

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования
«Южно-Уральский государственный университет
(национальный исследовательский университет)»
Институт открытого и дистанционного образования
Кафедра Техники, технологий и строительства

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ
Заведующий кафедрой,
к.т.н., доцент
_____ К.М. Виноградов
_____ 2020 г.

Качество электроэнергии в сталеплавильном цехе
ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ
ЮУрГУ–13.03.02.2020.100.00.000ПЗ ВКР

Руководитель работы,
к.ф-м.н., доцент
_____ В.И. Сафонов
_____ 2020 г.

Автор работы
студент группы ДО – 503
_____ В.В. Сиднев
_____ 2020 г.

Нормоконтролер,
преподаватель
_____ О.С. Микерина
_____ 2020 г.

Челябинск 2020

АННОТАЦИЯ

Сиднев, В.В. – Качество электроэнергии в сталеплавильном цехе – Челябинск: ЮУрГУ, ИОДО; 2020, 60 с., 26 ил., библиогр. список – 35 наим., 6 листов чертежей формата А1.

Согласно заданию на выпускную квалификационную работу была сформирована система электроснабжения сталеплавильного цеха и выбрано ее основное оборудование.

В результате анализа измерений, проведенных на аналогичном объекте, был проведен анализ качества электроэнергии на шинах 35 кВ и сделан вывод о невозможности подключения к ним остальной нагрузки цеха.

Из-за плохого качества электроэнергии на шинах 35 кВ остальная нагрузка цеха подключена к секциям шин 10 кВ трехфазного трансформатора. Расчеты подтвердили, что качество электроэнергии на шинах 10 кВ по всем параметрам удовлетворяет нормативным требованиям.

Методом упорядоченных диаграмм рассчитаны электрические нагрузки потребителей сталеплавильного цеха. На основании расчета нагрузок составлена схема электроснабжения цеха и выбрано электрическое оборудование цеха.

При выборе кабелей 10 кВ проведено технико-экономическое сравнение вариантов кабелей с различной изоляцией. При сравнении вариантов учитывались потери электроэнергии и приведенные капитальные затраты на кабельную продукцию. В результате выбраны кабели марки АПвВнг(в) как наиболее надежные, хотя приведенные затраты для всех марок изоляции оказались приблизительно одинаковыми.

В разделе безопасность жизнедеятельности рассмотрен вопрос о безопасности работы в цехе. Выполнен расчет молниезащиты и заземления цеха.

В целом система электроснабжения потребителей сталеплавильного цеха позволяет осуществить рациональное распределение электроэнергии и работу в безопасных режимах.

					13.03.02.2020.100.00.00 ПЗ			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>				
Разраб.		Сиднев В.В.			Качество электроэнергии в сталеплавильном цехе	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
Провер.		Сафонов В.И.				Д	4	60
Н. Контр.		Микерина О.С				ФГАОУ ВО «ЮУрГУ (НИУ)»		
Утв.		Виноградов К.М				ИОДО Кафедра «ТТС» гр.ДО-503		

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	6
1 СРАВНЕНИЕ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ И ЗАРУБЕЖНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ	13
1.1 Кабели с изоляцией из сшитого полиэтилена.....	13
1.2 Кабели с другими видами изоляции.....	14
2 АНАЛИЗ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ АНАЛОГИЧНОГО ОБЪЕКТА.....	16
2.1 Производственный процесс в дуговых сталеплавильных печах	16
2.2 Качество электроэнергии во время технологического процесса	18
2.3 Несинусоидальность напряжения	18
2.4 Несимметрия напряжения	23
3 СИСТЕМА ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ЦЕХА.....	31
3.1 Расчет нагрузки для дуговых сталеплавильных печей	31
3.2 Расчет остальной нагрузки цеха	33
3.3 Выбор схемы присоединения остальной нагрузки цеха.....	34
3.4 Выбор кабелей 35 кВ.....	37
4 ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ СРАВНЕНИЕ ВАРИАНТОВ.....	40
4.1 Схемы сравниваемых вариантов СЭС.....	40
4.2 Методика сравнения вариантов.....	41
4.3 Принятая схема электроснабжения.....	44
5 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ.....	48
5.1 Характеристика объекта с точки зрения безопасности труда	48
5.2 Анализ опасных и вредных производственных факторов	49
5.3 Уменьшение влияния вредных и опасных производственных факторов	50
5.4 Молниезащита здания сталеплавильного цеха	51
5.5 Расчет защитного заземления.....	53
5.6 Защита окружающей среды.....	54
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	58
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	59

									Лист
									5
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	13.03.02.2020.100.00.00 ПЗ				

ВВЕДЕНИЕ

- Исходными данными для выпускной квалификационной работы являются:
- данные об электрооборудовании цеха;
 - данные о точке подключения к системе электроснабжения;
 - данные измерений токов и напряжений на шинах 35 кВ в аналогичном цехе.

1 Данные о цехе

Размеры цеха 400*54м. План расположения оборудования показан на рис. 1, перечень оборудования и мощности электрических нагрузок приведены в таблице 1.

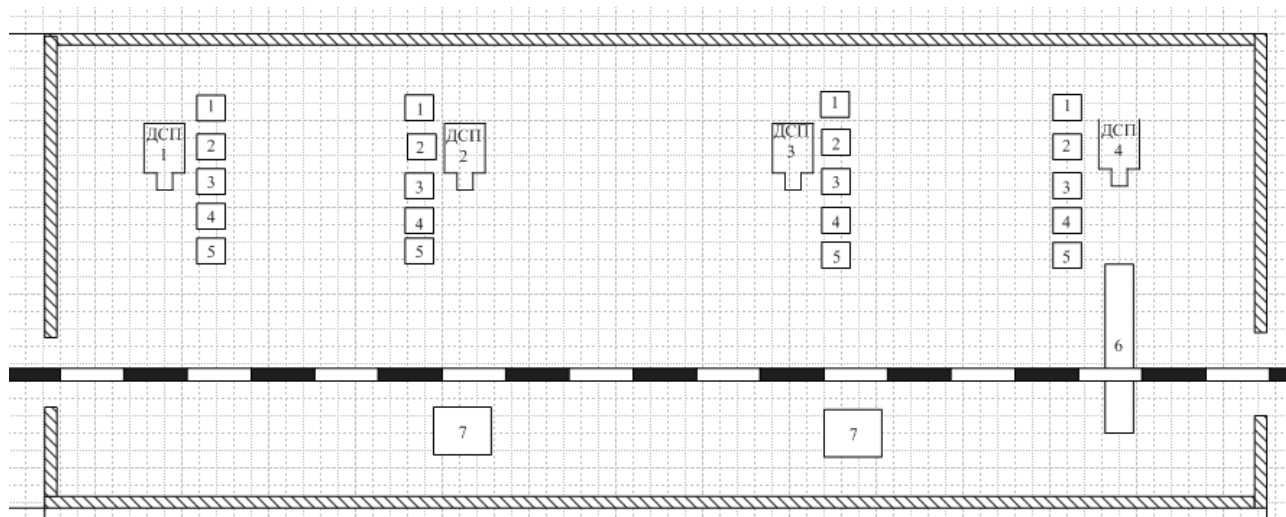


Рисунок 1 - План расположения оборудования

Таблица 1 - Данные о цехе

Но мер	Наименование	Количес-во	Мощ-ность, кВт	Коэфф. использ.	Коэфф. мощн. (тангенс)
1	Электропривод устройства охлаждения короткой сети	4	250	1	0.8
2	Устройство для электромагнитного перемешивания металла	4	500	0.5	1.5
3	Электропривод для поднятия и опускания электродов	4	250	0.3	0.8
4	Электропривод для поднятия и опускания чаши с жидким металлом	4	400	0.05	0.9
5	Другая электрическая нагрузка систем ДСП 0.4 кВ	4	500	1	0.7
6	Кран для загрузки металла	1	500	0.8	1.1
7	Другая электрическая нагрузка систем цеха 0.4 кВ	2	500	1	0.7

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

13.03.02.2020.100.00.00 ПЗ

Лист

6

Основной нагрузкой цеха являются 4 дуговых сталеплавильных печи, мощностью по 15 МВт.

2 Характеристика точки подключения:

-- напряжение внешнего электроснабжения 110 кВ;

-- расстояние 5100 м;

-- мощность КЗ на стороне ВН в максимальном режиме $S_{к.макс} = 3000$ МВА, в минимальном – $S_{к.мин} = 2500$ МВА.

3 Данные о качестве электроэнергии

В таблицах 1-3 представлены результаты замеров линейных и фазных напряжений (таблица 1), линейных токов и углов между первыми гармониками линейных токов и напряжений (таблица 2), 4-х наибольших по величине коэффициентов гармоник для фазы А (таблица 3). Данные, усредненные за минуту, приведены в течении одного часа работы аналогичного цеха с дуговыми сталеплавильными печами.

Таблица 2 - Напряжение на шинах 35 кВ

Время, мин	U _A , В	U _B , В	U _C ,В	U _{AB} , В	U _{BC} ,В	U _{CA} ,В
1	23002	19509	21269	36924	36621	36690
2	23081	19558	21349	37021	36739	36836
3	23385	19946	21776	37677	37394	37476
4	23633	20361	22256	38284	38110	38154
5	23635	20361	22249	38284	38109	38144
6	23479	20197	22092	37986	37837	37888
7	23436	20162	22051	37912	37781	37808
8	23396	20115	22001	37837	37696	37732
9	23358	20125	22005	37830	37681	37719
10	23419	20136	22020	37881	37725	37769
11	23413	20077	21966	37803	37652	37707
12	23304	19894	21748	37511	37349	37410
13	23299	19868	21732	37471	37326	37387
14	23203	19848	21700	37402	37234	37301
15	23213	19836	21698	37387	37239	37301
16	23086	19669	21496	37135	36934	36992
17	23110	19578	21389	37058	36805	36885
18	23225	19558	21426	37092	36864	37008
19	23308	19641	21466	37234	37006	37072
20	23338	19766	21630	37398	37211	37267
21	23434	19788	21644	37474	37281	37341
22	23372	19765	21621	37418	37217	37279

Продолжение таблицы 2

Время, мин	U _A , В	U _B , В	U _C ,В	U _{AB} , В	U _{BC} ,В	U _{CA} ,В
23	23267	20120	21305	37353	37176	37248
24	21973	20854	19806	36222	36030	36138
25	21099	21057	20077	35980	35758	35919
26	20494	20829	20661	35904	35671	35780
27	20938	21244	20363	36166	35980	36055
28	23128	19962	21851	37511	37366	37401
29	23185	19777	21688	37337	37201	37208
30	23065	19585	21479	37030	36889	36916
31	23175	19699	21595	37241	37081	37104
32	23049	20586	21027	37330	37193	37224
33	22396	21171	19807	36752	36351	36564
34	21419	20297	19691	35574	35231	35507
35	19986	20703	19966	35183	34782	35013
36	20196	20952	20143	35538	35183	35356
37	21585	20810	19208	35678	35394	35476
38	21927	21416	18592	35805	35574	35681
39	21613	21942	18365	35776	35546	35659
40	21295	21959	18226	35509	35289	35406
41	21077	21876	18074	35285	35033	35109
42	21013	21894	18127	35219	35106	35106
43	20748	21664	17935	34816	34701	34722
44	21620	21454	18406	35543	35350	35359
45	21845	21221	18704	35614	35579	35584
46	21835	21207	18473	35662	35292	35401
47	21811	21196	18465	35656	35250	35382
48	21701	21003	18483	35428	35101	35270
49	21233	21329	18000	35068	34692	34903
50	21063	21377	17927	34896	34647	34767
51	21349	21428	18139	35172	34995	35095
52	21392	21394	18143	35186	34960	35141
53	21458	21361	18219	35227	35051	35202
54	21652	21278	18437	35438	35219	35409
55	21832	20993	18810	35557	35451	35565

Окончание таблицы 2

Время, мин	$U_A, В$	$U_B, В$	$U_C, В$	$U_{AB}, В$	$U_{BC}, В$	$U_{CA}, В$
56	21666	21114	18556	35422	35251	35359
57	21143	21225	17967	34829	34645	34780
58	21096	21317	17947	34834	34628	34825
59	20895	21528	17866	34880	34593	34692
60	20878	21436	17804	34796	34455	34618

Таблица 2 - Токи и сдвиги по фазе между напряжением и током

Время, мин	$I_A, А$	$I_B, А$	$I_C, А$	$f_A, град$	$f_B, град$	$f_C, град$
1	417	440	451	48,	44	40
2	400	421	421	46	44	39
3	216	238	240	47	41	41
4	8	9	11	-79	-99	-95
5	7	9	10	-83	-98	-90
6	112	100	100	33	36	22
7	127	111	117	37	38	23
8	131	116	121	39	39	26
9	134	121	126	40	40	28
10	135	123	127	40	40	29
11	139	130	132	40	41	29
12	266	257	261	39	39	30
13	272	260	263	39	40	30
14	271	264	265	40	40	31
15	275	264	263	39	41	31
16	366	370	376	44	42	36
17	379	388	394	47	45	40
18	353	365	346	45	47	40
19	346	356	358	43	42	36
20	290	290	291	41	41	33
21	290	291	291	40	40	32
22	294	295	296	39	39	31
23	301	300	298	38	40	32
24	675	674	667	41	43	38
25	718	735	710	40	44	44
26	746	756	756	44	42	45

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

13.03.02.2020.100.00.00 ПЗ

Лист

9

Продолжение таблицы 2

Время, мин	I _A , А	I _B , А	I _C ,А	f _A , град	f _B ,град	f _C ,град
27	707	710	714	41	43	44
28	256	247	249	41	41	33
29	309	296	305	42	41	32
30	427	419	422	40	40	31
31	352	347	352	40	39	31
32	307	300	299	37	41	33
33	542	610	580	38	42	45
34	824	875	837	42	46	43
35	907	962	945	45	45	51
36	800	841	834	47	47	52
37	782	806	813	47	50	48
38	732	755	745	46	53	50
39	740	760	751	41	51	49
40	810	827	820	42	51	50
41	892	910	917	40	49	48
42	978	964	980	36	45	43
43	1092	1080	1091	37	46	44
44	851	855	871	40	48	44
45	817	789	795	40	49	41
46	789	832	837	42	48	47
47	763	809	816	45	51	50
48	835	873	863	44	51	48
49	946	997	981	43	51	50
50	977	994	993	43	52	49
51	878	882	878	45	54	51
52	859	877	858	44	54	51
53	841	847	832	43	53	49
54	795	815	791	43	53	49
55	735	727	712	45	55	48
56	778	781	775	45	54	49
57	974	979	969	43	53	49
58	991	1005	979	41	52	49
59	1029	1048	1058	40	48	47

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

13.03.02.2020.100.00.00 ПЗ

Лист

10

Окончание таблицы 2

Время, мин	I_A, A	I_B, A	I_C, A	$f_A, \text{град}$	$f_B, \text{град}$	$f_C, \text{град}$
60	1052	1092	1089	38	47	47

Таблица 3 - Коэффициенты гармоник тока фазы А

Время, мин	$K_{A(2)}$	$K_{A(3)}$	$K_{A(4)}$	$K_{A(5)}$
1	0,03	0,32	0,04	0,71
2	0,03	0,32	0,03	0,65
3	0,01	0,29	0,03	0,60
4	0,00	0,27	0,01	0,56
5	0,05	0,28	0,05	0,60
6	0,03	0,28	0,00	0,54
7	0,03	0,26	0,01	0,53
8	0,03	0,25	0,02	0,55
9	0,03	0,24	0,01	0,53
10	0,02	0,20	0,02	0,52
11	0,18	0,30	0,11	0,48
12	0,02	0,28	0,04	0,52
13	0,03	0,27	0,03	0,56
14	0,02	0,28	0,04	0,56
15	0,02	0,30	0,05	0,56
16	0,09	0,29	0,09	0,57
17	0,02	0,30	0,03	0,59
18	0,05	0,34	0,07	0,62
19	0,03	0,32	0,04	0,50
20	0,02	0,30	0,03	0,51
21	0,02	0,28	0,04	0,49
22	0,02	0,28	0,05	0,55
23	0,40	0,43	0,32	0,59
24	0,31	0,77	0,20	0,70
25	0,33	0,88	0,20	0,77
26	0,25	0,72	0,15	0,81
27	0,25	0,68	0,14	0,82
28	0,02	0,24	0,02	0,60
29	0,21	0,24	0,12	0,62
30	0,02	0,29	0,05	0,64

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

13.03.02.2020.100.00.00 ПЗ

Лист

11

Окончание таблицы 3

Время, мин	$K_{A(2)}$	$K_{A(3)}$	$K_{A(4)}$	$K_{A(5)}$
31	0,02	0,30	0,07	0,65
32	0,44	0,34	0,28	0,80
33	0,22	0,72	0,12	0,74
34	0,13	0,39	0,14	1,06
35	0,17	0,42	0,15	1,23
36	0,12	0,52	0,09	1,13
37	0,13	0,57	0,08	0,99
38	0,15	0,64	0,10	0,89
39	0,10	0,49	0,07	1,00
40	0,21	0,49	0,15	1,16
41	0,08	0,46	0,08	1,07
42	0,07	0,44	0,08	1,12
43	0,10	0,33	0,09	1,25
44	0,09	0,42	0,07	1,20
45	0,09	0,37	0,07	1,11
46	0,10	0,40	0,10	1,17
47	0,21	0,44	0,16	1,22
48	0,07	0,35	0,05	1,30
49	0,05	0,36	0,05	1,32
50	0,05	0,49	0,06	1,33
51	0,04	0,48	0,04	1,19
52	0,02	0,29	0,02	1,19
53	0,03	0,29	0,03	1,23
54	0,02	0,35	0,04	1,19
55	0,02	0,37	0,03	1,13
56	0,03	0,36	0,03	1,07
57	0,02	0,37	0,04	1,01
58	0,20	0,41	0,11	0,94
59	0,04	0,46	0,08	1,05
60	0,03	0,40	0,03	1,03

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

13.03.02.2020.100.00.00 ПЗ

Лист

12

1 СРАВНЕНИЕ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ И ЗАРУБЕЖНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

В данном разделе проведено сравнение кабелей с различными типами изоляции: кабелей из сшитого полиэтилена (СПЭ), бумажной пропитанной изоляцией (БПИ) и поливинилхлорида. (ПВХ).

