по результатам проверки. Принимаем кабель марки АСБ-4(3х185).

**ГРП – РП1 (Л-2):**

Принимаем:

Проверяем:

$$I'_{\text{доп}} \geq I_p$$

$$177,8 \text{ А} > 74,4 \text{ А} - \text{выполняется};$$

$$1,3 * I'_{\text{доп}} \geq I_{\text{авар}}$$

$$177,8 \text{ А} > 74,4 \text{ А} - \text{выполняется}.$$

Выбранное сечение проходит по результатам проверки. Принимаем кабель марки АСБ-2(3х70).

**ГПП – ТП11 (Л-3):**

Принимаем:

Проверяем:

Выбранное сечение проходит по результатам проверки. Принимаем кабель марки АСБ-2(3х150).

**ГРП – СД1:**

Принимаем:

Проверяем:

Выбранное сечение проходит по результатам проверки. Принимаем кабель марки ВРБГ-(3х25).

Окончательные сечения кабелей будет принято после расчета токов КЗ, и расчета минимально допустимого термически стойкого сечения.

Следующие расчеты сведем в таблицу 10.

Таблица 10. Выбор сечений кабельных линий сети 10 кВ.

№ линии	Назначение линии	Расчетная нагрузка на один кабель	длина, км	коэффициент	HT	сечение кабеля, мм <sup>2</sup>	Допустимая нагрузка на один кабель

			$I_p, A$	$I_{авар} A$					$I_{доп}, A$	В нормальном режиме $I'_{доп}, A$	В аварийном режиме $1,3 \cdot I'_{доп}, A$
2	3	4	5	6	7	8	9	10	13	11	12
Л-1	ГПП-ГРП	2	202	450,4	0,12	Кабельный канал	0,9	АСБ-4(3□185)	385	675	854
Л-2	ГРП-РП1	2	74	82,2	0,3		0,9	АСБ-2(3□70)	165	148,5	193
Л-3	ГПП-ТП11	2	185	222	0,4		0,9	АСБ-2(3□150)	270	243	316
Л-4	ГПП-ТП12	2	185	222	0,04		0,9	АСБ-2(3□150)	270	243	316
Л-5	ГПП-ТП2	2	185	222	0,18		0,9	АСБ-2(3□150)	270	243	316
Л-6	ГПП-ТП3	2	185	222	0,17		0,9	АСБ-2(3□150)	270	243	316
Л-7	ГПП-ТП4	2	185	222	0,17		0,9	АСБ-2(3□150)	270	243	316
Л-8	ТП11-РП2	2	142	142	0,3		0,9	АСБ-2(3□70)	165	148,5	193
Л-9	ТП12-РП21	2	70	70	0,05		0,9	АСБ-2(3□50)	135	121,5	158
Л-10	ТП2-РП3	2	97	97	0,21		0,9	АСБ-2(3□70)	165	148,5	193
Л-11	ТП3-ГРЩ	2	152	152	0,05		0,9	АСБ-2(3□70)	165	148,5	193
Л-12	ТП4-РП4	2	95	95	0,21		0,9	АСБ-2(3□70)	165	148,5	193
Л-13	ГРП – СД1	1	55	54,6	0,12		1	ВРБГ-(3□25)	85	76,5	99,5

Остальные СД имеет аналогичные питающие кабели, что и СД1.

**ДП-ФЮРА.3710000.191.ПЗ**

Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Выполнил		Довыденко Н.Г.			Расчет токов короткого замыкания в сети свыше 1000В	Лит	Лист	Листов
Руковод		Герасимов Д.Ю.						
					НИТПУ ЭНИН гр. 39301			

## 7. Расчет токов короткого замыкания в сети выше 1000 В

Расчет токов короткого замыкания как во время проектирования системы и элементов электроснабжения, так и при анализе работы системы преследует две цели:

Рисунок 8. Расчетная схема.

Рисунок 9. Схема замещения.

Примем, что система бесконечной мощности, следовательно, сопротивление системы равно нулю.

Принимаем за базисные напряжения:

Принимаем базисную мощность:  $S_б = 100 \text{ МВА}$

Находим базисные токи:

Определяем сопротивления элементов:

Для воздушной линии:

где:  $X_0 = 0,408 \text{ Ом/км}$  – удельное индуктивное сопротивление провода марки АС-70/11 [9, табл. 7-35]

Для трансформатора марки ТДН-16000/110:

Для кабельной линии КЛ1 – АСБ-(3x185):

где:  $X_0 = 0,059 \text{ Ом/км}$  – удельное индуктивное сопротивление кабеля марки АСБ-(3x240) [9, табл. 7-24];

$R_0 = 0,130 \text{ Ом/км}$  – удельное активное сопротивление кабеля марки АСБ-(3x185) [9, табл. 7-24].

Для кабельной линии КЛ2 – АСБ-(3x70):

где:  $X_0 = 0,061 \text{ Ом/км}$  – удельное индуктивное сопротивление кабеля марки АСБ-(3x70) [9, табл. 7-24];

$R_0 = 0,337 \text{ Ом/км}$  – удельное активное сопротивление кабеля марки

АСБ-(3x70) [9, табл. 7-24].

Определим, необходимо ли учитывать активное сопротивление линий:

Следовательно, активное сопротивление линий при расчёте можно не учитывать.

Действующее значение тока КЗ в рассматриваемой точке:

где:  $Z_{\Sigma}$  - полное приведенное сопротивление от источника до точки КЗ

Величина ударного тока определяется согласно формуле:

где:  $K_y$  – ударный коэффициент, зависящий от постоянной времени  $T_a$ ,

апериодической составляющей времени тока КЗ, определяется по кривой, зависимости  $k_{уд} = f(T_a)$ .

В цепи, когда не учитывается активное сопротивление, т.е.  $Z_{\Sigma} = X_{\Sigma}$

По величине  $I_k = I_{\infty}$  проверяют электрические аппараты и токоведущие части; по величине  $i_y$  проверяются аппараты на динамическую стойкость.

**Для точки К1:**

**Для точки К2**

**Для точки К3:**

**Для точки К4:**

Таблица 11. Результаты расчётов токов КЗ.

Точка КЗ	$X_{\Sigma}$	$I_k$ , кА	$K_y$	$I_y$ , кА
К1	0,0154	32,46	1,8	82,38
К2	0,6717	8,19	1,8	20,78
К3	0,6754	8,14	1,8	20,67
К4	0,6765	8,13	1,8	20,63

Рассчитанное по экономической плотности тока сечение кабеля необходимо проверить на термическую стойкость при КЗ в начале линии.

