

Центральноукраїнський національний технічний університет

Центр заочної та дистанційної освіти

Кафедра «Електротехнічні системи та енергетичний менеджмент»

“Допущено до захисту”

Зав. кафедри ЕТС та ЕМ

канд. техн. наук, професор

_____ Петро ПЛІШКОВ

“ ____ ” _____ 2023 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

ЗА ПЕРШИМ (БАКАЛАВРСЬКИМ) РІВНЕМ

ВИЩОЇ ОСВІТИ

на тему:

**«Розробка системи електропостачання заводу
електротермічного обладнання»**

Виконала здобувачка вищої освіти

IV курсу, групи ЕЕ–21-СКЗ(2),

ОПП «Електроенергетика,

електротехніка та електромеханіка»

спеціальності 141 «Електроенергетика,

електротехніка та електромеханіка»

_____ Олена ДОСКАЛЮК

« ____ » _____ 2023 р.

Керівник роботи

доцент, канд. техн. наук

_____ Василь ЗІНЗУРА

« ____ » _____ 2023 р.

Рецензент _____

м. Кропивницький

Центральноукраїнський національний технічний університет

Факультет центр заочної та дистанційної освіти

Кафедра електротехнічних систем та енергетичного менеджменту

Рівень вищої освіти перший (бакалаврський)

Галузь знань 14 «Електрична інженерія»

Спеціальність 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

Освітньо-професійна програма «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Завідувач кафедри ЕТС та ЕМ

_____ Петро ПЛІШКОВ

«_____» _____ 2023 р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗА ПЕРШИМ (БАКАЛАВРСЬКИМ) РІВНЕМ ВИЩОЇ ОСВІТИ ЗДОБУВАЧА ВИЩОЇ ОСВІТИ

Доскалюк Олени Вікторівни

(прізвище, ім'я, по-батькові)

1. Тема роботи Розробка системи електропостачання заводу електротермічного обладнання

Development of a power supply system for the electrothermal equipment plant

2. Керівник роботи Зінзура Василь Васильович, канд. техн. наук, доцент

(прізвище, ім'я, по-батькові, науковий ступінь, вчене звання)

3. Строк подання роботи до захисту 01.06.2023 р.

4. Мета та завдання кваліфікаційної роботи. Метою роботи є розробка системи електропостачання заводу електротермічного обладнання. Для досягнення поставленої мети роботи необхідно вирішити наступні завдання: 1. Провести розрахунок електричних навантажень. 2. Провести розрахунок картограми електричних навантажень. 3. Здійснити техніко-економічне обґрунтування вибору схем електропостачання. 4. Провести розрахунок режимів реактивної потужності системи електропостачання. 5. Здійснити вибір кількості та потужності трансформаторів підприємства. 6. Провести розрахунок струмів коротких замкнень та здійснити вибір високовольтного обладнання. 7. Провести розрахунок спеціального розділу роботи.

5. Консультанти по роботі, із зазначенням розділів роботи

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
<i>Спеціальний розділ</i>	<i>доцент Н.Ю. Гарасьова</i>		

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	<i>Розрахунок електричних навантажень</i>	<i>10.04-12.04</i>	
2	<i>Картограма електричних навантажень</i>	<i>13.04-23.04</i>	
3	<i>Техніко-економічне обґрунтування вибору схем електропостачання</i>	<i>24.04-26.04</i>	
4	<i>Режими реактивної потужності системи електропостачання</i>	<i>27.04-1.05</i>	
5	<i>Вибір кількості та потужності трансформаторів підприємства</i>	<i>2.05-5.05</i>	
6	<i>Розрахунок струмів коротких замкнень та вибір високовольтного обладнання</i>	<i>6.05-9.05</i>	
7	<i>Спеціальний розділ</i>	<i>10.05-28.05</i>	
8	<i>Оформлення презентаційної частини БКР</i>	<i>29.05-30.05</i>	
9	<i>Оформлення пояснювальної записки БКР</i>	<i>31.05-1.06</i>	

Дата видачі завдання
«____» _____ 2023 р.