1.1 Кабели с изоляцией из сшитого полиэтилена

Полиэтилен обладает отличными диэлектрическими свойствами, именно поэтому он широко используется для изготовления электрозащиты в виде трансформаторных прокладок и кабельной изоляции. Особенно преуспел в этой области «сшитый» полиэтилен РЕХ (в ТУ на изготовление кабеля обозначается СПЭ), имеющий уникальные прочностные, термоизоляционные и электроизоляционные характеристики. На данный момент кабели из сшитого полиэтилена считаются одними из самых надежных, удобных в использовании и долговечных. Изначальное полиэтиленовое сырье – полимер углеводорода этилена, называемый «полиэтиленом», имеет линейную структуру молекул. Он является также неплохим диэлектриком. Подвергаясь процессу «сшивки», то есть модификации на молекулярном уровне, полиэтилен приобретает трехмерную сетчатую структуру (поперечно-сшитую) с появлением боковых межмолекулярных связей. Такое изменение придает ему большую эластичность и повышение прочности на разрыв, а также значительное улучшение изоляционных свойств и стойкости к очень высоким температурам [1].

Для получения сшитого полиэтилена в условиях современного производства выделяют три наиболее распространённых метода сшивки: пероксидный, силановый и радиационный. Первые два – химические, а третий – физический метод. Принципиальных различий между разными способами сшивки нет: просто в одном случае для разрыва связей задействуется внутренняя химическая энергия веществ, а в другом - энергия заряженных частиц (электронов). Но в технологическом плане разница существует.

Химическая сшивка более дорогая, но и более полная. При пероксидном способе сшивается до 90% всего количества полиэтилена, тогда как при радиационном облучении - не более 70-75%. Однако для изготовления термоусаживаемых трубок радиационный способ применяется гораздо чаще. Во-первых, для производства качественной термоусадки 75%-ная сшивка - вполне достаточный показатель, во-вторых, помимо экономической выгоды способ сшивки с помощью радиационного облучения обладает двумя важными промышленного производства достоинствами производительностью и технологичностью.

После сшивки, кроме увеличения температуры плавления, материал приобретает ещё одно ценное свойство – так называемую "память" формы, из аморфного куска пластмассы он превращается в вещество с чёткой структурой внутри. Растягивая подогретый модифицированный полиэтилен, мы нарушаем внутреннее равновесие в его вновь образованных химических связях, вызывая упругие напряжения в его структуре. После охлаждения полиэтилен застывает, сохраняя свою новую форму. Но лишь только его снова нагреют, полиэтилен стремится вернуться в первоначальное, равновесное состояние, в котором межмолекулярные связи чувствуют себя наиболее комфортно [2].

									Лист
									13
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	13.03.02.2020.100.00.00 ПЗ				

Помимо кабелей с изоляцией из сшитого полиэтилена (СПЭ) получили распространение кабели с пропитанной бумажной, поливинилхлоридной, пластмассовой, этилпропиленовой и другими видами изоляциями. Выбор изоляции обуславливается множеством факторов, такими как показатель постоянного напряжения, диэлектрические свойства, диапазон температур рабочей среды, в которой будет проходить эксплуатация кабеля, прочность, стойкость к воздействию кислот, щелочей и влаги.

Силовой кабель с изоляцией из сшитого полиэтилена имеет следующие одни из лучших характеристик среди кабелей. Так длительная допустимая рабочая температура в номинальном режиме может достигать 90°C, а при перегрузке температура жилы может колебаться от 105°C до 110°C, при коротком замыкании (до 5 секунд) до 250°C, так же имеет большой диапазон эксплуатации – от -60°C до +50°C, минимальная температура прокладки без предварительного прогрева -15°C, радиус изгиба от 15 Dн [2].

1.2 Кабели с другими видами изоляции

На сегодняшний день кабели с бумажной пропитанной изоляцией (БПИ) почти не используются, во многих развитых европейских странах процент использования кабелей с БПИ равен нулю. Это можно объяснить значительно уступающими характеристиками по сравнению с другими типами изоляции и тем, что данные кабели нельзя прокладывать на высоту выше 30 метров, это чревато скапливанием жидкости в более низких участках кабеля (можно избежать, если установить внутри кабеля перегородки, препятствующие движению диэлектрической жидкости).

Кабель с БПИ имеет следующие характеристики: температура жилы при работе в номинальном режиме 70oC; температура жилы при перегрузке 90oC; температура жилы при коротком замыкании 200oC; минимальная температура прокладки без предварительного прогрева 0oC; температурный диапазон эксплуатации от -50°C до +50°C; радиус изгибов от 25 Dн [4].

Особенностью кабеля с этиленпропиленовой резиновой (ЭПР) изоляцией является то, что он может использоваться в установках с погруженным электрооборудованием и во взрывоопасных зонах. Характеристики кабеля с ЭПР изоляцией: температура жилы при работе в номинальном режиме до 105°C; температура жилы при перегрузке до 140°C; температура жилы при коротком замыкании до 300°C; минимальная температура прокладки без предварительного прогрева до -40oC (у некоторых модификаций); температурный диапазон эксплуатации от -60oC до +50oC; радиус изгиба от 4 Dн [3].

Изоляция из чистого поливинилхлорида (ПВХ) почти не встречается, так как он имеет низкую химическую и термическую стойкость. Характеристики с изоляцией из ПВХ: температура жилы при работе в номинальном режиме до 80°C; температура жилы при перегрузке до 105°C; температура жилы при коротком замыкании до 140°C; минимальная температура прокладки без предварительного прогрева до -15°C; температурный диапазон эксплуатации от -50°C до +50°C; радиус изгибов от 15 Dн [5].

Сравнение различных видов изоляции кабелей проведено в таблице 1.1.

					13.03.02.2020.100.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		14

Таблица 1.1 – Сравнение характеристик кабелей

Тип изоляции	Рабочая t°С	t°С при перегреве	t°С КЗ	t°С эксплуатации	t°С прокладки без предварительного прогрева	Радиус изгиба Dн
СПЭ	90	105-110	250	-60...+50	-15	15
ЭПР	105	140	300	-60...+50	-40	4
БПИ	70	90	200	-50..+50	0	25
ПВХ	80	105	140	-50..+50	-15	15

По результатам приведенного выше анализа можно сделать вывод, что кабели с изоляцией из сшитого полиэтилена и этиленпропиленовой резины обладают по сравнению с кабелем с изоляцией из поливинилхлорида и устаревшим БПИ кабелем малым радиусом изгиба и, вследствие этого, легкостью прокладки, как в кабельных сооружениях, так и в земле на сложных трассах. Особенностью кабеля с ЭПР изоляцией является то, что он используется в установках с погруженным электрооборудованием и во взрывоопасной зоне (в отличие от кабеля из сшитого полиэтилена). В остальных случаях кабель из сшитого полиэтилена почти не уступает и является лидером кабельной промышленности [6].

Выводы по разделу один

Пропускная способность кабелей СПЭ на 30% больше, чем у кабелей с бумажной изоляцией и на 20% больше, чем у кабелей с ПВХ изоляцией, что связано с повышением длительно допустимых токов (90°С против 70°С и 80% соответственно).

2 АНАЛИЗ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ АНАЛОГИЧНОГО ОБЪЕКТА

2.1 Производственный процесс в дуговых сталеплавильных печах

По способу преобразования электрической энергии в тепловую и передаче тепла расплавленному материалу различают электродуговые печи прямого, косвенного и смешанного действия. Печи прямого действия работают на открытой дуге, горящей между электродами и металлом. Основной тип установок прямого действия – дуговые сталеплавильные печи [7].

Плавка в дуговой сталеплавильной печи состоит из следующих периодов: заправка печи и загрузка шихты; плавление; окислительный период; восстановительный период; выпуск стали.

После окончания завалки электроды опускают почти до касания с шихтой и включают ток. Под действием высокой температуры дуги шихта под электродами плавится, жидкий металл стекает вниз, накапливаясь в центральной части подины. Электроды постепенно опускаются, проплавляя в шихте «колодцы» и достигая крайнего нижнего положения. По мере увеличения количества жидкого металла электроды поднимаются. Это достигается при помощи автоматических регуляторов для поддержания определенной длины дуги. Плавление ведут при максимальной мощности трансформатора.

Продолжительность периода плавки определяется мощностью трансформатора и составляет от 1,1 до 3,0 ч [8]. Напряжение во время плавки поддерживается в пределах 360÷400 В. Расход электроэнергии за время плавления составляет 400÷480 кВт·ч/т.

Задачи окислительного периода: уменьшить содержание в металле фосфора, водорода и азота; нагреть металл до температуры, близкой к температуре выпуска. Потребляемая мощность снижается до 0,7÷0,8 от максимальной, напряжение поддерживается в пределах 240÷300 В. Длительность окислительного периода составляет 60÷90 минут [8].

Задача восстановительного периода -- доведение химического состава стали до заданного. Потребляемая мощность снижается до 0,4÷0,5 от максимальной, напряжение поддерживается в пределах 180÷240 В. Длительность восстановительного периода составляет 40÷100 мин [8].

Для улучшения перемешивания металла и интенсификации медленно идущих процессов в восстановительный период рекомендуется применять электромагнитное перемешивание, особенно на большегрузных печах, где удельная поверхность контакта металла со шлаком значительно меньше, чем в печах малой емкости.

Исходя из данных измерений токов и напряжений во время технологического процесса, можно рассчитать активную и реактивную мощности. Активная мощность трехфазной нагрузки вычисляется по формуле

$$P=U_A I_A \cos(f_A)+U_B I_B \cos(f_B)+U_C I_C \cos(f_C)$$

где U_A – действующее значение напряжения в фазе А;

I_A – действующее значение тока в фазе А;

f_A – сдвиг по фазе между током и напряжением в фазе А;

..... U_B – действующее значение напряжения в фазе В;

I_B – действующее значение тока в фазе В;

									Лист
									16
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	13.03.02.2020.100.00.00 ПЗ				

- f_B – сдвиг по фазе между током и напряжением в фазе В;
- U_C – действующее значение напряжения в фазе С;
- I_C – действующее значение тока в фазе С;
- f_C – сдвиг по фазе между током и напряжением в фазе С.

График зависимости активной мощности нагрузки от времени показан на рисунке 2.1.

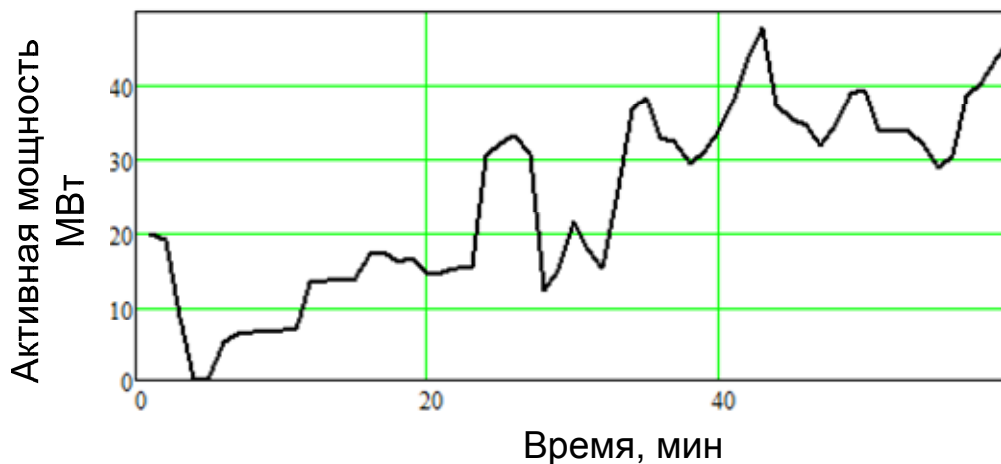


Рисунок 2.1 - График зависимости активной мощности нагрузки от времени

Реактивная мощность трехфазной нагрузки вычисляется по формуле

$$Q=U_A I_A \sin(f_A)+U_B I_B \sin(f_B)+U_C I_C \sin(f_C)$$

- где U_A – действующее значение напряжения в фазе А;
- I_A – действующее значение тока в фазе А;
 - f_A – сдвиг по фазе между током и напряжением в фазе А;
 - U_B – действующее значение напряжения в фазе В;
 - I_B – действующее значение тока в фазе В;
 - f_B – сдвиг по фазе между током и напряжением в фазе В;
 - U_C – действующее значение напряжения в фазе С;
 - I_C – действующее значение тока в фазе С;
 - f_C – сдвиг по фазе между током и напряжением в фазе С.

График зависимости реактивной мощности нагрузки от времени показан на рисунке 2.2.

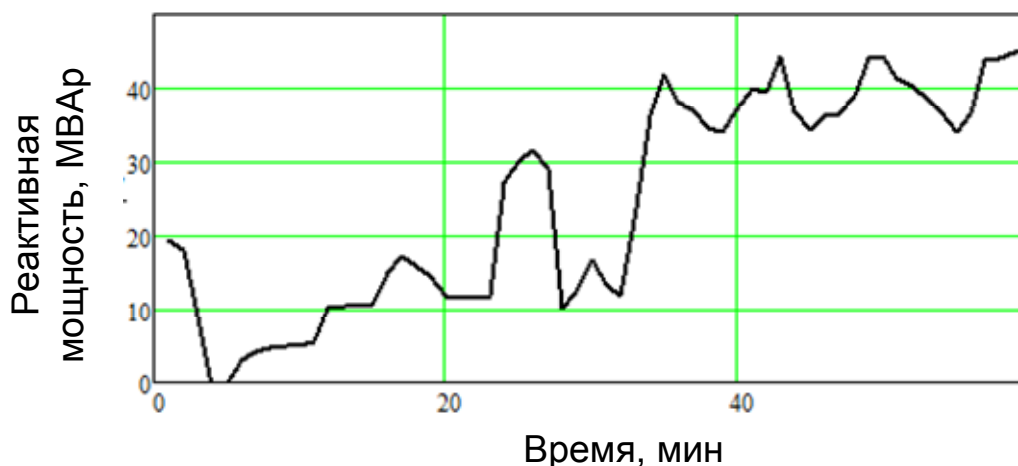


Рисунок 2.2 - График зависимости реактивной мощности нагрузки от времени

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

13.03.02.2020.100.00.00 ПЗ

Анализ графиков нагрузки показывает, что в представленных данных на начальном этапе от 5 до 15 минут запускается одна печь мощностью около 15 МВт и затем с 25 до 35 минут запускается 2-я печь мощностью около 25 МВт. Причем при запуске 2-ой печи возникла какая-то аварийная ситуация – например технологическое короткое замыкание [9,10]. В результате на период с 30 до 35 минут вторая печь отключалась. На конечном этапе от 35 до 60 минут наблюдалась работа двух печей.

2.2 Качество электроэнергии во время технологического процесса

Электрическая энергия является продукцией, потребляемой любым промышленным предприятием, и оказывающей значительное влияние на экономические показатели производства. Современный уровень развития технологий характеризуется большим разнообразием способов потребления электроэнергии. Это приводит к появлению в электрических сетях электромагнитных помех, поэтому качество электроэнергии в месте ее производства еще не гарантирует такого же ее качества в месте потребления. Взаимное влияние потребителей электроэнергии друг на друга требует регулирования отношений между ними на уровне государства. Поэтому на территории Российской Федерации действует межгосударственный стандарт "Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения" (ГОСТ 13109-97) [11].

Этот стандарт устанавливает показатели и нормы качества электроэнергии в электрических сетях систем электроснабжения общего назначения переменного трехфазного и однофазного тока частотой 50 Гц в точках, к которым присоединяются электрические сети, находящиеся в собственности различных потребителей электрической энергии, или приемники электрической энергии. Такие точки называются точками общего присоединения.

Нормы качества электроэнергии, установленные названным стандартом, являются уровнями электромагнитной совместимости для кондуктивных электромагнитных помех в системах электроснабжения общего назначения.

Дуговые сталеплавильные печи являются причиной возникновения колебаний напряжения, несимметрии токов и напряжений и несинусоидальности напряжения и снижения коэффициента мощности.

2.3 Несинусоидальность напряжения

Несинусоидальность напряжения – искажение синусоидальной формы кривой напряжения. Несинусоидальность напряжения характеризуется двумя основными показателями качества электроэнергии [11]: коэффициентом n -ой гармонической составляющей и коэффициентом искажения синусоидальности кривой напряжения.

Дуговые сталеплавильные печи содержат два нелинейных элемента: электрическую дугу и печной трансформатор, сердечник которого при эксплуатационных коротких замыканиях насыщается [12]. Учитывая вольтамперные характеристики этих элементов можно сказать, что спектр потребляемого печью тока состоит как из нечетных, так и четных гармоник.

									Лист
									18
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	13.03.02.2020.100.00.00 ПЗ				

По экспериментальным данным, приведенным в задании на выпускную квалификационную работу для секции шин 35 кВ в течении часа, была выполнена оценка качества электрической энергии. На рисунках 2.3-2.6 построены временные зависимости коэффициентов гармоник (второй, третьей, четвертой и пятой) напряжения для одной из фаз (фаза А) во время производственного производственного процесса.