Условие проверки:

Термически стойкое сечение равно:

где:  $B_k = I_k^2 * t_{пр}$  – тепловой импульс тока КЗ,  $A^2 * c$

$I_k$  – действующее значение тока КЗ на данном участке, кА

$t_{пр} = t_b + t_{рз} + T_a = 0,12 + 1,2 + 0,01 = 1,33$  с – время отключения КЗ;

$t_b = 0,12$  с – полное время отключения выключателя;

$t_{рз} = 1,2$  с – время действия основной защиты;

$T_a = 0,01$  с – аperiodическая составляющая затухания  $I_k$ .

$C$  – коэффициент, зависящий от допустимой температуры при КЗ и материала проводника – для кабелей 10 кВ

- с алюминиевыми жилами:
- с медными жилами:

По результатам расчетов токов КЗ проводим проверку выбранного сечения кабеля на участке ГПП – ГРП, выполненной маркой АСБ-4(3x185):

Определяем термически стойкое сечение:

Выбранное сечение по термической стойкости проходит.

Участок ГРП – РП1, выполненный маркой АСБ-2(3x70):

Определяем термически стойкое сечение:

Выбранное сечение по термической стойкости не проходит, принимает сечение кабеля равным  $120 \text{ мм}^2$ .

Таким образом, сечение кабеля, питающего РП1 принимаем равным  $120 \text{ мм}^2$ .

Участок ГРП – СД1, выполненный маркой ВРБГ-(3x95):

Определяем термически стойкое сечение:

Таким образом, сечения кабелей, питающих СД1, СД2, СД3, СД4, СД5, СД6, СД7, СД8, СД9 принимаем равным  $95 \text{ мм}^2$ .



**ДП-ФЮРА.3710000.191.ПЗ**

Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Лит	Лист	Листов
Выполнил		Довыденко Н.Г.					
Руковод		Герасимов Д.Ю.					

*Выбор и проверка  
электрических аппаратов  
в сети свыше 1000В*

*НИТПУ ЭНИН ар. 39601*

## 8. Выбор и проверка электрических аппаратов в сети выше 1000 В

В системах электроснабжения могут возникнуть режимы, характеризующиеся тепловыми и механическими нагрузками, значительно превышающие нагрузки нормального режима работы и представляющие по этому опасность для элементов системы электроснабжения.

• Выключатели нагрузки укомплектованные предохранителями выбираются по:

1. напряжению электроустановки:
2. длительному току
3. электродинамической стойкости при токах КЗ
4. отключающей способности
5. термической стойкости

• Вводная и секционная коммутационная аппаратура ЗРУ-10 кВ:

Расчётный ток с учётом перегрузки:

Проверку на действие токов КЗ проводим для точки К2. Для наглядности выбор выключателей и разъединителей произведём с помощью таблицы 12.

Таблица 12. Вводная и секционная коммутационная аппаратура ЗРУ-10 кВ.

Расчётные данные	Паспортные данные
	Выключатель: ВВЭ-10-20/1600
$U_{уст} = 10 \text{ кВ}$	$U_{ном} = 10 \text{ кВ}$
$I_p = 1294,8 \text{ А}$	$I_{ном} = 1600 \text{ А}$
$I_k = 8,19 \text{ кА}$	$I_{н.откл} = 20 \text{ кА}$

$i_{уд} = 20,78 \text{ кА}$	$i_{дин} = 52 \text{ кА}$
$B_k = 89,21 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$	$I_{терм.}^2 \cdot t_{терм} = 20^2 \cdot 3 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$

• Линейная коммутационная аппаратура на отходящих линиях ЗРУ-10 кВ, а также вводная и секционная коммутационная аппаратура ГРП. Для наглядности выбор выключателей произведём в таблице 13.

Таблица 13. Коммутационная аппаратура на отходящих линиях ЗРУ-10 кВ и ГРП.

Расчётные данные	Паспортные данные
	Выключатель: ВВЭ-10-20/630
$U_{уст} = 10 \text{ кВ}$	$U_{ном} = 10 \text{ кВ}$
$I_p = 572,3 \text{ А}$	$I_{ном} = 630 \text{ А}$
$I_k = 8,19 \text{ кА}$	$I_{н.откл} = 20 \text{ кА}$
$i_{уд} = 20,78 \text{ кА}$	$i_{дин} = 52 \text{ кА}$
$B_k = 89,21 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$	$I_{терм.}^2 \cdot t_{терм} = 20^2 \cdot 3 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$

### 8.1. Выбор трансформаторов тока

Трансформаторы тока выбираются по номинальному напряжению, номинальному первичному току и проверяются по электродинамической и термической стойкости к токам короткого замыкания.

Индуктивное сопротивление токовых цепей невелико, поэтому в расчётах вторичных цепей его не учитывают.

Условия выбора трансформаторов тока:

1. По напряжению установки:  $U_{уст} \leq U_{ном.та}$
2. По номинальному первичному току:  $I_{уст} \leq I_{ном.та}$
3. По нагрузке вторичной цепи,  $Z_2 \leq Z_{2н.та}$ .

Необходимые проверки:

- Выбираем трансформаторы тока на вводах 10 кВ и на отходящих линиях.

Определяем вторичную нагрузку в цепи трансформатора тока. К вторичной обмотке трансформаторов тока включаются: амперметр, ваттметр, счётчики активной и реактивной энергии и варметр. Данные по приборам занесём в таблицу 14.

Таблица 14. Данные по измерительным приборам.

Наименование прибора	Тип	Нагрузка, ВА		
		А	Б	С
Амперметр	ЭЛ-2	1,73	---	---
Ваттметр	Д585	0,525	---	0,525
Счётчик активной энергии	САУЗУ-И670	0,175	---	0,175
Счётчик реактивной энергии	СРУУ-И672	0,275	---	0,275
Варметр	Д335	0,5	---	0,5
$\Sigma S_{\text{приб}}$	---	3,205	---	1,475

Расчёт будем вести по наиболее загруженной фазе.

Суммарное сопротивление приборов:

где:  $I_{2H} = 5 \text{ А}$  – номинальный ток вторичной обмотки.

Определим сопротивление контрольного кабеля. Примем сечение кабеля равное  $2,5 \text{ мм}^2$ , длина кабеля 30 м, с учётом схемы соединения приборов:

$r_{\text{кон}} = 0,1 \text{ Ом}$  – сопротивление контактов.