Підпис керівника _____

Василь ЗІНЗУРА

Завдання прийнято до виконання
«____» _____ 2023 р.

Підпис здобувача _____

Олена ДОСКАЛЮК

АНОТАЦІЯ

Кваліфікаційна робота: 64 с.; 33 рис.; 24 табл.; 8 джерел

Доскалюк О. В. Розробка системи електропостачання заводу електротермічного обладнання. – Рукопис.

Бакалаврська робота за спеціальністю 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка», ОПП «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка». – Центральноукраїнський національний технічний університет, Кропивницький, 2023 рік.

Бакалаврська робота присвячена розробці системи електропостачання заводу електротермічного обладнання. В роботі вирішувались питання розрахунку: електричних навантажень, визначення режимів реактивної потужності, розрахунку струмів коротких замикань, вибір схем зовнішнього та внутрішнього електропостачання та вибір високовольного обладнання системи електропостачання.

Спеціальний розділ роботи присвячено питанню комп'ютерного імітаційного моделювання несинусоїдальних режимів роботи системи електропостачання з активними фільтрами. Результати моделювання показали, що активні фільтри є досить ефективними засобами зниження рівнів вищих гармонік струму та напруги в системах електропостачання.

Ключові слова: електричні навантаження, трансформаторна підстанція, реактивна потужність, струми короткого замикання, активний фільтр

ABSTRACT

Qualification work: 64 p.; 33 Fig.; 24 tables; 8 sources

Doskaliuk O. V. Development of a power supply system for the electrothermal equipment plant. – Manuscript.

Bachelor's thesis on specialty 141 "Electric power engineering, electrical engineering and electromechanics", OPP "Electric power engineering, electrical engineering and electromechanics". – Central Ukrainian National Technical University, Kropyvnytskyi, 2023.

The bachelor's thesis is devoted to the development of the power supply system of the electrothermal equipment plant. The work dealt with the calculation of electrical loads, determination of reactive power modes, calculation of short-circuit currents, selection of external and internal power supply schemes, and selection of high-voltage equipment of the power supply system.

A special section of the work is devoted to the issue of computer simulation modeling of non-sinusoidal modes of operation of the power supply system with active filters. The simulation results showed that active filters are quite effective means of reducing the levels of higher current and voltage harmonics in power supply systems.

Keywords: electrical loads, transformer substation, reactive power, short-circuit currents, active filter

ЗМІСТ

ВСТУП	7
РОЗДІЛ 1. РОЗРАХУНОК ЕЛЕКТРИЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ	8
1.1 Розрахунок силових навантажень в мережі до 1 кВ	8
1.2 Розрахунок електричних освітлювальних навантажень	9
1.3 Розрахунок електричних навантажень напругою вище 1000 В	10
1.4 Графіки електричних навантажень	15
РОЗДІЛ 2. КАРТОГРАМА ЕЛЕКТРИЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ.....	20
РОЗДІЛ 3. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ВИБОРУ СХЕМ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ	22
3.1 Вибір схеми зовнішнього електропостачання	22
3.2 Вибір схеми внутрішнього електропостачання	26
РОЗДІЛ 4. РЕЖИМИ РЕАКТИВНОЇ ПОТУЖНОСТІ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ	27
4.1 Розрахунок балансу реактивної потужності	27
4.2 Вибір кількості, потужності та місця розташування компенсуючих пристроїв.....	28
РОЗДІЛ 5. ВИБІР КІЛЬКОСТІ ТА ПОТУЖНОСТІ ТРАНСФОРМАТОРІВ ПІДПРИЄМСТВА.....	31
РОЗДІЛ 6. РОЗРАХУНОК СТРУМІВ КОРОТКИХ ЗАМКНЕНЬ ТА ВИБІР ВИСОКОВОЛЬТНОГО ОБЛАДНАННЯ	32
6.1 Розрахунок струмів коротких замкнень	32
6.2 Вибір кабельних ліній напругою 10 кВ	39
6.3 Вибір електричних апаратів високої напруги.....	41
6.4 Вибір потужності та схем живлення трансформаторів власних потреб	42
6.5 Вибір трансформаторів струму і напруги	43
РОЗДІЛ 7. СПЕЦІАЛЬНИЙ РОЗДІЛ. ВИКОРИСТАННЯ АКТИВНИХ ФІЛЬТРІВ В СИСТЕМІ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ.....	46
7.1 Загальні відомості про активні фільтри	46
7.2 Комп'ютерне моделювання САФ.....	50
ВИСНОВКИ	63
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	64