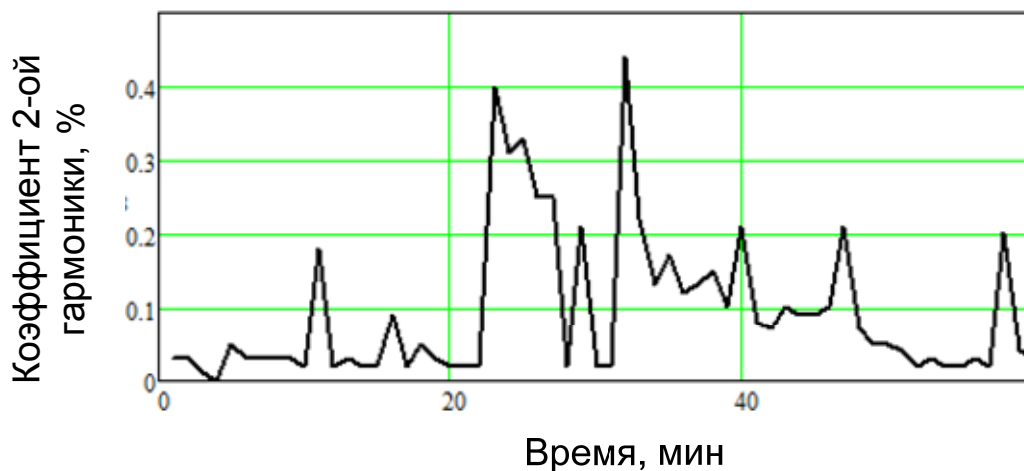


Рисунок 2.3 - График зависимости коэффициента 2-ой гармоники напряжения на шинах 35 кВ от времени.

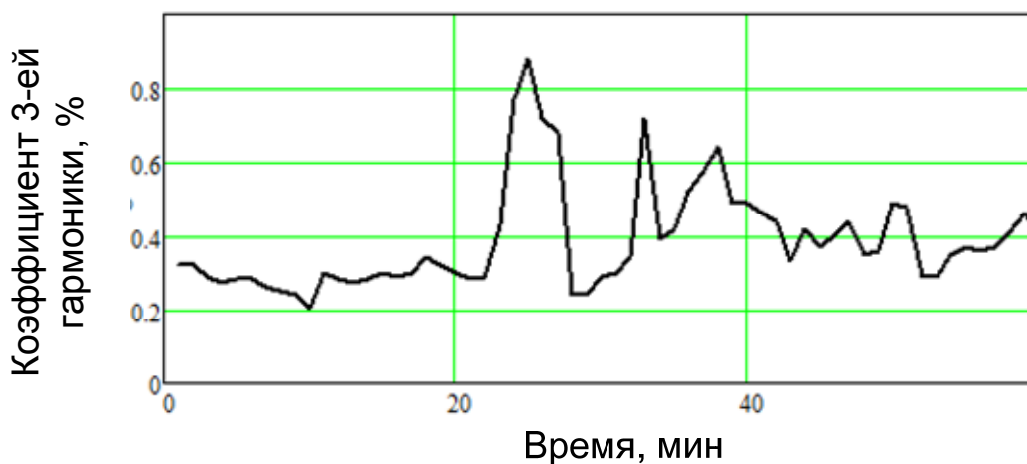


Рисунок 2.4 - График зависимости коэффициента 3-ей гармоники напряжения на шинах 35 кВ от времени.

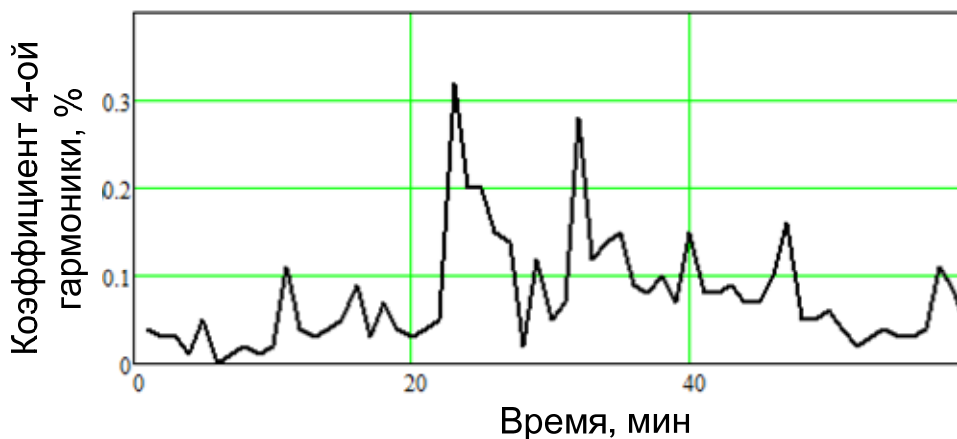


Рисунок 2.5 - График зависимости коэффициента 4-ой гармоники напряжения на шинах 35 кВ от времени

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

13.03.02.2020.100.00.00 ПЗ

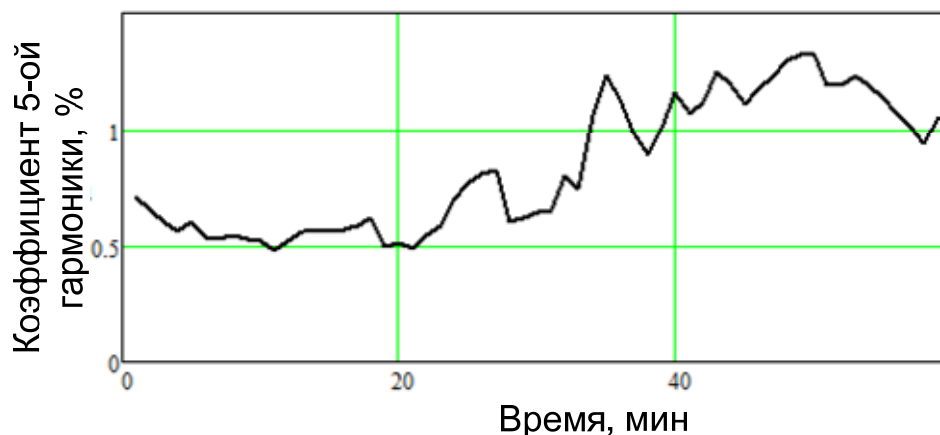


Рисунок 2.6 - График зависимости коэффициента 5-ой гармоники напряжения на шинах 35 кВ от времени

Наибольший вклад в несинусоидальность напряжения на шинах 35 кВ вносит 5-я гармоника. Характер изменения гармоник существенно различен для 2-ой, 3-ей и 4-ой гармоник и для 5-ой гармоники. Для гармоник 2-4 изменения во время производственного процесса резкие, для 5-ой гармоники изменения намного более плавные. Наибольший вклад 2-ой, 3-ей и 4-ой гармоник происходит в период включения нагрузки и ее аварийных отключений (с 22 до 32 минут). Наибольший вклад 5-ой гармоники наблюдается при наибольшей мощности нагрузки.

Коэффициент несинусоидальности напряжения на шинах 35 кВ согласно ГОСТ [11] рекомендуется рассчитывать по формуле

$$K_U = \frac{\sqrt{\sum_{n=2}^{40} U_{(n)}^2}}{U_{(1)}} \cdot 100.$$

где $U_{(1)}$ – действующее значение напряжения основной частоты;

$U_{(n)}$ – действующее значение напряжения n-ой гармонической составляющей. Поскольку в задании на выпускную квалификационную работу содержатся данные только о четырех гармонических составляющих, то в формуле ограничимся только пятью слагаемыми.

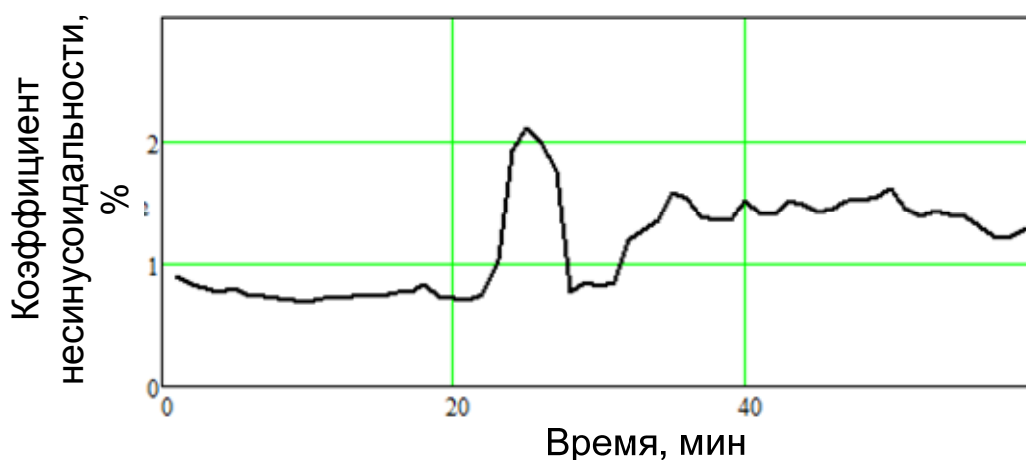


Рисунок 2.7 - График зависимости коэффициента несинусоидальности напряжения на шинах 35 кВ от времени

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

13.03.02.2020.100.00.00 ПЗ

Лист

20

На рисунке 2.7 построена временная зависимость коэффициента несинусоидальности напряжения для одной из фаз (фаза А) во время производственного процесса. Из рисунка 2.7 видно, что наибольшая несинусоидальность напряжения связана с переключениями в нагрузке, когда основной вклад вносят 2-я, 3-я и 4-я гармоники. Также большая величина коэффициента несинусоидальности наблюдается при наибольшей мощности нагрузки. В этот период наибольший вклад вносит 5-я гармоника.

В системе электроснабжения существует много источников несинусоидальности. Поэтому проведем также анализ причин возникновения несинусоидальности. На рисунках 2.8-2.12 показаны зависимости величины коэффициента гармоник от мощности нагрузки.

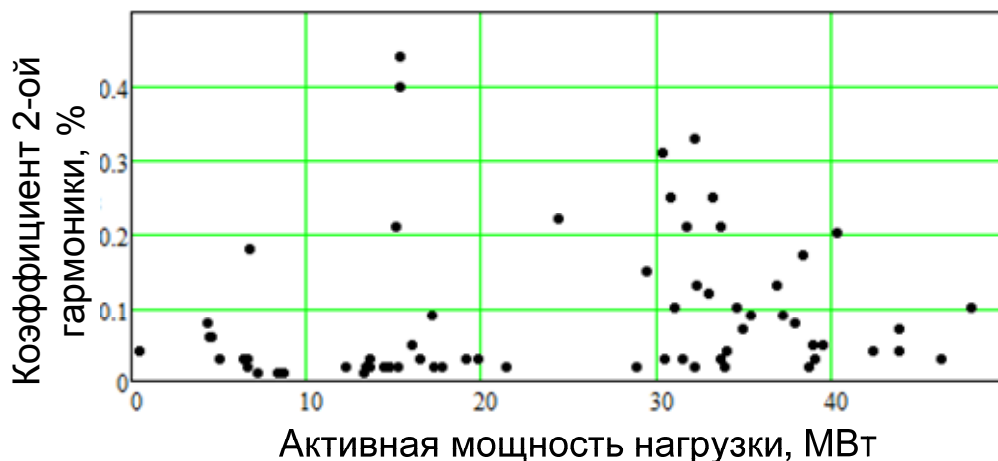


Рисунок 2.8 - График зависимости коэффициента 2-ой гармоники напряжения на шинах 35 кВ от мощности нагрузки

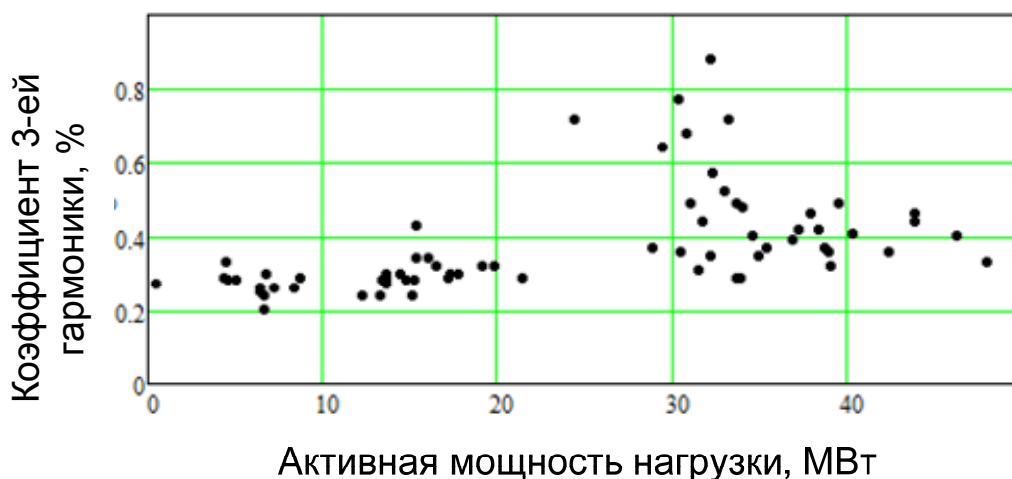


Рисунок 2.9 - График зависимости коэффициента 3-ей гармоники напряжения на шинах 35 кВ от мощности нагрузки

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

13.03.02.2020.100.00.00 ПЗ

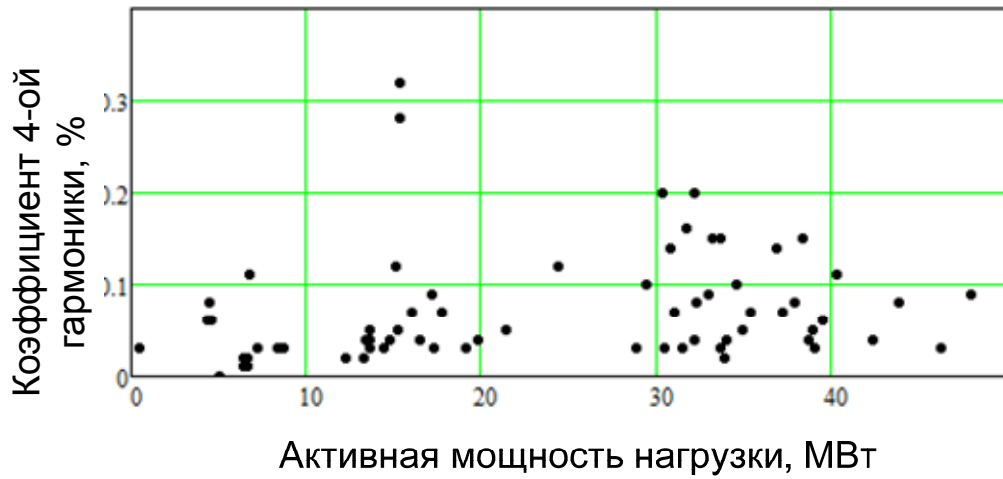


Рисунок 2.10 - График зависимости коэффициента 4-ой гармоники напряжения на шинах 35 кВ от мощности нагрузки

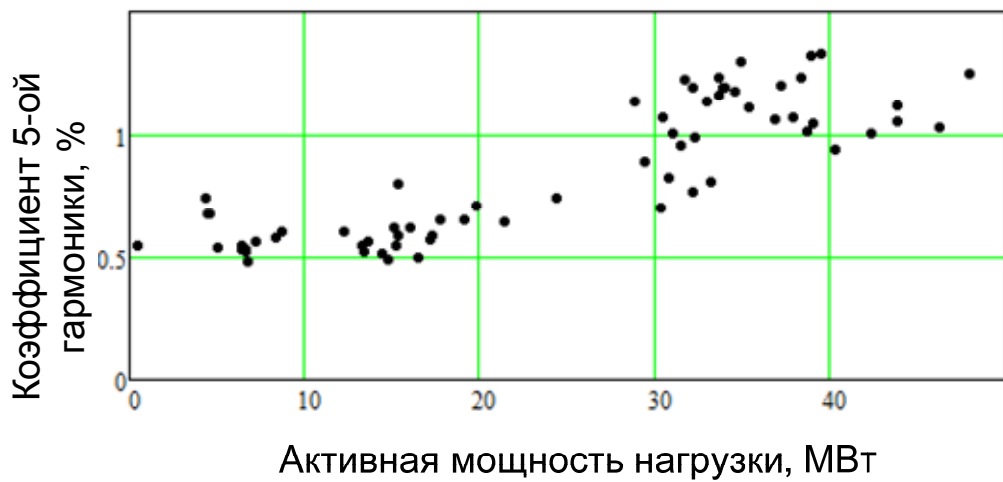


Рисунок 2.11 - График зависимости коэффициента 5-ой гармоники напряжения на шинах 35 кВ от мощности нагрузки

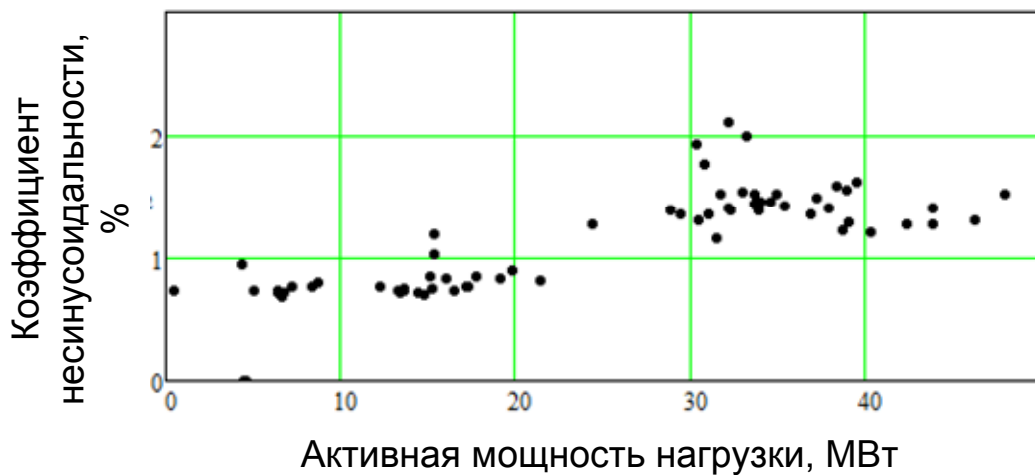


Рисунок 2.12 - График зависимости коэффициента несинусоидальности напряжения на шинах 35 кВ от мощности нагрузки

Анализ графиков 2.8- 2.12 позволяет выявить некоторые закономерности. На несинусоидальность напряжения влияют как нагрузка, подключенная к шинам 35

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

13.03.02.2020.100.00.00 ПЗ

Согласно теоретическим представлениям несимметричная система напряжений в общем случае раскладывается на симметричные составляющие: прямой, обратной и нулевой последовательности. В соответствии с этим установлены два основных показателя качества электроэнергии: коэффициент несимметрии напряжений по обратной последовательности и коэффициент несимметрии напряжений по нулевой последовательности [11].