Индуктивное сопротивление вторичных токовых цепей очень мало, поэтому им можно пренебречь, тогда полное сопротивление вторичной цепи:

Полная мощность нагрузки вторичной цепи:

Результаты расчётов выбора трансформаторов тока приведем в таблице 15.

Таблица 15. Выбор трансформаторов тока на стороне 10 кВ [9, табл. 5-9].

Место установки	На вводе ЗРУ-10 кВ	На отходящих линиях ЗРУ-10	Тип трансформатора тока	ТЛ-10УЗ	ТЛ-10УЗ

		кВ			
Расчётные данные	$U_{уст} = 10$ кВ	$U_{уст} = 10$ кВ	Каталожные данные	$U_{н.та} = 10$ кВ	$U_{н.та} = 10$ кВ
	$I_p = 1294,8$ А	$I_p = 572,3$ А		$I_{н.та} = 1600$ А	$I_{н.та} = 600$ А
	$Z_2 = 0,79$ Ом	$Z_2 = 0,79$ Ом		$Z_{2н.та} = 0,8$ Ом	$Z_{2н.та} = 0,8$ Ом
	$i_{уд} = 20,78$ кА	$i_{уд} = 20,78$ кА		$i_{дин} = 81$ кА	$i_{дин} = 81$ кА
	$B_k = 89,21$ кА <sup>2</sup> *с	$B_k = 89,21$ кА <sup>2</sup> *с		$I_{терм.}^2 * t_{терм} = 4000$ кА <sup>2</sup> *с	$I_{терм.}^2 * t_{терм} = 4000$ кА <sup>2</sup> *с

## 8.2. Выбор трансформаторов напряжения

Условия выбора трансформаторов напряжения:

1. По первичному номинальному напряжению,  $U_{уст} \leq U_{н.тн}$ ;
2. По типу и схеме соединения обмоток;
3. По погрешности  $N_{тн} \leq N_{дон}$ ;
4. По вторичной нагрузке.

На каждой секции шин ГПП устанавливается трехфазный трёхобмоточный трансформатор напряжения марки НТМИ-10-66.. Данные по приборам занесём в таблицу 16.

Таблица 16. Данные по измерительным приборам.

Наименование прибора	Тип	S <sub>н</sub> , ВА	Число катушек	cos φ	Число при- боров	Потребляемая мощность	
						P, Вт	Q, Вар
Вольтметр	Э337	2,6	1	1	1	2,6	0

Ваттметр	Д-585	0,5	2	1	1	1,0	0
Варметр	Д-335	1,5	2	1	1	3,0	0
Счётчик активной энергии	И-670	1,5	2	0,38	8	11,4	27,8
Счётчик реактивной энергии	И-672	1,5	2	0,38	8	11,4	27,8
Итого						29,4	55,6

Расчётная вторичная нагрузка трансформатора напряжения:

Проведём проверку выбранного трансформатора напряжения марки НТМИ-10-66 с классом точности 0,5 [9, табл.5-13].

Следовательно, выбранный трансформатор напряжения подходит для эксплуатации.



## **9. Электроснабжение корпуса 420 (408 цех полимеризации этилена)**

Электроснабжение цеха выполняется в следующей последовательности:

1. Приемники цеха запитываются от распределительного устройства (силовые распределительные шкафы не используются, так как характеристика производственной среды В-1а), выбирается схема и способ прокладки питающей сети цеха (от ТП до ЭП). Принятая схема питающей сети должна обеспечивать требуемую степень надежности питания приемников и требуемую по технологическим условиям гибкость и универсальность сети в отношении присоединения новых приемников и перемещения приемников по площади цеха. Выбор способа прокладки питающей сети производится с учетом характера окружающей среды и возможных условий места прокладки.

5. Производится расчет питающей и распределительной сети по условиям допустимой потере напряжения. Производится построение эпюр отклонения напряжения на участке линии от шин ГПП до зажимов наиболее удаленного электроприемника или наиболее мощного от цеховой ТП.

6. Производится расчет токов КЗ для участка цеховой сети от ТП до наиболее мощного электроприемника цеха. Полученные данные наносятся на карту селективности действия аппарата защиты.

### **9.1. Выбор схемы электроснабжения цеха**

#### **Расчёт нагрузок**

Правильное определение ожидаемых электрических нагрузок – основа рационального решения всего комплекса технологических вопросов при проектировании электроснабжения предприятия.

Расчет силовых нагрузок цеха производим «методом упорядоченных диаграмм», т.е. методом коэффициента спроса и коэффициента максимума. Расчет электрических нагрузок по этому методу производится в следующей последовательности.

Группа А:  $K_u \leq 0.6$

Группа Б:  $K_u \geq 0.6$

Для правильного выбора сечений линий, коммутационных и защитных аппаратов произведем расчет электрических нагрузок Инструментального цеха.

При расчетах электрических нагрузок будем использовать Таблицу 1.

Средняя активная нагрузка за наиболее загруженную смену определяется по формуле:

где  $P_{ном}$  – суммарная номинальная активная мощность рабочих электроприёмников;

$K_u$  – коэффициент использования активной мощности;

Для Насоса шестеренного:

Средняя реактивная нагрузка за наиболее загруженную смену определяется по формуле:

,где  $tg\varphi$  - принимается по соответствующему значению коэффициента мощности.

Расчетная максимальная мощность для отдельных ШР, определяется как

,  $K_m$  - коэффициент максимума, определяется из 1, таблица 2.1.

Для ШР-3:

Реактивная расчётная максимальна мощность определяется из условия:

Для ШР-1,

Расчетная нагрузка осветительных приемников цеха определяется по установочной мощности и коэффициенту спроса:

Из таблиц определяем для инструментального цеха:

где  $K_{со} = 0,95$  - коэффициенту спроса для производственных зданий состоящих из отдельных крупных пролетов;

$P_{уд.о} = 0,019, [кВт/м^2]$  – удельная плотность осветительной нагрузки;  
 $F_{ц} = 4215,3, [м^2]$  – площадь цеха (определяется по генплану).

Полная расчетная нагрузка цеха (с учетом освещения) определяется:

Рассчитанные по приведенным выше формулам данные сведем в таблицу 17.

## Расчет нагрузок

Таблица 17. Ведомость электрических нагрузок.