					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА ЗА ПЕРШИМ (БАКАЛАВРСЬКИМ) РІВНЕМ ВИЩОЇ ОСВІТИ			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Доскалюк О.В.			Розробка системи електропостачання заводу електротермічного обладнання Development of a power supply system for the electrothermal equipment plant	Літ.	Аркуш	Аркушів
Перев.		Зінзура В.В.					6	64
Н. контр.		Зінзура В.В.				ЦНТУ зр. ЕЕ-21-СКЗ(2)		
Затвер.		Плешков П.Г.						

ВСТУП

Робота присвячена питанню проектування системи електропостачання заводу електротермічного обладнання.

Задача електропостачання промислового підприємства є досить актуальною, адже електроенергія необхідна для функціонування багатьох технологічних процесів. Тому надійне і стабільне електропостачання є критичним моментом для ефективної роботи підприємства.

Одним із головних аспектів питання електропостачання є забезпечення безперебійності живлення. Перебої електропостачання або відключення можуть призводити до зупинки процесів виробництва, порушення роботи обладнання і зниження продуктивності підприємства. Все це може призвести до серйозних економічних наслідків для промислового підприємства/

Метою роботи є проектування системи електропостачання заводу електротермічного обладнання.

Для досягнення цієї мети необхідно вирішити такі *завдання*:

1. Розрахунок ел. навантаж.
2. Розрахунок картограми ел. навантаж.
3. Обґрунтування вибору найкращого варіанту схеми зовн. та внутр. електропостачання підприємства.
4. Розрахунок режимів реактивної потужності.
5. Визначення к-сті та потужності силових трансформаторів.
6. Розрахунок струмів к. з. і вибір високовольного устаткування.
7. Розробка питань зі спеціального розділу.

						Арк.
Вим.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		7

РОЗДІЛ 1

РОЗРАХУНОК ЕЛЕКТРИЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ

В даному розділі вирішувалась задача розрахунку ел. нав.: силових ел. нав. до та вище 1000 В, а також освітлювальних ел. нав.

1.1 Розрахунок силових навантажень в мережі до 1 кВ

Силові ел. нав. до 1 кВ розраховуються методом коефіцієнта розрахункової потужності, описаного в роботі [1].

Приклад розрахунку силових ел. нав. до 1 кВ для механічного цеху корпусу № 1 наведено нижче

Величина коеф. m :

$$m = \frac{P_{н.маx}}{P_{н.мин}} = \frac{75}{1.5} = 50$$

Середнє активне ел. нав. та реактивне ел. нав.:

$$P_{см} = P_{сум} K_u = 2400 \cdot 0.25 = 600 \text{ кВт}$$

$$Q_{см} = P_{см} \operatorname{tg} \varphi = 600 \cdot 0.88 = 529.15 \text{ квар}$$

Ефективна к-сть:

$$n_e = \frac{2 \cdot \sum P_n}{P_{н.маx}} = \frac{2 \cdot 2400}{75} = 64$$

Згідно з [1] $K_p = 1.245$.