Дуговые сталеплавильные печи при трехфазном исполнении печного трансформатора создают как статическую (из-за несимметричной короткой сети), так и вероятностную несимметрию напряжений из-за случайного характера токов электрических дуг в каждой фазе.

Статическая несимметрия вызвана неодинаковостью сопротивления токопровода и контактных соединений. Коэффициент асимметрии может достигать 30 %, что приводит к неравенству выделения мощности в электродах и появление «ди-кой» и «мертвой» фаз. Основным направлением снижения статической несимметрии является тщательная разработка короткой сети. Наиболее совершенные варианты короткой сети позволяют снизить статическую несимметрию до 3÷5 %.

Динамическая несимметрия вызывается неодинаковостью условий зажигания дуг под различными электродами, несовпадением моментов эксплуатационных коротких замыканий и т.д.

Исходные данные на выпускную квалификационную работу позволяют построить временные зависимости фазных напряжений от времени. Эти зависимости показаны на рисунке 2.14.

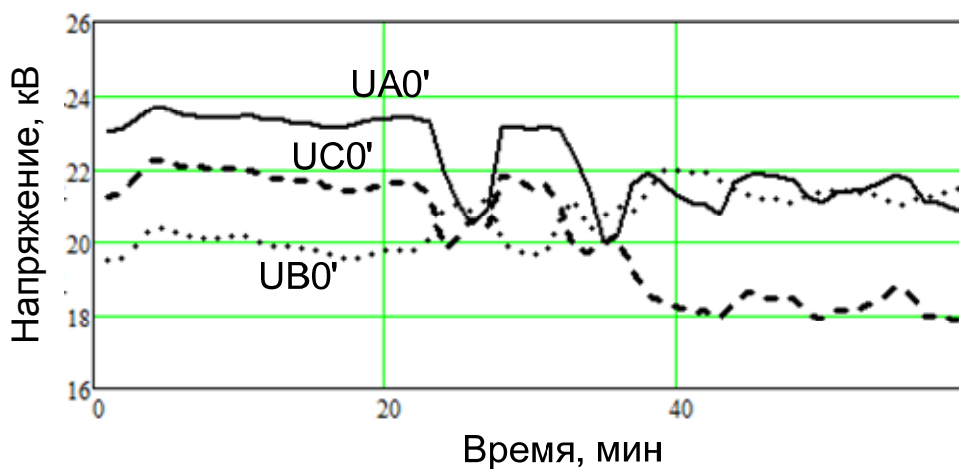


Рисунок 2.14 - Зависимости фазных напряжений от времени.

Анализ рисунка 2.14 показывает, что на шинах 35 кВ наблюдается большая несимметрия напряжений, поскольку величины действующих значений напряжений существенно отличаются для различных фаз. Выше было указано, что основной причиной таких различий является принятая в данном случае конструкция короткой сети [12].

Принципиальная схема соединения печного трансформатора и дуговой сталеплавильной печи показана на рисунке 2.15. Короткой сетью называют токопровод от выводов вторичной стороны трансформаторов до электродов дуговой печи. Короткая сеть состоит из участков жестко закрепленных шинопроводов и гибких проводов, соединяющих концы шинопроводов с электродами (рисунок 2.15). Токопро-

Вместо действующего значения напряжения прямой последовательности в формулу допускается подставлять номинальное значение. При этом погрешность будет равна величине установившегося отклонения напряжения.

Нормально допустимое значение коэффициента несимметрии напряжений по обратной последовательности в точках общего присоединения к электрическим сетям равно 2 %, а предельно допустимое значение – 4 % [11].

Коэффициент несимметрии напряжений по нулевой последовательности рассчитывается следующим образом. Одновременно измеряются действующие значения трех междуфазных и двух фазных напряжений основной частоты. По данным измерений определяют действующие значения напряжения нулевой последовательности основной частоты по формуле [11]

$$U_{0(1)} = \frac{1}{6} \sqrt{\left[\frac{U_{BC(1)}^2 - U_{CA(1)}^2}{U_{AB(1)}} - 3 \frac{U_{B(1)}^2 - U_{A(1)}^2}{U_{AB(1)}} \right]^2 + \left[\sqrt{4U_{BC(1)}^2 - \left(U_{AB(1)} + \frac{U_{BC(1)}^2 - U_{CA(1)}^2}{U_{AB(1)}} \right)^2} - \sqrt{4U_{BC(1)}^2 - \left(U_{AB(1)} + \frac{U_{B(1)}^2 - U_{A(1)}^2}{U_{AB(1)}} \right)^2} \right]^2}$$

где $U_{AB(1)}$ - действующее значение первой гармоники линейного напряжения между фазами А и В;

$U_{BC(1)}$ - действующее значение первой гармоники линейного напряжения между фазами В и С;

$U_{CA(1)}$ - действующее значение первой гармоники линейного напряжения между фазами С и А;

$U_{A(1)}$ - действующее значение первой гармоники фазного напряжения фазы А;

$U_{B(1)}$ - действующее значение первой гармоники фазного напряжения фазы В.

Через известное значение напряжения нулевой последовательности вычисляют коэффициент несимметрии напряжений по нулевой последовательности для каждого измерения:

$$K_{0U} = \frac{\sqrt{3}U_{0(1)}}{U_{1(1)}} 100, \%$$

где $U_{1(1)}$ – действующее значение междуфазного напряжения прямой последовательности основной частоты. Вместо действующего значения напряжения прямой последовательности в формулу допускается подставлять номинальное значение. При этом погрешность будет равна величине установившегося отклонения напряжения.

Нормально допустимое значение коэффициента несимметрии напряжений по нулевой последовательности в точках общего присоединения к электрическим сетям равно 2 %, а предельно допустимое значение – 4 % [11].

Результаты расчета коэффициентов по обратному и нулевому следованию фаз сведены в таблицу 2.1.

										Лист
										26
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	13.03.02.2020.100.00.00 ПЗ					

Таблица 2.1 - Составляющие напряжения на шинах 35 кВ

Время, мин	$U_{2(1)}, В$	$U_{0(1)}, В$	$K_{2U}, \%$	$K_{0U}, \%$
1	205	1988	0,560	9,370
2	185	1996	0,500	9,380
3	176	1954	0,470	9,030
4	104	1874	0,270	8,510
5	106	1878	0,280	8,520
6	114	1877	0,300	8,580
7	112	188	0,300	8,610
8	104	1881	0,280	8,630
9	109	1854	0,290	8,510
10	107	1879	0,290	8,620
11	107	1907	0,290	8,760
12	126	1945	0,340	9,010
13	115	1957	0,310	9,070
14	125	1912	0,340	8,880
15	112	1926	0,300	8,940
16	164	1950	0,450	9,130
17	176	2008	0,480	9,420
18	202	2068	0,550	9,690
19	163	2093	0,440	9,780
20	139	2040	0,370	9,480
21	135	2082	0,360	9,650
22	134	2058	0,360	9,560
23	129	1986	0,350	9,240
24	365	1237	1,010	5,920
25	375	1140	1,050	5,520
26	351	251	0,990	1,220
27	293	1084	0,820	5,220
28	114	1836	0,310	8,500
29	111	1963	0,300	9,130
30	119	1997	0,320	9,360
31	114	1996	0,310	9,310
32	127	1795	0,340	8,350
33	517	1386	1,430	6,560

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

13.03.02.2020.100.00.00 ПЗ

Лист

27

Окончание таблицы 2.1

Время, мин	$U_{2(1)}, В$	$U_{0(1)}, В$	$K_{2U}, \%$	$K_{0U}, \%$
34	257	944	0,730	4,620
35	285	857	0,810	4,240
36	288	903	0,820	4,420
37	282	1469	0,790	7,160
38	326	1964	0,910	9,540
39	266	2176	0,750	10,570
40	226	2207	0,640	10,800
41	236	2201	0,670	10,850
42	178	2194	0,510	10,820
43	182	2171	0,530	10,830
44	230	2009	0,650	9,840
45	159	1874	0,450	9,120
46	281	1906	0,790	9,320
47	324	1889	0,920	9,240
48	252	1822	0,720	8,950
49	261	2055	0,750	10,210
50	196	2089	0,570	10,410
51	151	2071	0,430	10,230
52	171	2068	0,490	10,210
53	156	2041	0,440	10,050
54	194	1955	0,550	9,590
55	137	1748	0,390	8,520
56	181	1857	0,510	9,110
57	160	2055	0,460	10,250
58	174	2094	0,500	10,440
59	207	2136	0,600	10,660
60	227	2129	0,660	10,650

График зависимости коэффициента по обратному следованию фаз от времени показан на рисунке 2.16.

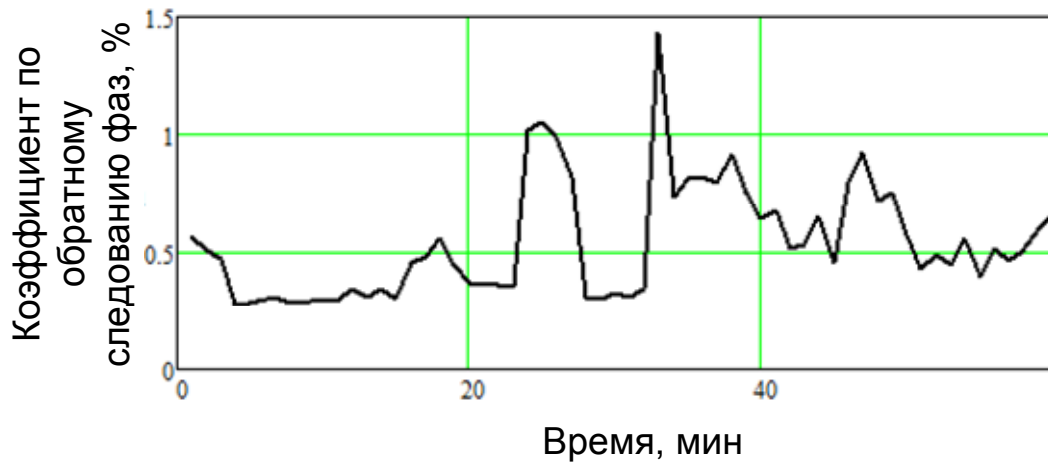


Рисунок 2.16 Зависимость коэффициента по обратному следованию фаз от времени

График зависимости коэффициента по обратному следованию фаз от мощности нагрузки показан на рисунке 2.17.

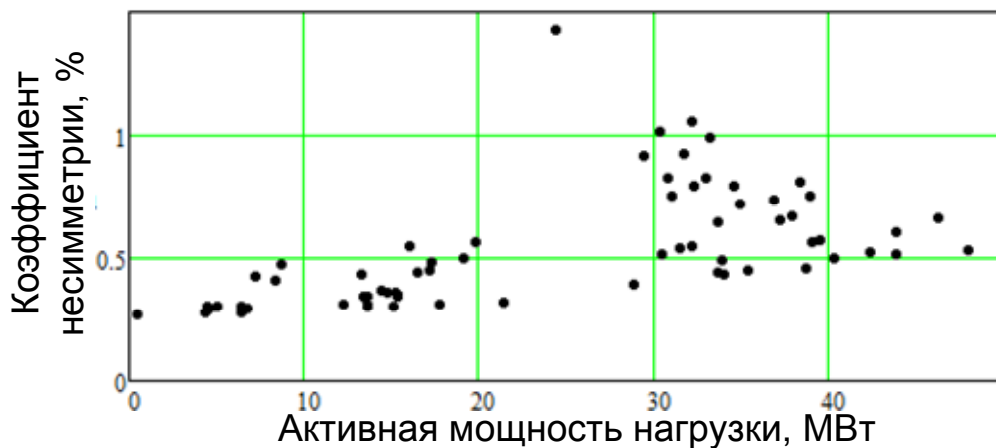


Рисунок 2.17 - Зависимость коэффициента по обратному следованию фаз от мощности нагрузки

Анализ зависимостей показывает, что требования по качеству электроэнергии выполняются для коэффициента по обратному следованию фаз: 1.7% максимально допустимое значение и 2% нормально допустимое значение. Аналогично несинусоидальности напряжения в создаваемые величины коэффициентов вносит вклад не только нагрузка, подключенная к секции шин 35 кВ, но и другая нагрузка в сети и другие факторы (например, конструкция короткой сети). Из рисунка 2.17 видно, что этот вклад составляет примерно 0.25 %.

График зависимости коэффициента по нулевому следованию фаз от времени показан на рисунке 2.18.

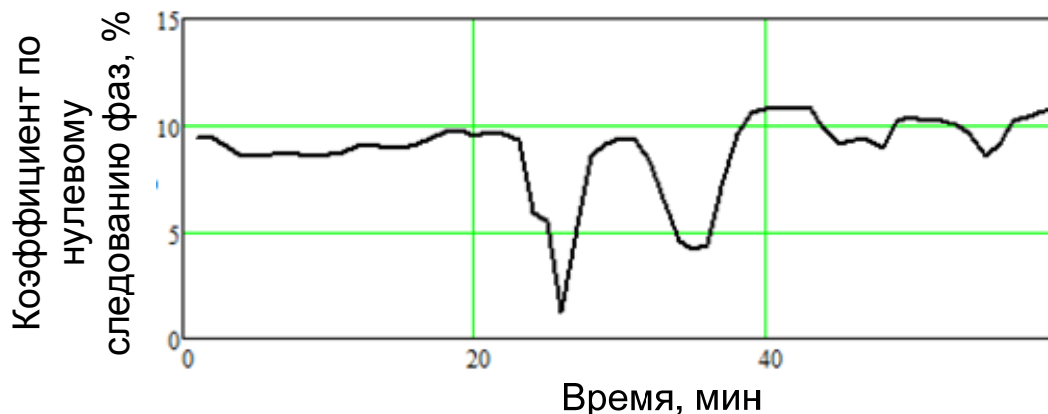


Рисунок 2.18 - Зависимость коэффициента по нулевому следованию фаз от времени

График зависимости коэффициента по нулевому следованию фаз от мощности нагрузки показан на рисунке 2.19.

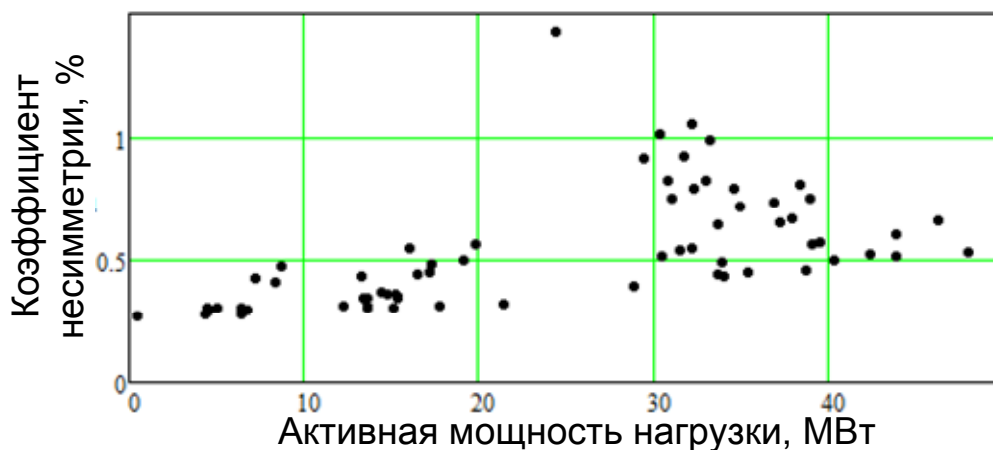


Рисунок 2.19 - Зависимость коэффициента по нулевому следованию фаз от мощности нагрузки

Анализ зависимостей показывает, что требования по качеству электроэнергии не выполняются для коэффициента по обратному следованию фаз: 10 % максимально допустимое значение и 2% нормально допустимое значение. Аналогично несинусоидальности напряжения в создаваемые величины коэффициентов вносит вклад не только нагрузка, подключенная к секции шин 35 кВ, но и другие факторы (например, конструкция короткой сети [12]). Из рисунка 2.19 видно, что этот вклад составляет примерно 10 %.

Вывод по разделу 2

Из-за несоблюдения норм качества электроэнергии по коэффициенту нулевого следования фаз подключение другой нагрузки на секцию шин 35 кВ невозможно без дополнительных мероприятий по улучшению качества электрической энергии.

3 СИСТЕМА ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ЦЕХА

3.1 Расчет нагрузки для дуговых сталеплавильных печей

Нагрузка дуговой сталеплавильной печи непрерывно-циклическая. Циклическость работы характеризуется чередованием плавки с остановками печи для слива металла, заправки печи и завалки шихты. Печи работают непрерывно. Длительные отключения печи происходят только при ее ремонтах. Число кратковременных отключений в процессе одной плавки достигает нескольких десятков.

На рисунке 3.1 показан примерный график [7,8] изменения средней мощности дуговой сталеплавильной печи с трансформаторами мощностью 25 МВА за один технологический цикл плавки продолжительностью 4,5 ч. На графике видно несколько отключений агрегата на 10÷20 мин и указаны причины отключений. Технологические отключения на время от 1 до 10 мин не показаны (их число значительно больше, и они увеличивают переменный характер нагрузки).