№ П/П	Наименование узлов питания и групп электроприемников	Количество ЭП n	Установленная мощность, приведенная к ПВ=100%		m=R <sub>n.макс</sub> / R <sub>n.мин.</sub>	К <sub>и</sub> цент использо	Средняя нагрузка за максимально загруженную смену		Cosφ	tgφ	опрём внос ников	число цент К <sub>м</sub> максиму	Расчётная нагрузка			Расчётный ток I <sub>p</sub> , А
			Одного ЭП (наменьшего, наибольшего)	Общая R <sub>n</sub> , кВт			R <sub>см</sub> =K и•R <sub>n</sub> кВт	Q <sub>см</sub> =P см•tgφ кВар					R <sub>p</sub> =0,9 •R <sub>ном</sub> , кВт	Q <sub>см</sub> при	S <sub>p</sub> =√P p <sup>2</sup> +Q <sub>p</sub> <sup>2</sup> кВА	
			R <sub>n</sub> , кВт	кВт												
1	2	3	4	5	6	7	9	10			11	12	13	14	15,0	16,0
ШП-1																
	Группа Б:															
2	Насос шестеренный	1	1,8	1,8		0,65	1,2	1,19	0,7	1,02						
3	Насос шестеренный	4	28	112		0,6	67,2	40,99	0,85	0,61						
4	Шестеренный	1	1,5	1,5		0,7	1,1	1,07	0,7	1,02						

	насос															
7	Насос шестеренный	2	30	60		0,7	42	25,62	0,85	0,61						
9	Итого по ШП-1:	8	1,5-30	175,3	20		111,4	68,88			2		111,4	68,88	131,0	199,0
ШП-2																
10	Группа Б:															
11	Насос лубрикаторный	1	7,5	7,5		0,9	6,8	3,24	0,9	0,48						
12	Насос лубрикаторный	5	4	20		0,9	18	8,64	0,9	0,48						
13	Насос лубрикаторный	2	30	60		0,7	42	20,16	0,9	0,48						
14	Итого по ШП-2:	8	4-30	87,5	8		66,8	32,04			2		66,8	32,04	74,1	112,6
ШП-3																
15	Группа Б:															
16	Насос аксиально поршневой	8	22	176		0,75	132	99	0,8	0,75						
17	Итого по ШП-3	8	22	176	1		132	99			8	1,26	132	99	165,0	250,8
ШП-4																
18	Группа Б:															
19	Насос 3-х винтовой	4	22	88		0,8	70,4	52,8	0,8	0,75						
21	Насос аксиально поршневой	2	4	8		0,9	7,2	3,46	0,9	0,48						
22	Насос 3-х винтовой	2	13	26		0,65	16,9	12,68	0,8	0,75						

24	Итого ШР-4	8	4-22	122	6		94,5	68,93			2		94,5	68,93	117,0	177,8
ШР-5																
25	Группа Б:															
26	Насос шестеренный	6	2,2	13,2		0,6	7,9	4,83	0,85	0,61						
29	Насос 3-х винтовой	2	25	50		0,6	30	22,5	0,8	0,75						
31	Итого по ШР-5	8	2,2-25	63,2	11		37,9	27,33			1		37,9	27,33	46,7	71,0
ШР-6																
32	Группа Б:															
33	Насос шестеренный	7	2,2	15,4		0,6	9,2	5,64	0,85	0,61						
34	Итого по ШР-6:	7	2,2	15,4	1		9,2	5,64			7	1,33	9,2	5,64	10,8	16,4
ШР-7																
35	Группа Б:															
36	Насос шестеренный	1	1,8	1,8		0,65	1,2	1,19	0,7	1,02						
37	Насос шестеренный	4	28	112		0,6	67,2	40,99	0,85	0,61						
40	Насос шестеренный	2	30	60		0,7	42	25,62	0,85	0,61						
42	Итого по ШР-7:	7	1,8-30	173,8	17		110,4	67,81			2		110,4	67,81	129,6	196,9
ШР-8																
43	Группа Б:															
44	Насос лубликаторный	1	7,5	7,5		0,9	6,8	3,24	0,9	0,48						

45	Насос лубликаторный	4	4	16		0,9	14,4	6,91	0,9	0,48						
46	Насос лубликаторный	2	30	60		0,7	42	20,16	0,9	0,48						
47	Итого по ШР-8:	7	4-30	83,5	7,5		63,2	30,31			2		63,2	30,31	70,1	106,5
ШР-9																
48	Группа Б:															
49	Насос аксиально поршневой	8	22	176		0,75	132	99	0,8	0,75						
50	Итого по ШР-9	8	22	176	1		132	99			8	1,26	132	99	165,0	250,8
ШР-10																
51	Группа Б:															
52	Насос 3-х винтовой	4	22	88		0,8	70,4	52,8	0,8	0,75						
55	Насос аксиально поршневой	2	4	8		0,9	7,2	3,46	0,9	0,48						
56	Насос 3-х винтовой	2	13	26		0,65	16,9	12,68	0,8	0,75						
58	Итого ШР-10	8	4-22	122	6		94,5	68,93			2		94,5	68,93	117,0	177,8
ШР-11																
59	Группа Б:															
60	Насос шестеренный	6	2,2	13,2		0,6	7,9	4,83	0,85	0,61						
63	Насос 3-х винтовой	2	25	50		0,6	30	22,5	0,8	0,75						
65	Итого по ШР-11:	8	2,2-25	63,2	11		37,9	27,33			1		37,9	27,33	46,7	71,0
ШР-12																

66	Группа Б:															
67	Насос шестеренный	6	2,2	13,2		0,6	7,9	4,83	0,85	0,61						
68	Итого по ШР-12:	6	2,2	13,2	1		7,9	4,83			6	1,37	7,9	4,83	9,3	14,1
69	Итого по цеху:	91	1,5-30	1271,1												
70	Освещение цеха												76,1			
71	Итого по цеху с учётом освещения:												973,8	600,03	1143,8	1288,3

### 9.2.1. Выбор и проверка аппаратов и проводников

#### Пример расчета автоматических выключателей

Выбираем автоматический выключатель для насоса шестеренного

Выбираем автомат ВА13-25

Номинальный ток расцепителя с обратозависимой характеристикой:

Уставка срабатывания по току в кратности к номинальному току расцепителя

$K=7$ ;

#### Выбор автоматического выключателя для защиты ШР

##### Пример расчета автомата ШР1

Определяем пиковый ток:

где  $I_{max}$  – ток при максимальной нагрузке насоса шестеренного.

Выбираем автомат ВА74-40

Номинальный ток расцепителя с обратозависимой характеристикой:

Уставка срабатывания по току в кратности к номинальному току расцепителя

$K=3$ ;

#### Выбор кабеля для насоса шестеренного

Вид прокладки в трубе

Принимаем кабель ВВГ (4×1)

Где  $K_n$  – коэффициент учитывающий прокладку кабеля в трубе.