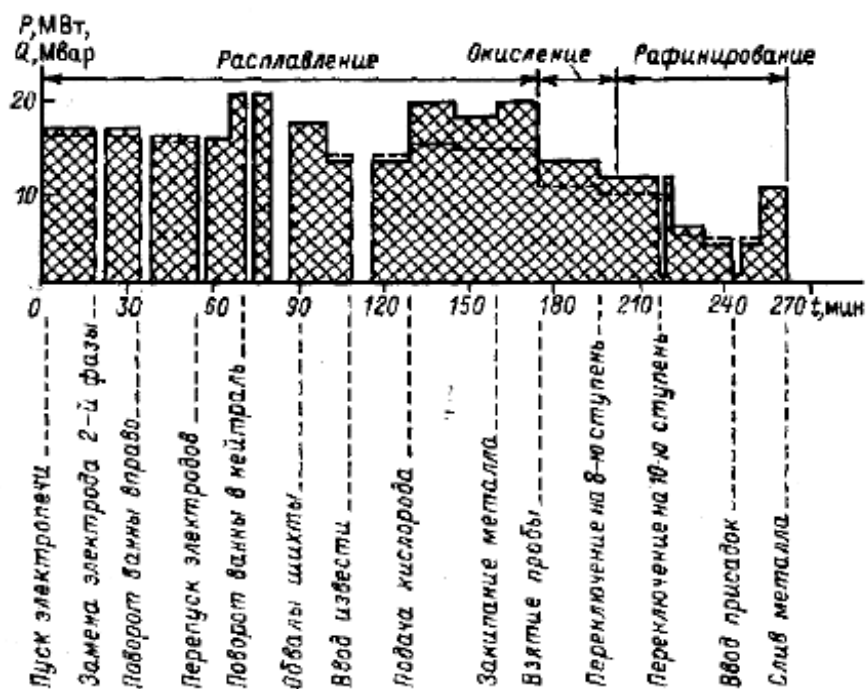


Рисунок 3.1 - Характерный график работы ДСП

Коэффициент включения для индивидуальных графиков равен $0,5 \div 0,9$ (нижнее значение относится к печам большой мощности). При увеличении количества печей и сдвиге графиков их нагрузок коэффициент включения увеличивается и при $n > 5$ его можно считать равным 1.

Низкие значения коэффициента включения установленной мощности трансформаторов объясняются рядом причин. В первую очередь это связано со значительным различием мощностей в разные этапы плавки. Печи с полным технологическим циклом (с рафинированием) всегда недоиспользуют возможности трансформатора. Увеличение мощности для повышения производительности печи без снижения длительности рафинировочных периодов приводит к уменьшению коэффициента использования. Для наибольшего использования возможностей печного трансформатора его номинальную мощность необходимо брать на 20

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

ниже его нагрузки в период расплавления. Существенное влияние на коэффициент использования оказывают длительности аварийных и плановых простоев.

Часто на предприятии устанавливается группа из нескольких дуговых сталеплавильных печей. Наибольшее распространение получили варианты двух или трех одинаковых печей в группе. Зависимость графиков нагрузок таких дуговых сталеплавильных печей обуславливается общностью программы цеха. Особенно влияет на характер согласованности графиков работы печей наличие в цехе установок непрерывной разливки стали и ограничения электропотребления. Наиболее тяжелым режимом системы электроснабжения является совпадение во времени периодов расплавления на нескольких печах.

В задании на выпускную квалификационную работу имеется 4 дуговых сталеплавильных печи мощностью в период расплавления по 15 МВт каждая. В нормальном режиме к каждой секции шин подключено по две печи. Их работу нужно организовать таким образом, чтобы циклы плавки не совпадали. Возьмем характерные мощности и продолжительности процессов:

- 1 час загрузка и выгрузка;
- 15 МВт и 2 часа – плавка;
- 12 МВт и 0.5 час окисление;
- 7.5 МВт и 1 час рафинирование.

Построим графики потребления активной мощности для каждой из печей и на шинах 35 кВ. Графики показаны на рисунке 3.2 при сдвиге начала плавки в печах на 2.25 ч.

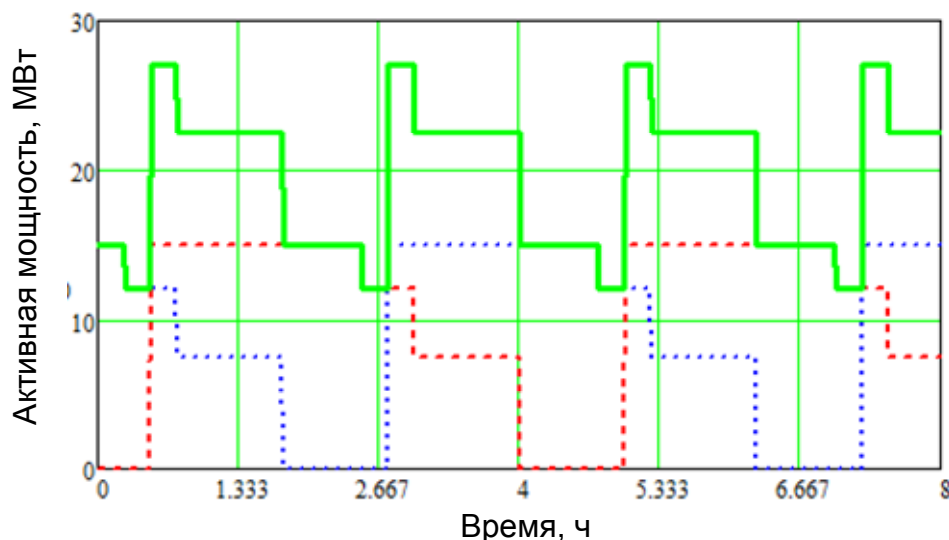


Рисунок 3.2 - График работы печей

Из графиков видно, что максимальное потребление активной мощности в нормальном режиме составляет $P_n=27$ МВт и продолжается около 0.5 часа. Далее следует режим с потреблением 22 МВт в течении 1.5 часа. В послеаварийном режиме графики печей подключенных к разным секциям шин также сдвинуты на 1.125 ч. Следовательно, максимальное потребление $P_{av}=22$ МВт + 27 МВт = 49 МВт. Из анализа исходных данных видно средний сдвиг по фазе для дуговых сталеплавильных печей составляет 42 электрических градуса. Таким образом, максимальная реактивная загрузка в нормальном режиме $Q_n=22*\tan(42^\circ)=19.8$ МВАр, а в послеаварийном режиме $Q_{av}=49*\tan(42^\circ)=44.1$ МВАр.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

3.2 Расчет остальной нагрузки цеха

Расчет мощности остальной нагрузки цеха необходим для выбора секции шин и мощности общего цехового трансформатора. Определим средние значения активных и реактивных мощностей группы электроприемников цеха по выражениям (3.1-3.2) [13]:

$$P_C = \sum_{i=1}^n p_{Hi} \cdot k_{ua.i}, \quad (3.1)$$

$$Q_C = \sum_{i=1}^n p_{Hi} \cdot k_{u.i} \cdot \operatorname{tg} \varphi_i. \quad (3.2)$$

где P_{Hi} – активная мощность i -го электроприемника,

$\operatorname{tg} \varphi_i$ – коэффициент мощности i -го электроприемника,

k_{Hi} – коэффициент использования для i -го электроприемника,

U_n – линейное напряжение нагрузки.

Расчеты по формулам (3.1) и (3.2) сведены в таблицу 3.1.

Таблица 3.1 Мощность остальной нагрузки

Номер на плане	Количество	P_H , кВт	k_H	$\operatorname{tg} \varphi$	P_c , кВт	Q_c , кВАр
1	4	250	1	0.8	1000	800
2	4	500	0.5	1.5	1000	1500
3	4	250	0.3	0.8	300	240
4	4	400	0.05	0.9	80	72
5	4	500	1	0.7	2000	1400
6	1	500	0.8	1.1	400	440
7	2	500	1	0.7	1000	700
Итого					5780	5132

Согласно методике [13] также необходимо рассчитать коэффициент использования для группы электроприемников

$$K_u = \frac{\sum_{i=1}^n p_{Hi} \cdot k_{u.i}}{\sum_{i=1}^n p_{Hi}}, \quad (3.3)$$

где P_{Hi} – активная мощность i -го электроприемника,

k_{Hi} – коэффициент использования для i -го электроприемника,

и эквивалентное число электроприемников

$$n_{\text{э}} = \frac{\left(\sum_{i=1}^n P_{\text{Hi}} \right)^2}{\sum_{i=1}^n P_{\text{Hi}}^2}, \quad (3.4)$$

где P_{Hi} – активная мощность i -го электроприемника.

Расчеты по формулам (3.3) и (3.4) с использованием данных таблицы 1: коэффициент использования $K_{\text{и}}=0.635$, эквивалентное число электроприемников $n_{\text{э}}=28.6$.

Согласно РТМ 36.18.32.4.92 [13] расчетная нагрузка для второго уровня системы электроснабжения определяется по следующим выражениям:

$$P_{\text{р}} = K_{\text{ра}} \cdot P_{\text{с}}, \quad Q_{\text{р}} = K_{\text{pp}} \cdot Q_{\text{с}}, \quad (3.5)$$

где $K_{\text{ра}}$ – расчетный коэффициент по активной мощности, который определяется по таблицам согласно РТМ 36.18.32.4.92 [13] и равен 1,05;

K_{pp} – расчетный коэффициент по реактивной мощности, который приближенно определяется по следующей формуле:

$$K_{\text{pp}} \approx 1 + \frac{1}{6 \cdot \sqrt{n_{\text{э}}}} = 1,031.$$

Активная и реактивная расчетные нагрузки цеха согласно (3.5) будут равны: $P_{\text{р}} = 6,1 \text{ МВт}$; $Q_{\text{р}} = 5,3 \text{ МВАр}$.

3.3 Выбор схемы присоединения остальной нагрузки цеха

Активная нагрузка одного из трансформаторов цеха в нормальном режиме равна сумме активной нагрузки двух печей и остальной нагрузки цеха, присоединенных к секции шин этого трансформатора $P_{\text{тн}}=6.1+22=28.1 \text{ МВт}$. Реактивная нагрузка этого трансформатора аналогично равна $Q_{\text{тн}}=5.3+19.8=25.1 \text{ МВАр}$.

Для шин 110 кВ коэффициент мощности нагрузки не должен превышать значение $\text{tg}(f)_{\text{пред}}=0.5$. В рассматриваемом случае эта величина $\text{tg}(f)=25.1/28.1=0.893$. Поэтому реактивная мощность $Q_{\text{БК}}= Q_{\text{тн}} - P_{\text{тн}} \cdot \text{tg}(f)_{\text{пред}} = 25.1-28.1 \cdot 0.5=11.05 \text{ МВАр}$ должна быть скомпенсирована при помощи высоковольтных конденсаторных батарей.

В связи с этим реактивная загрузка трансформатора в послеаварийном режиме должна быть уменьшена на мощность этих конденсаторных батарей $Q_{\text{т.а.}}=44.1+5.3 \cdot 2-11.05 \cdot 2=32.5 \text{ МВАр}$. Активная нагрузка цеха в послеаварийном режиме равна сумме активной нагрузки всех печей и остальной нагрузки цеха $P_{\text{т.а.}}=6.1 \cdot 2+49=61 \text{ МВт}$. Полная мощность, пропускаемая трансформатором

$$S_{\text{т.а.}} = \sqrt{P_{\text{м.а.}}^2 + Q_{\text{м.а.}}^2} = \sqrt{61^2 + 32.5^2} = 69.1 \text{ МВА}.$$

Перегрузка трансформатора в послеаварийном режиме не может быть более 140 % от номинальной мощности. Следовательно, необходимо выбрать трансформатор с номинальной мощностью большей чем. $69.1/1.4=49.4 \text{ МВА}$. Среди

					13.03.02.2020.100.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		34

выпускаемых в Российской Федерации типовых трансформаторов нужно выбрать трансформатор номинальной мощностью $S_{ном}=63$ МВА.

В связи с тем, что в разделе 2 был сделан вывод о невыполнении требований по качеству электроэнергии на шинах 35 кВ, подключать другую нагрузку цеха на эту секцию шин не представляется возможным.

Если качество электроэнергии на шинах не удовлетворительное, то его можно улучшить [14]:

- 1) увеличением мощности трансформатора;
- 2) подключением дуговых сталеплавильных печей к точке с большей мощностью короткого замыкания;
- 3) питанием других потребителей и дуговых сталеплавильных печей от разных секций шин трансформатора.

Первое из решений экономически нецелесообразно, поскольку стоимость трансформаторов увеличивается с увеличением номинальной мощности трансформатора. Второе решение невозможно по условиям, заданным на выпускную квалификационную работу. Поэтому выбираем трехобмоточный трансформатор и подключаем остальную нагрузку цеха к секции шин 10 кВ. Принципиальная схема подключения показана на рисунке 3.3.

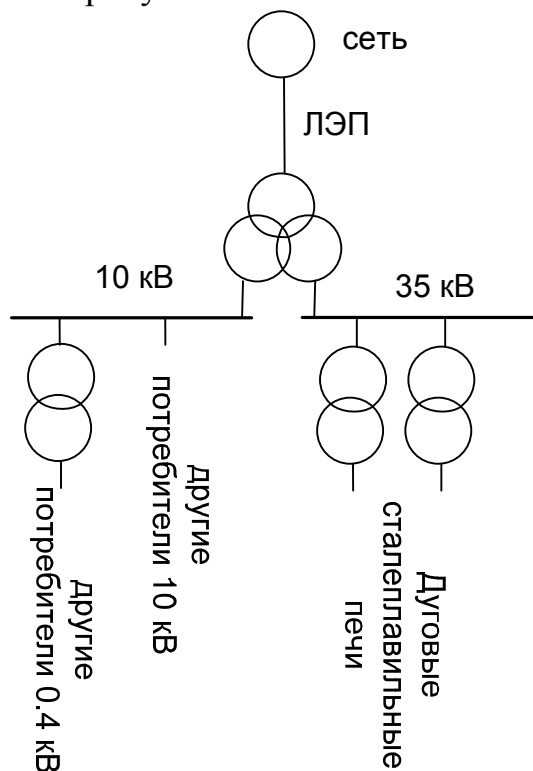


Рисунок 3.3 - Схема подключения нагрузки

При такой схеме присоединения для высоковольтных потребителей цеха таких как

- электропривод устройства охлаждения короткой сети;
- устройство для электромагнитного перемешивания металла;
- электропривод для поднятия и опускания электродов;
- электропривод для поднятия и опускания чаши с жидким металлом;
- электропривод кран для загрузки металла

удается избежать двойной трансформации энергии. Поэтому данная схема экономически целесообразна.

Использованная схема присоединения остальной нагрузки в сталеплавильном цехе позволяет существенно улучшить качество электроэнергии в месте присоединения остальной нагрузки. Схема замещения представлена на рисунке 3.4. Источник возмущения (несинусоидальность или несимметрия) представлен в виде источника тока, трансформатор и сеть представлены в виде индуктивных сопротивлений.

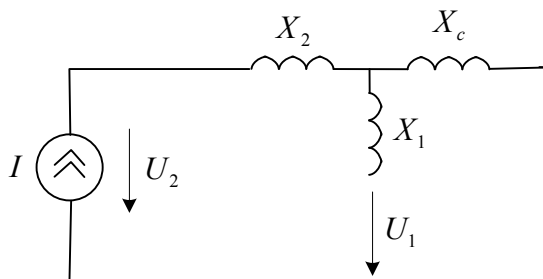


Рисунок 3.4 - Схема замещения сети

Для расчета сопротивлений в схеме замещения трансформатора используются каталожные данные трехобмоточного трансформатора марки ТДТН-63000/100/35/10 [15]: номинальная мощность $S_n = 63$ МВА и напряжения короткого замыкания $u_{кнс} = 6.6\%$, $u_{квн} = 18.2\%$, $u_{квс} = 10.9\%$. Расчет параметров схемы замещения для напряжения 10 кВ выполнялся по формулам

$$X_1 = \frac{(u_{квн} + u_{квс} - u_{кнс})U_{3н}^2}{S_n} = \frac{(0.182 + 0.109 - 0.066)10000^2}{63000000} = 0.36 \text{ Ом},$$

$$X_2 = \frac{(u_{квн} + u_{кнс} - u_{квс})U_{3н}^2}{S_n} = \frac{(0.182 + 0.066 - 0.109)10000^2}{63000000} = 0.22 \text{ Ом}.$$

Сопротивление сети для заданной мощности короткого замыкания $S_{кз} = 2500$ МВА и рассчитывается по формуле

$$x_c = \frac{U_n^2}{S_{кз}} = 0.04 \text{ Ом}.$$

Таким образом, коэффициент ослабления вредного влияния, равный отношению напряжений, равен

$$K = \frac{X_c}{X_2 + X_c} = 0.154,$$

Максимальные значения коэффициентов гармоник и коэффициента несинусоидальности на шинах 35 кВ равны

- коэффициент 2-ой гармоники 0.45 %;
- коэффициент 3-ой гармоники 0.9 %;
- коэффициент 4-ой гармоники 0.32 %;
- коэффициент 5-ой гармоники 1.7 %;
- коэффициент несинусоидальности 2.2%.

Для шин 10 кВ они составят

- коэффициент 2-ой гармоники 0.07 %;

- коэффициент 3-ой гармоники 0.14 %;
- коэффициент 4-ой гармоники 0.05 %;
- коэффициент 5-ой гармоники 0.26 %;
- коэффициент несинусоидальности 0.34%,
что намного меньше нормально допустимых значений [11]
- коэффициент 2-ой гармоники 1 %;
- коэффициент 3-ой гармоники 3 %;
- коэффициент 4-ой гармоники 0.5 %;
- коэффициент 5-ой гармоники 3 %;
- коэффициент несинусоидальности 4%.

Для коэффициентов несимметрии были получены максимальные значения

- коэффициент несимметрии по прямому следованию фаз 1.25%;
- коэффициент несимметрии по нулевому следованию фаз 10 %.

Для шин 10 кВ эти коэффициенты будут равны

- коэффициент несимметрии по прямому следованию фаз 0.19%,
- коэффициент несимметрии по нулевому следованию фаз 1.5 %, что меньше нормально допустимых значений [11]
- коэффициент несимметрии по прямому следованию фаз 2%,
- коэффициент несимметрии по нулевому следованию фаз 2 %.

Использование трансформатора с обмоткой 10 кВ, соединенной в треугольник, позволит еще существенно ослабить коэффициент по нулевому следованию, т.к. такой трансформатор не пропускает нулевую составляющую токов.

Батареи конденсаторов, необходимость которых была обоснована ранее, также лучше подключить к шинам 10 кВ, поскольку батареи конденсаторов очень чувствительны к несимметрии и несинусоидальности напряжения.

Реактивная мощность нагрузки двухтрансформаторной подстанции $P=1000$ кВт и $Q=700$ кВАр. В послеаварийном режиме трансформатор может быть перегружен максимум на 140% [16]. Таким образом, минимальная номинальная мощность трансформатора должна быть более $S_n=1000/1.4=714$ МВА. Выбираем трансформаторы мощностью $S_n=1000$ кВА. Его коэффициент загрузки в послеаварийном режиме

$$k_{з.н} = \frac{\sqrt{P^2 + Q^2}}{S_{н.т.}} = 1.22,$$

что меньше предельно допустимого значения 1.4.

3.4 Выбор сечения кабелей 35 кВ

Сечение кабелей напряжением 35 кВ определяется по экономической плотности тока и проверяется по допустимому току кабеля в нормальном режиме работы с учетом условий его прокладки, по току перегрузки и термической стойкости к токам короткого замыкания [14].

Расчетный ток в кабельной линии в нормальном режиме:

					13.03.02.2020.100.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		37

$$I_{\text{р.к.}} = \frac{\sqrt{P_p^2 + Q_p^2}}{\sqrt{3}U_{\text{н}}} = 333 \text{ А,}$$

где $P_p = 15 \text{ МВт}$ – активная мощность, которая должна передаваться по кабельной линии в режиме расплавления,

$Q_p = 13.5 \text{ МВАр}$ – активная мощность, которая должна передаваться по кабельной линии в режиме расплавления,

$U_{\text{н}} = 35 \text{ кВ}$ – номинальное напряжение кабельной линии.

Сечение кабельной линии определяем по экономической плотности тока

$$F_{\text{э}} = \frac{I_{\text{р.к.}}}{j_{\text{э}}} = 277 \text{ мм}^2,$$

где $j_{\text{э}} = 1.2 \frac{\text{А}}{\text{мм}^2}$ – экономическая плотность тока, [16].

Выбираем максимальное сечение 240 мм^2 кабеля с изоляцией из сшитого полиэтилена. Согласно [15] длительно допустимый ток такого кабеля, прокладываемого в земле, составляет 420 А , что больше максимального тока 333 А , полученного в результате расчета.

Для расчета параметров схемы замещения трансформатора используются следующие каталожные данные трехобмоточного трансформатора марки ТДТН-63000/100/35/10 [15]: номинальная мощность $S_n = 63 \text{ МВА}$, потери мощности в режиме холостого хода $P_{\text{хх}} = 50 \text{ кВт}$ и короткого замыкания $P_k = 245 \text{ кВт}$, ток холостого хода $i_{\text{хх}} = 0.8 \%$ и напряжения короткого замыкания $u_{\text{кнс}} = 6.6 \%$, $u_{\text{квн}} = 18.2\%$, $u_{\text{квс}} = 10.9\%$. Расчет параметров схемы замещения для напряжения 35 кВ выполнялся по формулам

$$X_1 = \frac{(u_{\text{квн}} + u_{\text{квс}} - u_{\text{кcn}})U_{3n}^2}{S_n} = \frac{(0.182 + 0.109 - 0.066)10000^2}{63000000} = 4.41 \text{ Ом,}$$

$$X_2 = \frac{(u_{\text{квн}} + u_{\text{кcn}} - u_{\text{квс}})U_{3n}^2}{S_n} = \frac{(0.182 + 0.066 - 0.109)10000^2}{63000000} = 2.7 \text{ Ом,}$$

$$X_3 = \frac{(u_{\text{квс}} + u_{\text{кcn}} - u_{\text{квн}})U_{3n}^2}{S_n} = \frac{(0.109 + 0.066 - 0.182) \cdot 10000^2}{63000000} = -0.2 \text{ Ом.}$$

Далее необходимо проверить выбранный кабель по термической стойкости. Сопротивление сети для заданной мощности короткого замыкания $S_{\text{кз}} = 2500 \text{ МВА}$ и рассчитывается по формуле

$$x_c = \frac{U_{\text{н}}^2}{S_{\text{кз}}} = 0.49 \text{ Ом.}$$

Ток короткого замыкания на секции шин 35 кВ составляет

$$I = \frac{E_c}{x_c + X_2} = 11 \text{ кА.}$$

					13.03.02.2020.100.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		38

Для нормального функционирования релейной защиты на предприятии, время срабатывания ступеней релейной защиты должно различаться [14]. Карта селективности релейной защиты показана на рисунке 3.5.

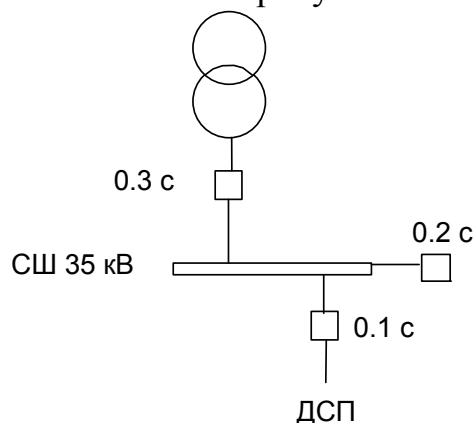


Рисунок 3.5 – Карта селективности

Анализ рисунка 3.5 показывает, что продолжительность короткого замыкания для кабеля до дуговой сталеплавильной печи – 0.1 с.

Тепловой импульс тока короткого замыкания определяется по формуле:

$$B_k = I_{КЗ}^2 (t_{рз} + t_{ов} + T_a),$$

где $t_{рз}=0.1$ с – время действия максимальной токовой защиты линии;

$t_{о.в.}=0.06$ с – полное время отключение выключателя;

$T_a=0.12$ с – время протекания аperiodической составляющей тока КЗ;

$I_{КЗ}=11$ кА – ток короткого замыкания.

Термически стойкое сечение определим по выражению

$$F_{т.с.} = \frac{\sqrt{B_k}}{C} = 35 \text{ мм}^2,$$

где C – коэффициент, зависящий от вида материала жил и изоляции кабеля,

$C=165 \text{ А} \cdot \text{с}^{0.5} / \text{мм}^2$ для кабеля с изоляцией из сшитого полиэтилена,

B_k – тепловой импульс тока короткого замыкания, $\text{кА} \cdot \text{с}^2$.

Термически стойкое сечение кабелей много меньше, чем выбранное ранее сечение кабеля. Поэтому окончательно выбираем кабели с изоляцией из сшитого полиэтилена сечением 240 мм^2 .

Выводы по разделу три

Выполнен расчет электрической нагрузки цеха, создаваемой дуговыми сталеплавильными печами и другим оборудованием. По результатам расчета выбрана мощность трансформаторов понизительной подстанции.

Поскольку подключение остальной нагрузки цеха на секции шин, к которым подключены дуговые сталеплавильные печи, невозможно, то принято решение об установке трехобмоточного трансформатора и подключении остальной нагрузки цеха к отдельной секции шин. Проведены расчеты, подтверждающие, что качество электроэнергии на шинах 10 кВ удовлетворяет нормативным требованиям по всем показателям.

4 ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ СРАВНЕНИЕ ВАРИАНТОВ

В данном разделе проведем технико-экономическое сравнение вариантов кабелей с различной изоляцией.

4.1 Выбор сечения кабелей 10 кВ

Сечение кабелей напряжением 10 кВ определяется по экономической плотности тока и проверяется по допустимому току кабеля в нормальном режиме работы с учетом условий его прокладки, по току перегрузки и термической стойкости к токам короткого замыкания [14].

Расчетный ток в кабельной линии в нормальном режиме:

$$I_{\text{р.к.}} = \frac{S_{\text{р.к.}}}{\sqrt{3}U_{\text{н}}}, \quad (4.1)$$

где $S_{\text{р.к.}}$ – мощность, которая должна передаваться по кабельной линии в нормальном режиме, кВА.

Сечение кабельной линии определяем по экономической плотности тока

$$F_3 = \frac{I_{\text{р.к.}}}{j_3}, \quad (4.2)$$

где $j_3 = 1.2 \frac{\text{А}}{\text{мм}^2}$ – экономическая плотность тока, [15].

По известному сечению выбираем кабель с длительно допустимым током. Допустимый ток кабеля пересчитываем с учетом условий прокладки

$$I'_{\text{доп}} = I_{\text{доп}} K_t K_{\text{п}}, \quad (4.3)$$

где $K_{\text{п}}=0.87$ – поправочный коэффициент на число параллельно прокладываемых кабелей [17];

$K_t = 1.02$ – поправочный коэффициент на температуру среды, в которой прокладывается кабель, [17].

Если максимальный ток в данном кабеле больше длительного допустимого тока, то сечение кабеля необходимо увеличить.

Для расчета параметров схемы замещения трансформатора используются следующие каталожные данные трехобмоточного трансформатора марки ТДТН-63000/100/35/10 [15]: номинальная мощность $S_n = 63$ МВА, потери мощности в режиме холостого хода $P_{\text{хх}} = 50$ кВт и короткого замыкания $P_k = 245$ кВт, ток холостого хода $i_{\text{хх}} = 0.8$ % и напряжения короткого замыкания $u_{\text{кнс}} = 6.6$ %, $u_{\text{квн}} = 18.2$ %, $u_{\text{квс}} = 10.9$ %. Расчет параметров схемы замещения для напряжения 10 кВ выполнялся по формулам

$$X_1 = \frac{(u_{\text{квн}} + u_{\text{квс}} - u_{\text{кcn}})U_{3n}^2}{S_n} = \frac{(0.182 + 0.109 - 0.066)10000^2}{63000000} = 0.36 \text{ Ом},$$

$$X_2 = \frac{(u_{\text{квн}} + u_{\text{кcn}} - u_{\text{квс}})U_{3n}^2}{S_n} = \frac{(0.182 + 0.066 - 0.109)10000^2}{63000000} = 0.22 \text{ Ом},$$

					13.03.02.2020.100.00.00 ПЗ	Лист
						40
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$X_3 = \frac{(u_{квс} + u_{кскн} - u_{квн})U_{3н}^2}{S_n} = \frac{(0.109 + 0.066 - 0.182) \cdot 10000^2}{63000000} = -0.01 \text{ Ом.}$$

Далее необходимо проверить выбранный кабель по термической стойкости. Сопротивление сети для заданной мощности короткого замыкания $S_{кз} = 2500 \text{ МВА}$ и рассчитывается по формуле

$$x_c = \frac{U_H^2}{S_{кз}} = 0.04 \text{ Ом.}$$

Ток короткого замыкания на секции шин 10 кВ составляет

$$I = \frac{E_c}{x_c + X_1} = 14.7 \text{ кА.}$$

Термически стойкое сечение определим по выражению

$$F_{т.с.} = \frac{\sqrt{B_k}}{C}, \quad (4.4)$$

где C – коэффициент, зависящий от вида материала жил и изоляции кабеля, $C = 92 \text{ А} \cdot \text{с}^{0.5} / \text{мм}^2$ для кабеля с бумажной пропитанной изоляцией [17], $C = 75 \text{ А} \cdot \text{с}^{0.5} / \text{мм}^2$ для кабеля с поливинилхлоридной изоляцией [17]; $C = 165 \text{ А} \cdot \text{с}^{0.5} / \text{мм}^2$ для кабеля с изоляцией из сшитого полиэтилена [17]; B_k – тепловой импульс тока короткого замыкания, $\text{кА} \cdot \text{с}^2$.

Для нормального функционирования релейной защиты на предприятии, время срабатывания ступеней релейной защиты должно различаться [14]. Карта селективности релейной защиты показана на рисунке 4.1.

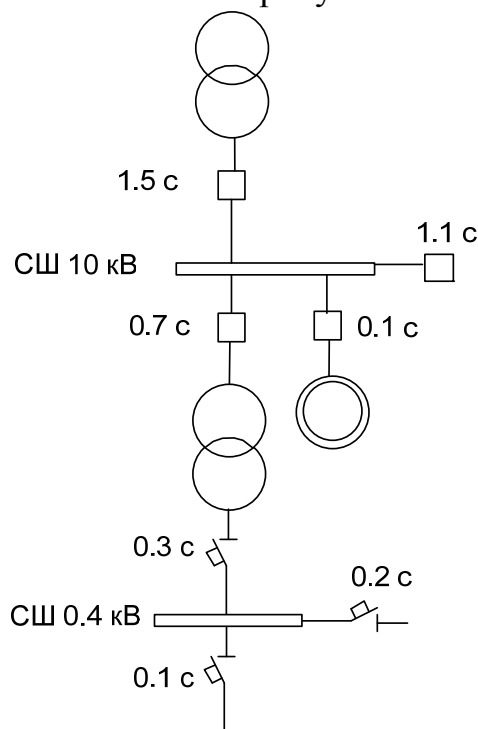


Рисунок 4.1 – Карта селективности

Анализ рисунка 2.2 показывает, что продолжительность короткого замыкания для кабеля до трансформаторной подстанции составляет 0.7 с, а для кабелей до высоковольтных двигателей – 0.1 с.

Тепловой импульс тока короткого замыкания определяется по формуле:

$$B_k = I_{кз}^2 (t_{рз} + t_{ов} + T_a), \quad (4.5)$$

где $t_{рз}$ – время действия максимальной токовой защиты линии;

$t_{о.в.}=0.06$ с – полное время отключение выключателя;

$T_a=0.12$ с – время протекания аperiodической составляющей тока КЗ;

$I_{кз}$ – ток короткого замыкания.

Результаты расчета кабельных линий приведены в таблицах 4.1 и 4.2.

Таблица 4.1 – Выбор кабельных линий 10 кВ

№ на плане	Конечные пункты	P_p , кВт	Q_p , квар	S_p ,кВА	I_p , А	$F_{э}$, мм	КОЛ-ВО КЛ
1	ЗРУ-нагрузка1	250	200	320	18.5	16	1
2	ЗРУ-нагрузка2	500	750	900	52	43	1
3	ЗРУ-нагрузка3	250	200	320	18.5	16	1
4	ЗРУ-нагрузка4	400	360	540	31	26	1
5	ЗРУ-нагрузка5	500	350	610	17.5	15	2
6	ЗРУ-нагрузка6	500	550	740	42.7	36	1
7	ЗРУ-нагрузка7	500	350	610	17.5	15	2

Таблица 4.2 – Проверка кабельных линий 10 кВ

№ на плане	Ток, А		F_k , мм ПВХ	$I_{доп}$, А ПВХ [19]	F_k , мм БПИ	$I_{доп}$, А БПИ [19]	F_k , мм СПЭ	$I_{доп}$, А СПЭ [19]
	Норм.	П/ав.						
1	18.5	-	104	385	85	330	47	225
2	52	-	104	385	85	330	47	225
3	18.5	-	104	385	85	330	47	225
4	31	-	104	385	85	330	47	225
5	17.5	35	184	500	150	435	84	330
6	42.7	-	104	385	85	330	47	225
7	17.5	35	184	500	150	435	84	330

Таким образом, для питания высоковольтной индивидуальной нагрузки можно выбрать кабель сечением 120 мм² с поливинилхлоридной изоляцией, кабель сечением 95 мм² с бумажно-пропитанной изоляцией или кабель сечением 50 мм² с изоляцией из сшитого полиэтилена. Для питания трансформаторных подстанций можно выбрать кабель сечением 185 мм² с поливинилхлоридной изоляцией, кабель сечением 150 мм² с бумажно-пропитанной изоляцией или кабель сечением 95 мм² с изоляцией из сшитого полиэтилена. Для кабелей с изоляцией из сшитого полиэтилена разница между термически стойким сечением и экономически целесообразным сечением минимальна.

4.2 Методика сравнения вариантов

При технико-экономическом сравнении будем учитывать стоимость кабельных линий и потерь электроэнергии в кабельных линиях. Методика для технико-экономического сравнения изложена в [14].

Потери электрической энергии в кабельных линиях

$$\Delta A = 3nI_{\text{р.л.}}^2 r_0 l \tau, \quad (4.6)$$

где l – длина линии, км;

r_0 – погонное активное сопротивление линии, Ом/км;

$n=1$ – количество линий;

$\tau=5800$ ч -- время использования максимума потерь (для предприятий непрерывного цикла).

Стоимость потерь электрической энергии для промышленных предприятий по двухставочному тарифу:

$$C = \delta \left(\frac{\alpha K_M}{\tau} + \beta \right), \quad (4.7)$$

где $\delta=1.05$ – поправочный коэффициент;

$\alpha=1214,22 \cdot 12=14570,64$ руб/ кВт·год – основная ставка тарифа 2020 г. [18];

$\beta=1,4661$ руб/ кВт·ч – стоимость одного кВт·ч электроэнергии 2020 г. [18];

$K_M=1$ – отношение потерь активной мощности предприятия ΔP_3 в момент наибольшей активной нагрузки энергосистемы к максимальным потерям ΔP_3 активной мощности предприятия.

Согласно формуле (4.4) стоимость электроэнергии составляет 4.6 руб за кВт*ч.