Согласование с аппаратом защиты

Таблица 18. Выбор автоматических выключателей и проводников.

№ П/П	Наименование участка питающей линии	I <sub>ном</sub>	I <sub>пуск</sub> ,А	I <sub>пик</sub>	Аппарат защиты	I <sub>(тепл расцеп)</sub> ,А	I <sub>(эм расц)</sub> , А	Способ прокладки кабеля	Марка кабеля	Сечение выбранное по длительному току, S, [мм] <sup>2</sup>	I <sub>доп</sub> ,А	K <sub>з</sub>	(K <sub>з</sub> ·I <sub>з</sub> )/K <sub>п</sub>	Принятое сечение кабеля
1	3	4	5	7,0	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
2	Насос шестеренный	3,8	22,7		ВА13-25	5	35	1	ВВГ	1	14	1,25	6,25	4*1

3	Насос шестеренный	58,9	353,7		BA57- 35	63	504	1	ВВГ	25	90	1,25	78,75	4*25
4	Шестеренный насос	3,2	18,9		BA13- 29	4	24	1	ВВГ	1	14	1,25	5	4*1
5	Насос шестеренный	63,2	378,9		BA57- 35	80	480	1	ВВГ	35	115	1,25	100	4*35
6	Насос лубликаторный	15,8	94,7		BA57- 35	16	128	1	ВВГ	2,5	25	1,25	20	4*2,5
7	Насос лубликаторный	63,2	378,9		BA57- 35	80	480	1	ВВГ	35	115	1,25	100	4*35
8	Насос аксиально поршневой	46,3	277,9		BA57- 35	50	400	1	ВВГ	16	75	1,25	62,5	4*16
9	Насос 3-х винтовой	46,3	277,9		BA57- 35	50	400	1	ВВГ	16	75	1,25	62,5	4*16
10	Насос аксиально поршневой	8,4	50,5		BA51- 31	10	75	1	ВВГ	1	14	1,25	12,5	4*1

11	Насос 3-х винтовой	27,4	164,2		BA57-35	31,5	252	1	BBГ	6	40	1,25	39,38	4*6
12	Насос шестеренный	4,6	27,8		BA51-31	6,3	47,25	1	BBГ	1	14	1,25	7,88	4*1
13	Насос 3-х винтовой	52,6	315,8		BA57-35	63	504	1	BBГ	25	90	1,25	78,75	4*25
14	Итого по ШП-1:	199,0		533,7	BA74-40	375	937,5	1	BBГ	185	510	1,25	468,75	4*185
15	Итого по ШП-2:	112,6		447,3	BA57-35	160	800	1	BBГ	95	225	1,25	200	4*95
16	Итого по ШП-3	250,8		493,9	BA74-40	375	750	1	BBГ	185	510	1,25	468,75	4*185
17	Итого по ШП-4	177,8		418,6	BA57-35	250	625	1	BBГ	150	440	1,25	312,5	4*150
18	Итого по ШП-5	71,0		355,3	BA57-35	125	500	1	BBГ	70	185	1,25	156,25	4*70
19	Итого по ШП-6:	16,4		36,8	BA57-35	25	62,5	1	BBГ	5	34	1,25	31,25	4*5
20	Итого по ШП-7:	196,9		531,6	BA74-40	375	937,5	1	BBГ	185	510	1,25	468,75	4*185
21	Итого по ШП-	106,5		441,2	BA57-	160	640	1	BBГ	95	225	1,25	200	4*95

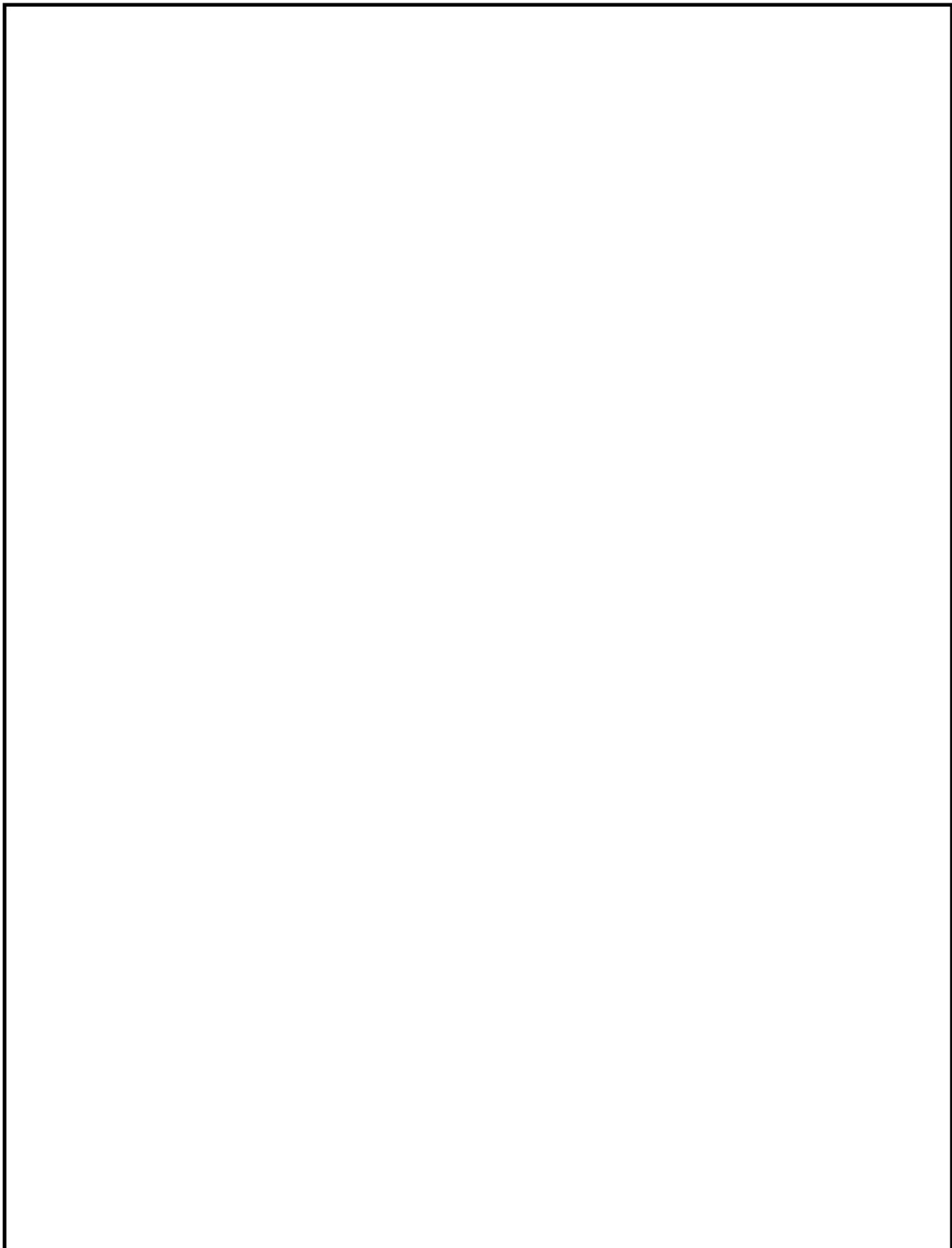
	8:			35										
22	Итого по ШП-9	250,8		493,9	BA74-40	375	750	1	BBГ	185	510	1,25	468,75	4*185
23	Итого по ШП-10	177,8		418,6	BA57-35	250	625	1	BBГ	150	440	1,25	312,5	4*150
24	Итого по ШП-11:	71,0		355,3	BA57-35	125	500	1	BBГ	70	185	1,25	156,25	4*70
25	Итого по ШП-12:	14,1		34,1	BA57-35	20	80	1	BBГ	3	26	1,25	25	4*3
25	Вводной автомат цеха	1738,3		2056,7	BA74-45	2000	4000							