Поскольку сравниваемые варианты СЭС характеризуются одинаковыми денежными потокам, то сравнение вариантов проводим на основе минимума годовых приведенных затрат [14]:

$$Z = \sum_i^n E_i k_i + C_3, \quad (4.8)$$

где $E_i = E_n + E_{ai} + E_{oi}$ – общие ежегодные отчисления от капитальных вложений;

k_i – сумма капитальных затрат i -ой группы одинаковых электроприемников;

C_3 – стоимость годовых потерь электроэнергии.

$E_n=0,12$ – нормативный коэффициент эффективности;

E_{ai} и E_{oi} – отчисления на амортизацию и на обслуживание.

										Лист
										43
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	13.03.02.2020.100.00.00 ПЗ					

Расчет потерь электроэнергии выполнен в таблице 4.2.

Таблица 4.2 - Потери электроэнергии в кабелях

№	I_p , А	L , км	$K_{и}$	r_0 Ом/км ПВХ	ΔA , кВт*ч	r_0 Ом/км БПИ	ΔA , кВт*ч	r_0 Ом/км СПЭ	ΔA , кВт*ч
1	18.5	0.4	1	0.15	540	0.19	683	0.36	1295
2	52	0.4	0.5	0.15	2132	0.19	2700	0.36	5116
3	18.5	0.4	0.3	0.15	161	0.19	205	0.36	388
4	31	0.4	0.05	0.15	76	0.19	96	0.36	182
5	17.5	0.5	1	0.1	804	0.12	965	0.19	1529
6	42.7	0.3	0.8	0.15	1725	0.19	2185	0.36	4140
7	17.5	0.5	1	0.1	804	0.12	965	0.19	1529
ИТОГО					6241		7800		14180

Стоимость среднегодовых потерь при выборе кабелей с изоляцией из полихлорвинила составляет 31.2 т.р. Стоимость среднегодовых потерь с бумажной пропитанной изоляцией составляет 41.5 т.р. Стоимость среднегодовых потерь изоляцией из сшитого полиэтилена составляет 73.5 т.р.

Стоимость 1.9 км кабеля для питания высоковольтной нагрузки и 1 км кабеля для питания низковольтной нагрузки составляет [20]: 1950 т.р. для кабелей с полихлорвинидной изоляцией, 1650 т.р. для кабелей с бумажной пропитанной изоляцией и 1350 т.р. для кабелей с изоляцией из сшитого полиэтилена.

Приведенные затраты на вариант 1 ПВХ: $1950 \cdot 0.15 + 41 = 323.5$ т.р.

Приведенные затраты на вариант 2 БПИ: $1650 \cdot 0.15 + 51 = 288.5$ т.р.

Приведенные затраты на вариант 3 СПЭ: $1350 \cdot 0.15 + 93 = 275.0$ т.р.

Приведенные затраты на варианты приблизительно сравнимы. Это произошло потому, что с улучшением качества изоляции возрастает ее стоимость, но одновременно уменьшается сечение кабеля и экономится цветной металл. Также стоимость потерь электроэнергии в кабеле возрастает. Все эти противоположные факторы взаимно компенсируют друг друга. В такой ситуации необходимо принимать в расчет другие факторы – значительно большую надежность кабелей с изоляцией из сшитого полиэтилена, что обеспечило его широкое применение в системах электроснабжения европейских стран. Учесть в технико-экономическом сравнении надежность вариантов не представляется возможным, поскольку численные данные о надежности своей продукции фирмы считают своей коммерческой тайной.

4.3 Схема электроснабжения

После технико-экономического сравнения вариантов сформирована окончательная схема электроснабжения сталеплавильного цеха. План расположения оборудования и кабельные линии показаны на рисунке 4.2, однолинейная схема показана на рисунке 4.3.

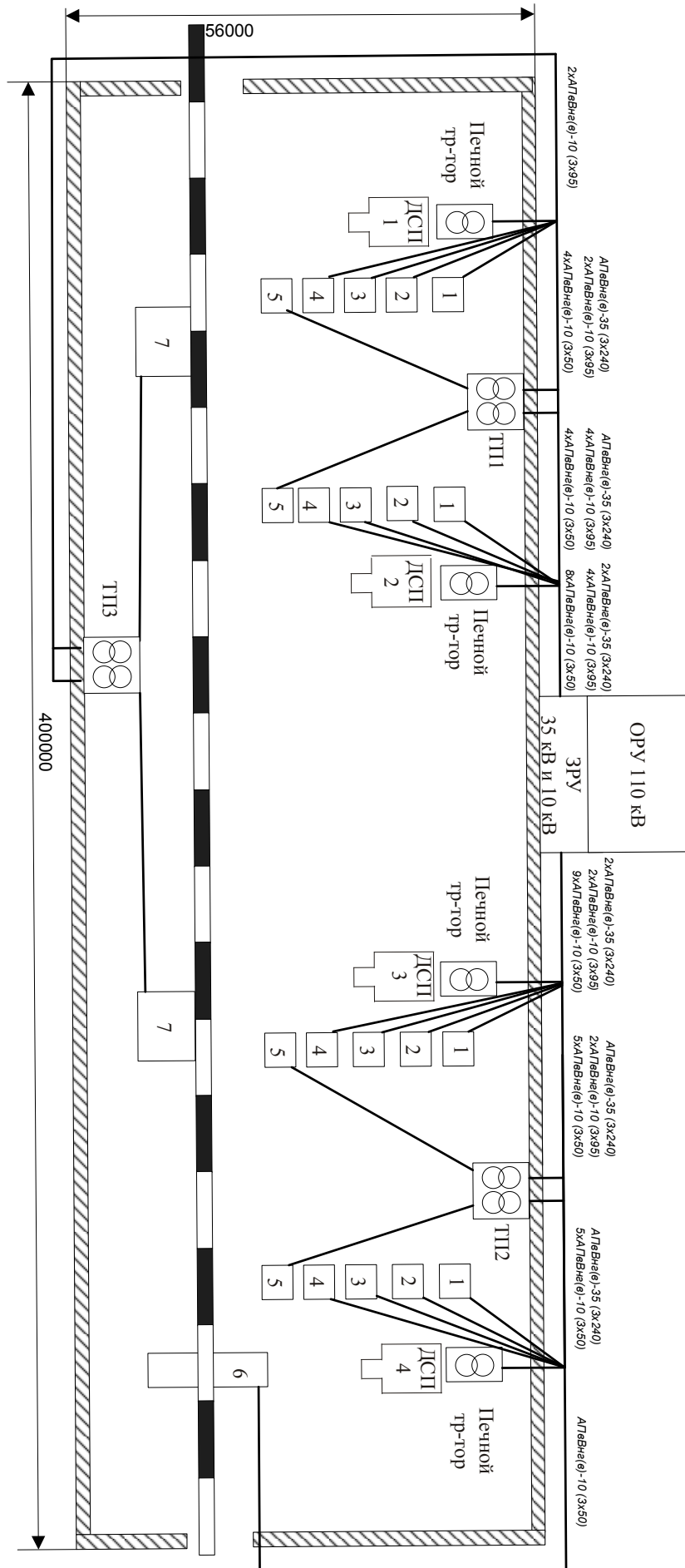


Рис. 4.2 - План расположения электрооборудования сталеплавильного цеха

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

13.03.02.2020.100.00.00 ПЗ

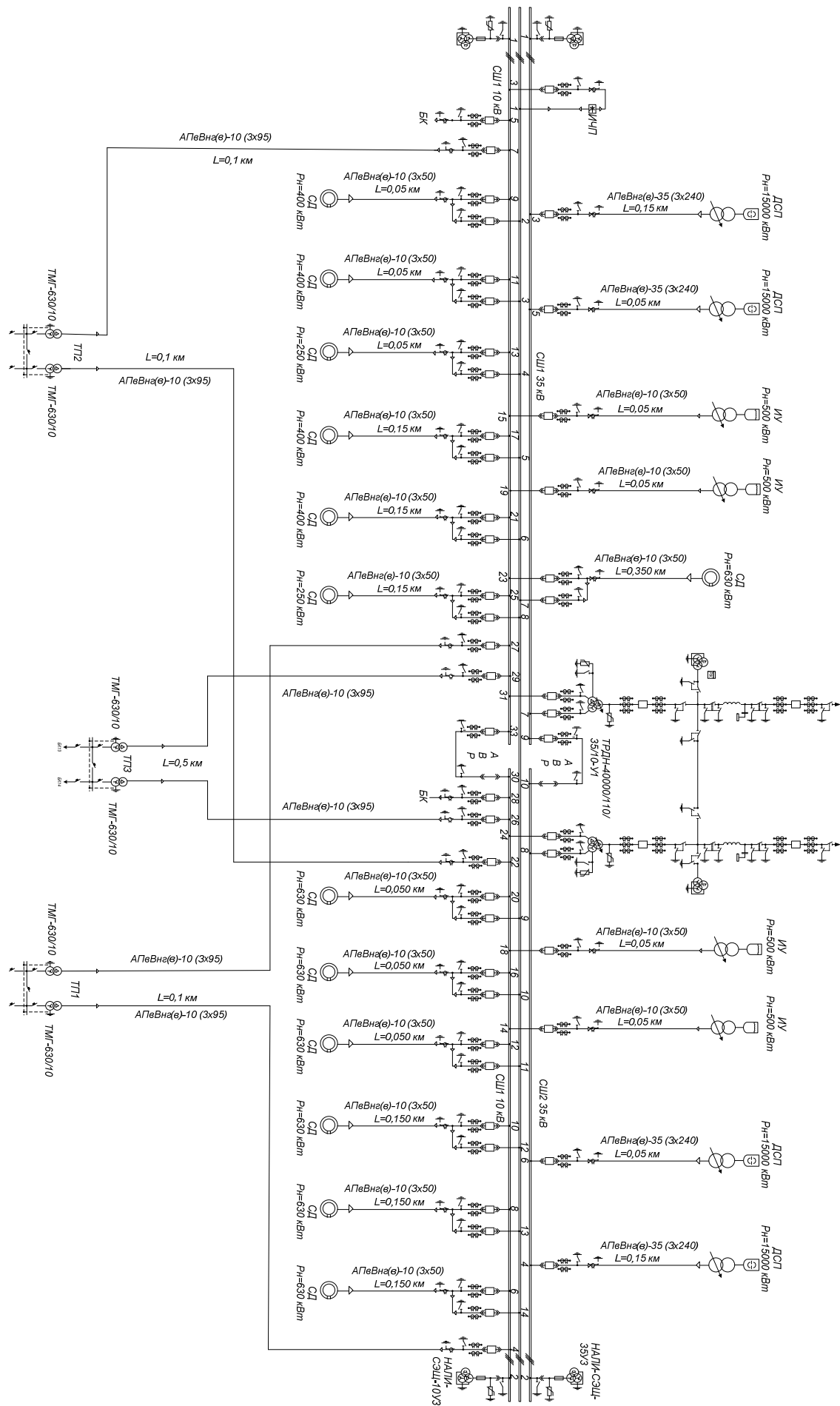


Рис. 4.3 - Однолинейная схема

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

13.03.02.2020.100.00.00 ПЗ

Выводы по разделу четыре

Выбраны кабели напряжением 10 кВ с различными видами изоляции. Проведено технико-экономическое сравнение вариантов. При сравнении вариантов учтены потери электроэнергии и усредненные капитальные затраты на кабели. В результате выбраны кабели марки АПВнг(в) как наиболее надежные.

После технико-экономического сравнения сформирована окончательная схема электроснабжения сталеплавильного цеха.

					<i>13.03.02.2020.100.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		47

5 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

5.1 Характеристика объекта с точки зрения безопасности труда

Понятие безопасность и экологичность труда означает систему социально-экономических, организационных, технических и гигиенических мероприятий и средств, обеспечивающих безопасность, сохранение здоровья и работоспособности человека в процессе труда. Основными требованиями являются изучение вопросов безопасности труда на производстве, предупреждение производственного травматизма и профессионального заболевания, пожаров взрывов, выполнением правил и норм обеспечения необходимую электробезопасность, пожаро- и взрывобезопасность электроустановок, комфортную среду на рабочих местах операторов, ведущих производственный процесс и работников, обслуживающих производственные установки. Соблюдение всех норм по охране труда на предприятии возлагаются на отделы охраны труда, создаваемых на основании ТК РФ и рекомендаций министерства труда России. Они являются самостоятельными структурами и подчиняются непосредственно руководителю предприятия и главному инженеру.

Все оборудование, установленное на объекте, должно соответствовать требованиям охраны труда, производственной санитарии и пожаробезопасности. Согласно нормам производственной санитарии, работы, выполняемые в термическом цехе, по энергозатратам организма человека относятся к физической средней тяжести. Энергозатраты человека составляют порядка 172...232 Дж/с.

Оптимальные нормы температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха в рабочей зоне производственных помещений /18/:

а) в холодный и переходный период года (температура 18...20°C, относительная влажность 40...60 %, скорость движения воздуха не более 0,2 м/с);

б) в тёплый период года (температура 21...23°C, относительная влажность 40...60 %, скорость движения воздуха не более 0,3 м/с).

Предусматривается также установка в производственных помещениях сатураторных установок на расстоянии 75 м от работающих.

Должны выполняться нормы освещенности в зависимости от категории выполняемых работ, принимаемые для основного производства не менее 200 лкс/м²; непрерывное обеспечение водой для душевых и умывальных; требования по шуму (не более 40...60 Дб) и вибрации; соблюдение норм по рабочим зонам.

Объём и площадь производственного помещения, приходящаяся на каждого работающего, должна быть не менее 15 м³ и 4,5 м² соответственно. Высота производственных помещений - не менее 3,2 м. Стены и полочки сооружают из малотокпроводящих материалов. В помещениях, где применяются агрессивные и вредные вещества изготавливаются устойчивыми в отношении химического действия этих веществ.

Понятие пожарной безопасности означает создание состояние объекта, при котором исключается возможность пожара, а в случае его возникновения предотвращения воздействия на людей опасных факторов и ограничение материального ущерба от него.

					13.03.02.2020.100.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		48

5.2 Анализ опасных и вредных производственных факторов

Опасным производственным фактором называется такой производственный фактор, воздействие которого на работающего в определенных условиях приводит к травме или к другому внезапному, резкому ухудшению здоровья [24].

Вредным производственным фактором называется такой производственный фактор, воздействие которого на работающего в определенных условиях приводит к заболеванию или снижению трудоспособности.

К факторам, определяющим повышенную опасность поражения электрическим током, относятся [21]: наличие токопроводящих полов, сырости (относительная влажность воздуха больше 75%) или проводящей пыли; повышенная температура воздуха (более 30°C); возможность одновременного прикосновения человека к имеющим соединение с землей корпусам технологического оборудования, с одной стороны, и к металлическим корпусам – с другой.

Одной из особенностей поражения электрическим током является отсутствие внешних признаков грозящей опасности, которые человек мог бы заблаговременно обнаружить с помощью органов чувств.

Человек в большинстве случаев включается в сеть либо руками (путь тока «рука – рука»), либо рукой и ногой (путь тока «рука – нога»). Проходящий при этом, ток приводит к серьезным повреждениям центральной нервной системы и таких жизненно важных органов, как сердце и легкие. Поэтому второй особенностью воздействия тока на человека является тяжесть поражения.

Третья особенность поражения человека электрическим током заключается в том, что токи промышленной частоты силой 10...25 мА способны вызвать судороги мышц. В результате возникает так называемое «приковывание» человека к токоведущим частям. Пострадавший не может сам освободиться от воздействия электрического тока.

Пожар может возникнуть при взаимодействии горючих веществ, окислителя и источников зажигания. В помещениях термического цеха, присутствуют все три фактора, необходимые для возникновения пожара.

Горючими компонентами являются перегородки, двери, полы, мебель, изоляция силовых и соединительных кабелей и др. Для поддержания микроклиматических условий в помещениях, как правило, используются системы кондиционирования и вытяжка паров. Поэтому кислород, как окислитель процессов горения, имеется в любой точке помещения. Электронные схемы, приборы, применяемые для работы, устройства электропитания, кондиционеры воздуха, где в результате различных нарушений образуются перегретые элементы, электрические искры и дуги, способные вызвать загорание горючих материалов. Пожары в таких помещениях особенно опасны, так как наносят большой материальный ущерб.

Микроклимат производственного помещения, то есть климат внутренней среды производственного помещения, который определяется сочетание температуры, влажности и скорости движения воздуха, также оказывает значительное влияние на работоспособность и самочувствие человека.

Таким образом, на рабочем месте люди подвержены влиянию значительного числа опасных и вредных факторов. Это свидетельствует о том, что при планировании производственных помещений, оборудование рабочих мест и определение

					13.03.02.2020.100.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		49

режима работы следует уделять внимание вопросам охраны труда. Ниже описываются организационные и технические мероприятия, позволяющие нейтрализовать действие большинства из этих негативных факторов.

5.3 Уменьшение влияния вредных и опасных производственных факторов

Основным требованием, предъявляемым к устройству электроустановок, является предупреждение возможности, случайного прикосновения людей к голым токоведущим частям установок низшего напряжения, а также к неизолированным и изолированным частям установок высокого напряжения. Электрические сети, электрооборудование, электрические силовые установки, эксплуатируемые в сталелитейном цехе при неправильной их эксплуатации и содержании, могут являться причиной возникновения пожара или аварии. Поэтому они всегда должны находиться в технически исправном состоянии, за исправное состояние и правильную эксплуатацию, электрооборудования, электрических силовых установок, отвечает мастер-электрик, а также оперативный персонал.

В обязанности мастера-электрика входит [22]:

- правильная организация профилактического осмотра и своевременное проведение планово-предупредительного ремонта электротехнических установок, электрооборудования, электрических установок сетей и электроаппаратуры;
- правильный выбор и применение кабеля, электропроводов, двигателей, осветительной аппаратуры и другого оборудования в зависимости от степени пожаро- и взрывоопасности производственного помещения, условий окружающей среды и технологий производства, своевременное устранение нарушений электротехнического режима на предприятии которые приводят к возгораниям, взрывам, пожарам и авариям;
- систематический контроль за состоянием средств защиты от коротких замыканий, внутренних и атмосферных перенапряжении, перегрузок, за исправностью специальных установок и средств пожаротушения в электротехнических установках и кабельных помещениях;
- организация системы обучения и инструктажа дежурного персонала, электромонтеров и электрослесарей по вопросам обеспечения безопасности при технической эксплуатации электроустановок и электротехнического оборудования;
- обеспечение объектов корпуса молниезащитой от газовых разрядов.

Плановые периодические осмотры электротехнического оборудования, наблюдения за её нормальной работой, а также незамедлительное устранение всех нарушений правил технической эксплуатации электроустановок, которые приводят к авариям, осуществляют дежурные смены электромонтеров. Результаты осмотра электротехнического оборудования и сетей, а также принятые меры по устранению неисправностей заносятся в оперативный журнал. Неисправности в электросетях, электроаппаратуре вызывающие искрения, короткие замыкания, сверхдопустимый нагрев изоляции проводов и кабелей, устраняется дежурным персоналом. При невозможности немедленного устранения неисправности электросеть отключается до приведения её в нормальное состояние.

Технические мероприятия должны быть выполнены в следующем порядке [22]:

					13.03.02.2020.100.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		50

- а) произведены необходимые отключения и приняты меры, препятствующие подаче напряжения на место работы вследствие ошибочного или самопроизвольного включения коммутационной аппаратуры;
- б) на приводы ручного и на ключи дистанционного управления коммутационной аппаратуры вывешены запрещающие плакаты;
- в) проверено отсутствие напряжения на токоведущих частях, на которых должно быть наложено заземление для защиты людей от поражения электрическим током;
- г) наложено заземление (включены заземляющие ножи), а там где они отсутствуют, установлены переносные заземлители;
- д) вывешены указательные плакаты «Заземлено», ограждены при необходимости рабочие места и оставшиеся под напряжением токоведущие части, вывешены предупреждающие и предписывающие плакаты.

В зависимости от местных условий токоведущие части ограждаются до и после наложения заземления [23].

В цехе имеются средства пожаротушения (ППБ – 01 – 93). Для тушения электрооборудования – углекислотные огнетушители, асбестовые войлочные полотна. На плавильном участке имеется песок для тушения металлов. Для тушения возгорания газа применяют углекислотный газ и порошковые огнетушители. Меры пожарной безопасности проектируются в соответствии с ГОСТ 12.1 004-91. В пожароопасных местах имеются таблички, запрещающие использование открытого огня. В цехе имеется пожарная сигнализация и средства тушения пожара.

5.4 Молниезащита здания сталеплавильного цеха

Основные параметры
 размер цеха, м - 418x54;
 класс зоны помещения - В-1г (ГСМ);
 степень огнеопасности здания - I;
 тип фундамента - свайный ж/б;
 влажность грунта, % - 10.. 15;
 среднегодовая продолжительность гроз: $n_{и} = 40-60$ часов в год;
 категория молниезащиты - II.

Определим ожидаемое количество - N - молнией цеха в год для здания прямоугольной формы [11]

$$N = [(S - 6 \cdot h) \cdot (L + 6 \cdot h) - 7,7 \cdot h^2] \cdot n \cdot 10^{-6} ,$$

где S – площадь здания, м²;

h – высота здания, м;

L – длина здания, м;

N – среднегодовое число ударов молнией в 1 км² земной поверхности, удар/км²*год.

$$N = [(19548 + 6 \cdot 12) \cdot (418 + 6 \cdot 12) - 7,7 \cdot 12^2] \cdot 4 \cdot 10^{-6} = 3,8 \frac{\text{удар}}{\text{км}^2 \cdot \text{год}}$$

Токоотводы, соединяющие молниеприемники всех видов с заземлителями, следует выполнять из стали.

5.5 Расчет защитного заземления

Заземление осуществляется преднамеренным соединением электроустановок с заземляющими устройствами. Заземляющее устройство - это совокупность заземлителя и заземляющих проводников, находящихся в непосредственном соприкосновении с землей. Заземляющие проводники - металлические проводники, соединяющие заземленные части электроустановок с заземлителем.

В качестве магистралей заземления используются все опорные металлоконструкции. Для этой цели все опорные металлоконструкции в местах стыков и в торцах соединены электросваркой между собой, что гарантирует электропроводимость между арматурой цоколя и железной колонной. Соединение осуществляется полосовой сталью сечением 4x50 мм. Расчет заземляющего устройства цеха выполнен с учетом требований [26].

Наружный контур заземления рассчитан для грунта с удельным сопротивлением, $\rho=1,2 \cdot 10^{-4}$ Ом см (суглинок). Искусственный контур заземления цеха выполняется полосовой стали 5x40 мм по периметру стана, общей длиной 418 м, на расстоянии 1м от цеха. Полоса заземления прокладывается на глубине 0,7м.

Электроды наружного контура заземления завинчиваются в землю, верхний срез электродов находится на глубине 0,6м от поверхности земли. Электроды выполнены из прутковой стали круговой стали диаметром 18мм, длиной 5м.

Расчет проведем без учета влияния естественных заземлителей и горизонтальной полосы заземления.

Расчетное удельное сопротивление грунта [27]

$$\rho_p = k_c \cdot \rho,$$

где k_c - коэффициент сезонности, учитывающий промерзание и просыхание грунта.

$$\rho_p = 1,29 \cdot 1,1 \cdot 10^4 = 1,42 \cdot 10^4 \text{ Ом} \cdot \text{см}$$

Определим сопротивление одного вертикального заземлителя [24]

$$r_B = \frac{0,366 \cdot \rho_p}{1} \cdot \left(\lg \frac{2 \cdot l}{d} + \frac{1}{2} \cdot \lg \frac{4 \cdot t + l}{4 \cdot t - l} \right)$$

где l – длина электрода, см;

d – диаметр электрода, см;

t – глубина заложения, равная расстоянию от поверхности земли до середины заземлителя, см.

$$r_B = \frac{0,366 \cdot 1,42 \cdot 10^4}{1} \cdot \left(\lg \frac{2 \cdot 500}{1,8} + \frac{1}{2} \cdot \lg \frac{4 \cdot 310 + 5000}{4 \cdot 310 - 5000} \right) = 30,4 \text{ Ом}$$

Определим количество вертикальных заземлителей [26]

					13.03.02.2020.100.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		53

$$n_B = \frac{r_B}{r_{тр} \cdot \eta}$$

где $r_{тр}$ - требуемое сопротивление заземлителя, Ом;

η - коэффициент использования вертикальных заземлителей.

$$n_B = \frac{30,4}{4 \cdot 0,58} = 11,9$$

Принимаем в контуре 12 электродов.

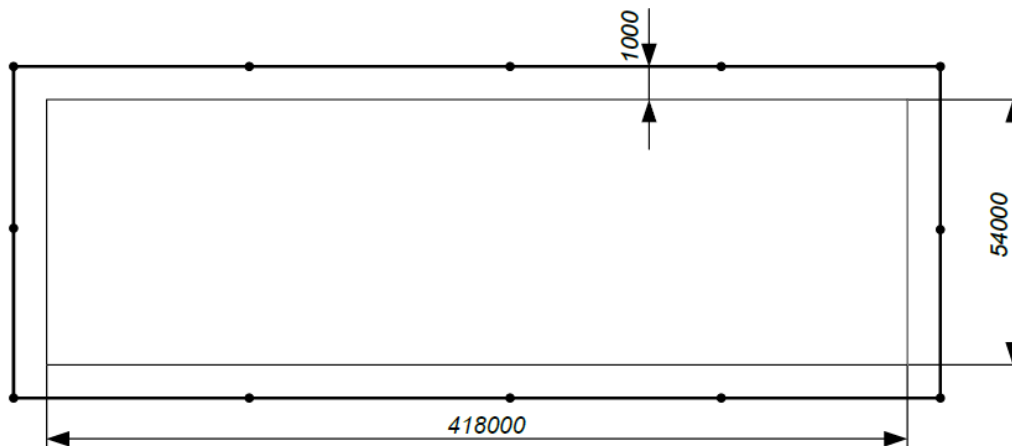


Рисунок 5.2 – Наружный контур заземления

5.6 Защита окружающей среды

В зданиях должны быть предусмотрены конструктивные, объемно планировочные и инженерно–технические решения, обеспечивающие в случае пожара:

- возможность эвакуации людей независимо от их возраста и физического состояния, наружу на прилегающую к зданию территорию до наступления угрозы их жизни и здоровью вследствие воздействия опасных факторов пожара;
- возможность спасения людей;
- возможность доступа личного состава пожарных подразделений и подачи средств пожаротушения к очагу пожара, а также проведения мероприятий по спасению людей и материальных ценностей;
- нераспространение пожара на рядом расположенном здании, в том числе при обрушении горящего здания;
- ограничение прямого и косвенного материального ущерба, включая содержимое здания и само здание, при экономически обоснованном соотношении величины ущерба и расходов на противопожарные мероприятия, пожарную охрану и её техническое оснащение.

В процессе строительства необходимо обеспечить [28]:

- приоритетное выполнение противопожарных мероприятий, предусмотренных проектом, разработанным в соответствии с действующими нормами и утверждённым в установленном порядке;
- соблюдение противопожарных правил, охрану от пожара строящегося и вспомогательных объектов, противопожарное проведение строительных и монтажных работ;

					13.03.02.2020.100.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		54

- наличие и исправное содержание средств борьбы с пожаром;
- возможность безопасной эвакуации и спасения людей, а также защиты материальных ценностей при пожаре в строящемся объекте и на строительной площадке.

В процессе эксплуатации следует:

- обеспечить содержание здания и работоспособность средств его противопожарной защиты в соответствии с требованиями проектной и технической документации на них;
- обеспечить выполнение правил пожарной безопасности, утверждённых в установленном порядке;
- не допускать изменение конструктивных, объёмно–планировочных и инженерно–технических решений проекта, разработанного в соответствии с действующими нормами и утверждённого в установленном порядке;

4) При проведении ремонтных работ не допускать применения конструкций и материалов, не отвечающих требованиям действующих норм.

Если разрешения на строительство здания получено при условии, что число людей в здании или в любой части или пожарная нагрузка ограничены, внутри здания в заметных местах должны быть расположены извещения об этих ограничениях, а администрация здания должна разработать специальные организационные мероприятия по предотвращению пожара и эвакуации людей при пожаре

Мероприятия по противопожарной защите зданий предусматриваются с учётом технического оснащения пожарных подразделений и их расположения.

При анализе пожарной опасности зданий могут быть использованы расчётные сценарии, основанные на соотношении временных параметров развития и распространения опасных факторов пожара, эвакуации людей и борьбы с пожаром.

Предотвращения распространения пожара достигается мероприятиями, ограничивающими площадь, интенсивность и продолжительность горения. К ним относятся [29]:

- конструктивные и объёмно–планировочные решения, препятствующие распространению опасных факторов пожара по помещению, между помещениями, между группами помещений различной функциональной пожарной опасности, между этажами и секциями, между пожарными отсеками, а также между зданиями;
- ограничение пожарной опасности строительных материалов, используемых в поверхностных слоях конструкции здания, в том числе кровель, отделок и облицовок фасадов, помещений и путей эвакуации;
- снижение технологической взрывобезопасности и пожарной опасности помещений зданий;
- наличие первичных, в том числе автоматических и привозных средств пожаротушения;
- сигнализация и оповещения о пожаре.

Части зданий, тушение пожара в которых затруднено (технические помещения и этажи, подвальные и цокольные этажи и другие части зданий), следует оборудовать дополнительными средствами, направленными на ограничение площади, интенсивности и продолжительности горения. Части зданий и помещения различных классов функциональной пожарной безопасности должны быть разделены между собой ограждающими конструкциями пожарной опасности или противопо-

пожарными преградами. При этом требования к таким ограждающим конструкциям и типам противопожарных преград устанавливаются с учётом функциональной пожарной опасности помещений, величины пожарной нагрузки, степени огнестойкости и класса конструктивной пожарной опасности здания.

При наличии в здании частей различной функциональной пожарной опасности, разделённых противопожарными преградами, каждая из таких частей должна отвечать противопожарными преградами, каждая из таких частей должна отвечать противопожарными требованиями, предъявляемым к зданиям соответствующей функциональной пожарной опасности.

При выборе системы противопожарной защиты здания следует учитывать, что при различной функциональной пожарной опасности здания в целом может быть выше функциональной пожарной опасности любой из этих частей.

В подвальных и цокольных этажах не допускается размещать помещения, в которых применяются или хранятся горючие газы и жидкости, а также легковоспламеняющиеся материалы, за исключением специально оговорённых случаев.

Строительные конструкции не должны способствовать скрытому распространению горения. Огнестойкости узла крепления строительной конструкции должна быть не ниже требуемой огнестойкости самой конструкции. Узлы пересечения кабелями и трубопроводами ограждающих конструкций с нормируемой огнестойкостью и пожарной опасностью не должны снижать требуемых пожарнотехнических показателей конструкций.

Специальные огнезащитные покрытия и пропитки, нанесённые на открытую поверхность конструкций должны соответствовать требованиям, предъявляемым к отделке конструкций.

В технической документации на эти покрытия и пропитки должна быть указана периодичность их замены или восстановления в зависимости от условий эксплуатации.

Для увеличения пределов огнестойкости или снижения классов пожарной опасности конструкций не допускается применение специальных огнезащитных покрытий и пропиток в местах, исключающих возможность их периодической замены или восстановления.

В местах сопряжения противопожарных преград с ограждающими конструкциями здания, в том числе в местах изменения конфигурации здания, следует предусматривать мероприятия, обеспечивающие нераспространёнными пожара, минуя эти преграды.

Противопожарные стены, разделяющие здания на пожарные отсеки, должны возводиться на высоту здания и обеспечивать нераспространение пожара в смежных пожарный отсек при обрушении конструкций здания со стороны очага пожара.

При пожаре проёмы в противопожарных преградах должны быть, как правило закрыты. Окна в противопожарных преградах должны быть неоткрывающимися, а двери, ворота, люки и клапаны должны иметь устройства для самозакрывания и уплотнения в притворах. Двери, ворота, люки и клапаны, которые могут эксплуатировать в открытом положении, должны быть оборудованы устройствами, обеспечивающими их автоматическое закрывание при пожаре.

									Лист
									56
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	13.03.02.2020.100.00.00 ПЗ				

В проёмах противопожарных преград, которые не могут закрываться противопожарными дверями или воротами, для сообщения между смежными помещениями допускается предусматривать открытые тамбуры, оборудованные установками автоматического пожаротушения. Ограждающие конструкции этих тамбуров должны быть противопожарными. Заполнение проёмов в противопожарных преградах выполняется, как правило, из негорючих материалов.

Выводы по разделу пять

Основой организации безопасной работы является высокая техническая грамотность и сознательная дисциплина рабочих, которые обязаны строго соблюдать организационные и технические мероприятия, а также приемы и очередность электромонтажных операций в соответствии с правилами.

Опыт показывает, что в большинстве несчастных случаев виновником оказывается человеческий фактор (невнимание, нарушение Правил, усталость), поэтому важное место в охране труда отводится обучению персонала.

					<i>13.03.02.2020.100.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		57

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Согласно заданию на выпускную квалификационную работу была сформирована система электроснабжения сталеплавильного цеха и выбрано ее основное оборудование.

В результате анализа измерений, проведенных на аналогичном объекте, были выявлены параметры, для которых качество электроэнергии на шинах 35 кВ находится в нормативных пределах и параметры, по которым требования по качеству электрической энергии не соблюдались. В результате сделан вывод о невозможности подключения остальной нагрузки цеха на шины 35 кВ.

Среди типовых вариантов формирования системы электроснабжения в таких случаях было выбрано подключение остальной нагрузки цеха к секциям шин 10 кВ трехфазного трансформатора. Расчеты подтвердили, что качество электроэнергии на шинах 10 кВ по всем параметрам удовлетворяет нормативным требованиям.

При выборе кабелей 10 кВ проведено технико-экономическое сравнение вариантов кабелей с различной изоляцией. При сравнении вариантов учитывались потери электроэнергии и приведенные капитальные затраты на кабельную продукцию. В результате выбраны кабели с изоляцией из сшитого полиэтилена, как наиболее надежные.

В разделе безопасность жизнедеятельности рассмотрен вопрос о безопасности работы в цехе. Выполнен расчет молниезащиты и заземления цеха.

					<i>13.03.02.2020.100.00.00 ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		58

19 СТО 17230282.27.010.002-2008 Эксплуатация кабелей 10 и 35 кВ. https://ohranatruda.ru/ot_biblio/norma/393333/#i558003

20 Стоимость кабелей 10 кВ https://www.pulscen.ru/price/070401-kabel-silovoj/f:30732_10-kv

21 Правила по охране труда при эксплуатации электроустановок. – М.: Росминтруд, 2013. – 45 с.

22 Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей. www.seogan.ru/Doc/PTEEP.doc.

23 ГОСТ 12.1.030-87. Электробезопасность. Защитное заземление, зануление. – М.: Изд-во стандартов, 1987. – 16 с.

24 ГОСТ 12.1.019-79 ССБТ. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты. – М.: Изд-во стандартов, 2009. – 7 с.

25 СО 153-34.03.603-2003 Инструкция по применению и испытанию средств защиты, используемых в электроустановках. www.elec.ru/library/direction/so_153-34_03_603-2003.

26 Правила устройства электроустановок. – СПб.: Издательство ДЕАН, 2001. – 928 с.

27 «Инструкция по устройству молниезащиты зданий, сооружений и промышленных коммуникаций» www.stellait.ru/uploads/files/9.doc.

28 Нормы пожарной безопасности 105–30. – М.: Энергоатомиздат, 2003. – 22 с.

29 СНиП 21-01-97. Пожарная безопасность зданий и сооружений. – М.: Энергоатомиздат, 2002. – 38 с.

					<i>13.03.02.2020.100.00.00 ПЗ</i>	Лист
						60
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		