Принимаем: КВТ-10-4/400:

Результаты следующих расчётов выбора автоматических выключателей на 10 кВ заносим в таблицу 18а.

Таблица 18а. Выбор высоковольтных автоматических выключателей.

№ ЭП	Расчетный ток $I_p$ , А	Пиковый ток $I_{пик}$ , А	$1,4 \cdot I_p$ , А	$1,25 \cdot I_{пик}$ , А	Номинальный ток расцепителя, $I_{ном.р.}$ , А	Уставка в зоне перегрузки $I_{пер}$ , А	Уставка в зоне КЗ $I_{к.з.}$ , А	Тип автоматического выключателя
АБ-124	85	510	119	637,5	400	800	4000	КВТ-10-4/400
А-103	64,6	378,6	90,4	484,5	400	800	4000	КВТ-10-4/400
А-124	64,6	378,6	90,4	484,5	400	800	4000	КВТ-10-4/400
А-152	136,0	816,0	190,4	1020,0	400	1000	4000	КВТ-10-4/400
А-171	136,0	816,0	190,4	1020,0	400	1000	4000	КВТ-10-4/400
Б-103	64,6	378,6	90,4	484,5	400	800	4000	КВТ-10-4/400
Б-124	64,6	378,6	90,4	484,5	400	800	4000	КВТ-10-4/400
Б-152	136,0	816,0	190,4	1020,0	400	1000	4000	КВТ-10-4/400
Б-171	136,0	816,0	190,4	1020,0	400	1000	4000	КВТ-10-4/400



					<b>ДП-ФЮРА.3710000.191.ПЗ</b>			
<i>Изм</i>	<i>Лист.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>				
<i>Выполнил</i>	<i>Довыденко Н.Г.</i>				<i>Расчет токов короткого замыкания в сети 0,4 кВ</i>	<i>Лит</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Руковод</i>	<i>Герасимов Д.Ю.</i>							
						<i>НИТПУ ЭНИН гр. 39301</i>		

## 10. Расчет токов короткого замыкания в сети 0,4 кВ

Расчет токов КЗ в сетях напряжением ниже 1000 В, в сравнении с расчетом токов КЗ в сетях напряжением выше 1000 В,

Рисунок 12. Расчетная схема.

Для точки К1:

Таблица 19

Обозначение	Наименование	Длина, м	Сопротивление мОм	
			X	R
T2	ТМЗ 1600		5,4	1
QF1	ВА74-70		0,06	0,07
ТА1	ТК-40 1500/5		0	0
КЛ1	ВВГ 185x4	46	0,00093	0,0012
КЛ2	ВВГ 1x4	12	0,0061	0,851
QF2	ВА13-25		4	5,5

Сводим все расчеты КЗ в таблицу 20

Расчет ТКЗ		
К1	К2	К3
41,49	40,9	19,06
Ударный ток		
82,48	81,3	37,89

Расчет ударного тока



					<b>ДП-ФЮРА.3710000.191.ПЗ</b>		
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>			
<i>Выполнил</i>	<i>Довыденко Н.Г.</i>				<i>Лит</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Руковод</i>	<i>Герасимов Д.Ю.</i>						
					<i>Построение карты селективности действия аппаратов защиты</i>		
					<i>НИТПУ ЭНИН гр. 39301</i>		

## **11. Построение карты селективности действия аппаратов защиты**

По результатам расчётов токов короткого замыкания и вышеприведенным расчетам построим карту селективности действия аппаратов защиты на рассматриваемом участке цеховой сети.

Рисунок 13. Карта селективности действия аппаратов защиты в сети 0,38 кВ.



					<b>ДП-ФЮРА.3710000.191.ПЗ</b>			
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>				
<i>Выполнил</i>	<i>Довыденко Н.Г.</i>				<i>Построение эпюры отклонения напряжения</i>	<i>Лит</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Руковод</i>	<i>Герасимов Д.Ю.</i>							
						<i>НИТПУ ЭНИН гр. 39301</i>		<i>61</i>

## 12. Расчет и построение эпюр отклонения напряжения

Согласно ГОСТ Р54149-2010 отклонение напряжения является одним из основных показателей качества электроэнергии.

Расчет цеховой сети по условиям допустимых потерь напряжения и построение эпюры отклонения напряжения выполняем для цепочки линий от шин ГПП до зажимов одного наиболее удаленного ЭП насос шестеренный ( $P = 30,0$  кВт для режимов максимальных и минимальных нагрузок, а также для послеаварийного режима).

Рисунок 14. Расчётная схема.

### Максимальный режим:

#### Участок 1–2:

Потери напряжения определяем по формуле:

где  $R_{1-2} = 0,099$  Ом и  $X_{1-2} = 0,077$  Ом – активное и индуктивное сопротивление КЛ на участке 1-2.

#### Участок 2–3:

Так как на участке 2–3 в расчетной цепочке имеется цеховая ТП, то нужно выполнить расчет потери напряжения в трансформаторе  $\Delta U_T$ , а именно:

%

$U_a$  и  $U_p$  – активная и реактивная составляющие напряжения КЗ;

$U_k\%$  - напряжение короткого замыкания;

$\cos\varphi_2$ ,  $\sin\varphi_2$  – коэффициенты мощности по нагрузке трансформатора.

#### Участок 3–4:

Потери напряжения определяем по формуле:

Дальнейшие результаты расчётов занесём в таблицу 19, и изобразим на рисунке 16.

Таблица 21. Расчётные данные для построения эпюр отклонений напряжения.

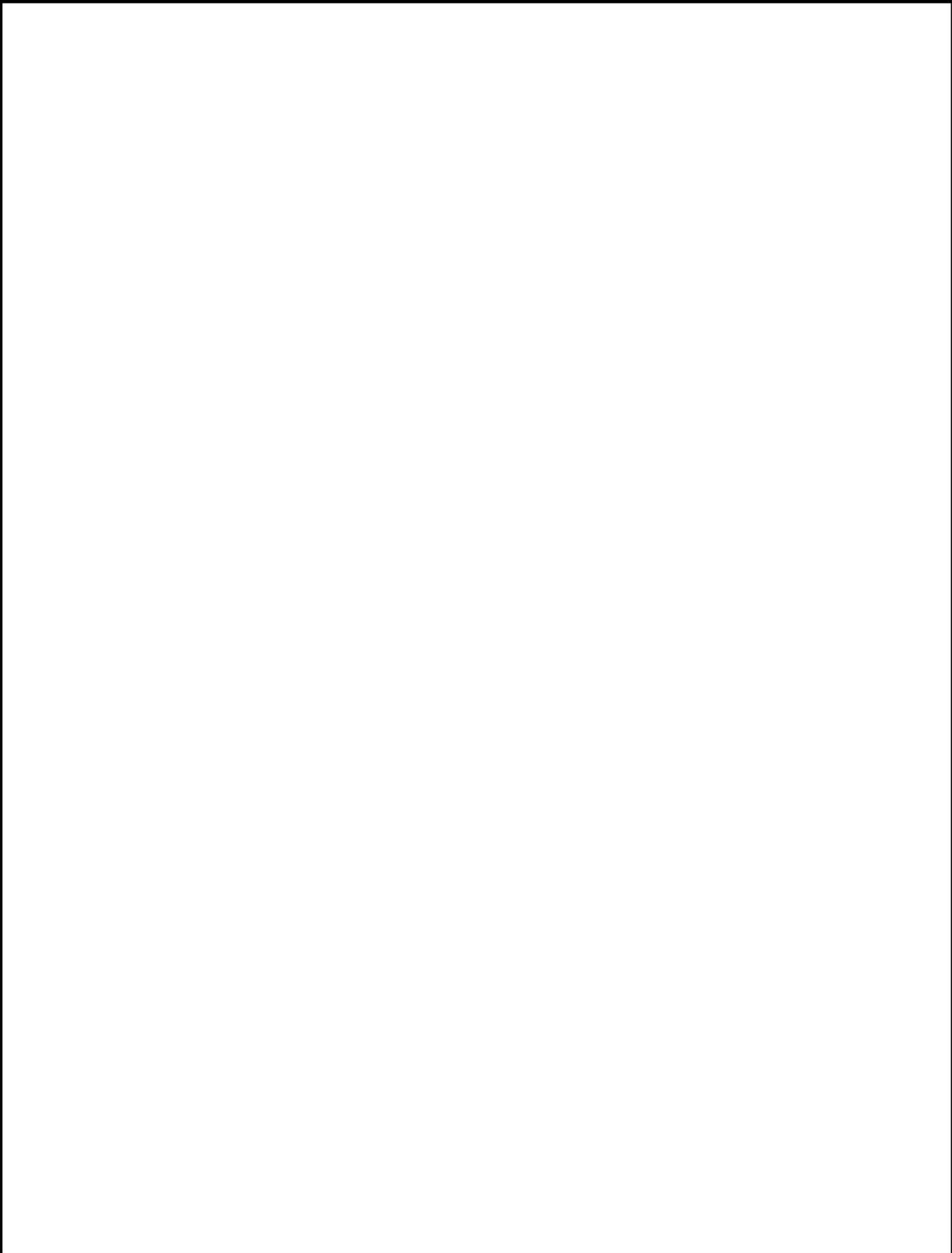
Отклонения напряжения, %	Максимальный режим	Послеаварийный режим
$\Delta U_{1-2}$	0,15	0,10
$\Delta U_{2-3}$	4,52	4,55
$\Delta U_{3-4}$	0,88	1,35

Расчет минимального режима отсутствует, так как он соответствует максимальному режиму, вследствие того, что завод по производству полипропилена работает в три смены, при котором коэффициент заполнения суточного графика нагрузки близкий к единице.

Рисунок 15. Эпюры отклонения напряжения.

Из рисунка 15 видно, что при всех режимах работы системы электроснабжения корпуса 420 (408 цех полимеризации) напряжение на зажимах ЭП остается на допустимом ГОСТом уровне.





					<b>ДП-ФЮРА.3710000.191.ПЗ</b>			
<i>Изм</i>	<i>Лист.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>				
<i>Выполнил</i>	<i>Довыденко Н.Г.</i>				<i>Заключение</i>	<i>Лит</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Руковод</i>	<i>Герасимов Д.Ю.</i>							
						<i>НИТПУ ЭНИН гр. 39301</i>		

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Целью дипломного проекта было проектирование системы электроснабжения завода по производству. Первым этапом для достижения цели было определение расчетной электрической нагрузки корпуса 420 (408 цех полимеризации этилена), после чего была определена расчетная нагрузка завода в целом, определяемая, расчетными активными и реактивными нагрузками цехов (до и выше 1000 В), расчетными нагрузками освещения цехов и территории предприятия, потерями мощности в трансформаторах цеховых подстанций и ГПП и потерями в высоковольтных линиях. Полная расчетная нагрузка корпуса 420 (408 цех полимеризации этилена): 0,38 кВ:  $S_p^H = 1288$  кВА, полная расчетная нагрузка 10 кВ:  $S_p^B = 6281,3$  кВА.

По расчетным нагрузкам цехов была построена картограмма нагрузок и определён центр электрических нагрузок предприятия.

Электроснабжение завода осуществляется от подстанции энергосистемы по двум воздушным ЛЭП,  $U_n = 110$  кВ, выполненным проводом АС-70/11 на железобетонных двухцепных опорах. Главная понизительная подстанция предприятия установлена с некоторым смещением от центра электрических нагрузок в сторону подстанции энергосистемы, расположенной на расстоянии 5 км. Данное смещение произведено вследствие ограниченного свободного места. На ГПП установлены два двухобмоточных трансформатора с принудительным обдувом и РПН, марки ТДН-16000/110. На стороне 110 кВ принята упрощенная схема без высоковольтного выключателя с использованием отделителей и короткозамыкателей. На стороне 10 кВ ГПП используется одинарная система шин секционным выключателем и устройством АВР. РУ 10 кВ, выполняется из шкафов КРУ с выключателями на выкатных тележках.

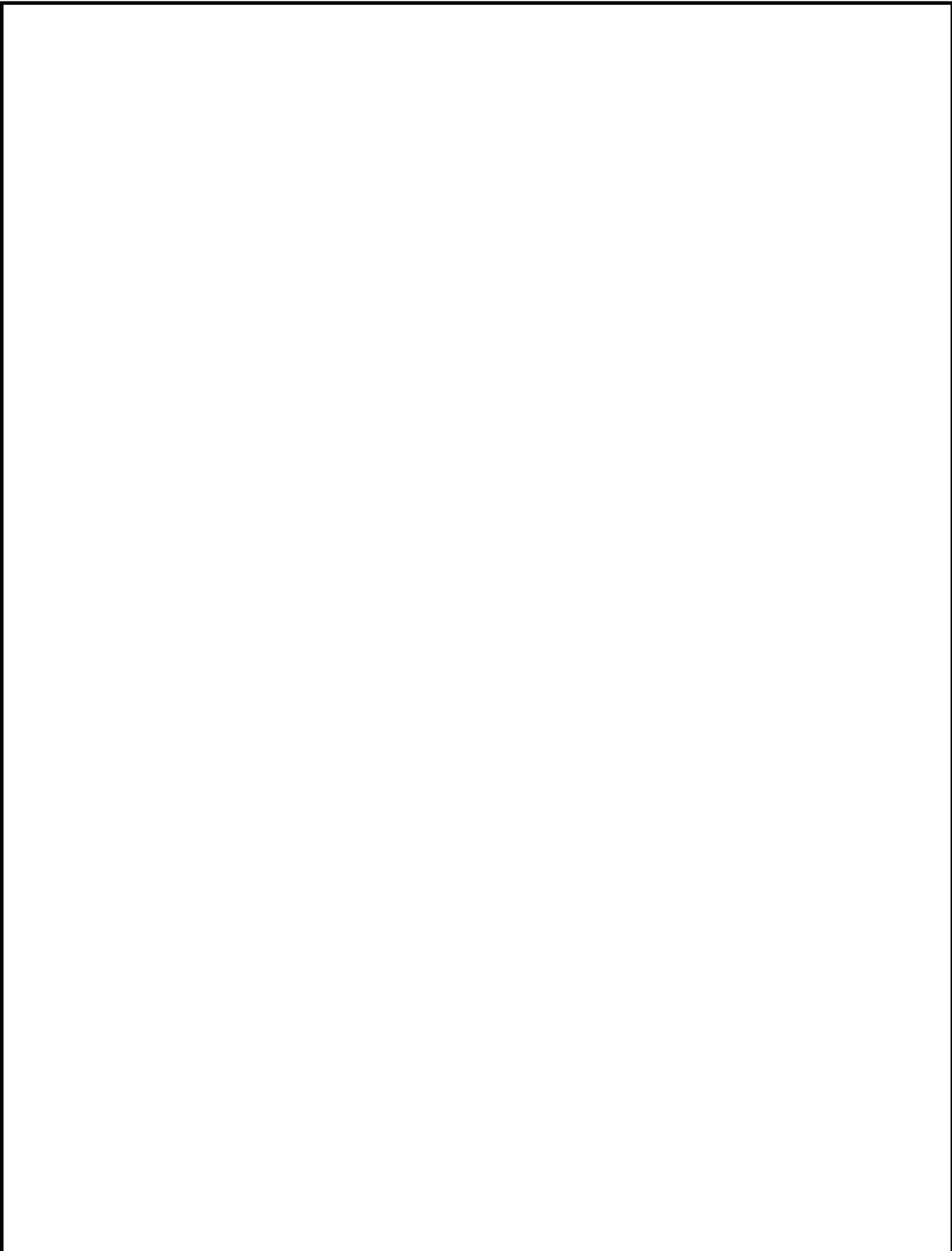
Номинальную мощность цеховых трансформаторов приняли по плотности нагрузки предприятия равной 1600 кВА. Минимальное расчетное число трансформаторов цеховых ТП приняли равным 12 и в результате

технико-экономического сравнения вариантов с учётом компенсации реактивной мощности таковым и оставили. Компенсацию реактивной мощности осуществили с помощью синхронных двигателей 10 кВ и батарей конденсаторов на напряжении 0,38 кВ. После чего была выбрана схема питания цеховых подстанций и высоковольтных электроприёмников. Распределительная сеть 10 кВ по территории завода выполнена трёхжильными бронированными кабелями с алюминиевыми жилами с бумажной изоляцией марки АСБ, с прокладкой в земляных траншеях. В качестве аппаратов защиты были выбраны высоковольтные вакуумные выключатели. Все принятое оборудование проверено на термическую и динамическую стойкость.

Следующим этапом было проектирование электроснабжения корпуса 420 (408 цех полимеризации этилена). Электроснабжение цеха осуществляется по радиальной схеме. Электроприёмники цеха запитываются от распределительного устройства 0,4 кВ трансформаторной подстанции ГРП, кабелями с медными жилами марки ВВГ, проложенные в полу.

По результатам технико-экономического расчета внешнего электроснабжения, было принято номинальное напряжение питающих линий 110 кВ, мощность силовых трансформаторов, устанавливаемых на ГПП, 16000 кВА. Выбранный вариант является наиболее экономичным, так как требует минимум затрат.

По приведенным в процессе проектирования расчетам и проверкам, можно сделать вывод, что данный проект системы электроснабжения цеха полимеризации завода пригоден к разработке и эксплуатации.



					<b>ДП-ФЮРА.3710000.191.ПЗ</b>			
<i>Изм</i>	<i>Лист.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>				
<i>Выполнил</i>	<i>Довыденко Н.Г.</i>				<i>Список литературы</i>	<i>Лит</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Руковод</i>	<i>Герасимов Д.Ю.</i>							
						<i>НИТПУ ЭНИН гр. 39301</i>		<i>68</i>