Активне P_p та реактивне Q_p ел. нав. механічного цеху корпусу № 1:

$$P_p = P_{см} \cdot K_m = 600 \cdot 1.245 = 746.92 \text{ кВт},$$

$$Q_p = Q_{см} = 529.15 \text{ квар},$$

						Арк.
Вим.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		8

В табл. 1.1 приведено результати розрахунку ел. нав. до 1 кВ

Таблиця 1.1. Результати розрахунку силових ел. нав. до 1 кВ

№	Назва групи споживачів	К-сть ЕС	Р одн.,		Р сум, кВт	m	K _в	cosφ	tgφ	Серед.		n _{еф}	K _м	Розрах. навантаження		
			min	max						P _{зм} , кВт	Q _{зм} , квар			P _р , кВт	Q _р , квар	S _р , кВА
1	Механічний цех корпусу № 1	90	1,5	75	2400	50	0,3	0,75	0,88	600	529,15	64	1,24	746,92	529,15	915,36
2	Збиральний цех корпусу № 1	140	0,8	50	3530	63	0,3	0,8	0,75	882,5	661,87	140	1,16	1022,3	661,87	1217,89
3	Цех допоміжних служб	55	5	40	680	8	0,3	0,7	1,02	204	208,12	34	1,3	266,01	208,12	337,75
4	Цех нестандартного обладнання	15	1	20	150	20	0,4	0,7	1,02	52,5	53,56	15	1,43	74,98	53,56	92,14
5	Ливарний цех	120	5	50	4800	10	0,7	0,8	0,75	3360	2520	120	1,05	3523,5	2520	4331,92
6	Цех металопокриття	18	6	55	240	9,2	0,3	0,8	0,75	60	45	9	1,76	105,71	49,5	116,73
7	Компресорна	7	50	200	550	4	0,7	0,8	0,75	357,5	268,12	6	1,34	478,59	294,93	562,17
8	Інженерно-конструкторський корпус	20	2	45	380	23	0,8	0,9	0,48	285	138,03	17	1,11	316,92	138,03	345,67
9	Дослідний цех	40	3,5	45	500	13	0,5	0,6	1,33	250	333,33	22	1,24	309,26	333,33	454,7
10	Лабораторія опору	20	10	40	800	4	0,4	0,8	0,75	320	240	20	1,32	422,43	240	485,85
11	Машинний цех	14	10	40	560	4	0,3	0,65	1,17	140	163,68	14	1,58	221,66	163,68	275,54
12	Лабораторія вакуумних печей	20	30	70	760	2,3	0,5	0,9	0,48	342	165,64	20	1,28	438,94	165,64	469,15
Всього		559	0,8	200	15350	250	0,5	0,79	0,8	6854	5327	154	1,09	7470	5327	9174,8

1.2 Розрахунок електричних освітлювальних навантажень

Освітлювальні ел. нав. визначаються методом питомої електр. потужн. [1].

Приклад розрахунку освітлювальних ел. нав. для механічного цеху корпусу № 1 наведено нижче.

Встановлена потужність освітлювальних пристроїв:

$$P_y = F \cdot P_0 \cdot 10^{-3} = 2304 \cdot 17 \cdot 10^{-3} = 39.17 \text{ кВт}$$

Розрахункові освітлювальні ел. нав.:

$$P_p = K_n K_1 P_y = 0.95 \cdot 1.20 \cdot 39.17 = 44.65 \text{ кВт}$$

$$Q_p = P_p \operatorname{tg} \varphi = 44.65 \cdot 0.484 = 21.61 \text{ квар}$$

						Арк.
Вим.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		9

В табл. 1.2. зведено розрахунок освітлювальних ел. нав. інших цехів заводу

Таблиця 1.2. Розрахунок освітлювальних ел. нав. заводу

№ з/п	Назва об'єкту	$F, \text{м}^2$	$P_0, \text{Вт/м}$	$P_{\text{вст}}, \text{кВт}$	$K_{\text{п}}$	K_1	$\cos\varphi$	$\text{tg}\varphi$	$P_{\text{р}}, \text{кВт}$	$Q_{\text{р}}, \text{квар}$	$S_{\text{р}}, \text{кВА}$
1	Механічний цех корпусу № 1	2304	17	39,17	0,95	1,2	0,9	0,48	44,65	21,6	49,6
2	Збиральний цех корпусу № 1	2304	16	36,86	0,95	1,2	0,9	0,48	42,02	20,3	46,68
3	Цех допоміжних служб	2700	14	37,8	0,95	1,2	0,9	0,48	43,09	20,9	47,87
4	Цех нестандартного обладнання	2880	16	46,08	0,95	1,2	0,9	0,48	52,53	25,4	58,36
5	Ливарний цех	2160	13	28,08	0,95	1,2	0,9	0,48	32,01	15,5	35,56
6	Цех металопокриття	1080	14	15,12	0,95	1,2	0,9	0,48	17,24	8,34	19,15
7	Компресорна	648	8	5,18	0,95	1,2	0,9	0,48	5,91	2,86	6,57
8	Інженерно-конструкторський корпус	1512	16	24,19	0,95	1,2	0,9	0,48	27,58	13,4	30,64
9	Дослідний цех	756	12	9,07	0,95	1,2	0,9	0,48	10,34	5	11,49
10	Лабораторія опору	1260	16	20,16	0,95	1,2	0,9	0,48	22,98	11,1	25,53
11	Машинний цех	1008	15	15,12	0,95	1,2	0,9	0,48	17,24	8,34	19,15
12	Лабораторія вакуумних печей	1008	18	18,14	0,95	1,2	0,9	0,48	20,68	10	22,98
13	Територія заводу	91800	0,1	9,18	1	1,1	0,5	1,73	10,28	17,8	20,56
	Всього			304,2					314,4	322	450

1.3 Розрахунок електричних навантажень напругою вище 1000 В

Для розрахунку ел. нав. напругою вище 1 кВ використовується метод коефіцієнта розрахункової потужності [1].

В табл. 1.3 показані розрахунки ел. нав. вище 1 кВ.

											Арк.
Вим.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата							10

Таблиця 1.3. Розрахунок силових ел. нав. вище 1000 В

Назва групи споживачів	К-сть ЕС	Р одн., кВт		Р сум.	m	K _в	cosφ	tgφ	Середньозміне навантаження		n _{еф}	K _м	Розрахункове навантаження		
		min	max						P _{зм} , кВт	Q _{зм} , квар			P _р , кВт	Q _р , квар	S _р , кВА
ТП 1, 2, 3															
Цех допоміжних служб															
силове:	55	5	40	680	8	0,3	0,7	1,02	204	208,12	34	1,3	266,01	208,12	337,75
освітлювальне:									37,8				43,09	20,86	
Всього:									241,8	208,12			309,1	228,98	384,67
Цех нестандартного обладнання															
силове:	15	1	20	150	20	0,35	0,7	1,02	52,5	53,56	15	1,43	74,98	53,56	92,14
освітлювальне:									46,08				52,53	25,42	
Всього:									98,58	53,56			127,51	78,98	149,99
Ливарний цех															
силове:	120	5	50	4800	10	0,7	0,8	0,75	3360	2520	120	1,05	3523,51	2520	4331,92
освітлювальне:									28,08				32,01	15,49	
Всього:									3388,08	2520			3555,52	2535,49	4366,97
Цех металопокриття															
силове:	18	6	55	240	9,2	0,25	0,8	0,75	60	45	9	1,76	105,71	49,5	116,73
освітлювальне:									15,12				17,24	8,34	
Всього:									75,12	45			122,95	57,84	135,88
Територія заводу															
освітлювальне:									9,18				10,28	17,8	
Всього:									9,18	0			10,28	17,8	20,56
Всього по ТП 1, 2, 3:															
силове:	208	1	55	5870	55	0,63	0,79	0,77	3676,5	2826,68	208	1	3676,5	2826,68	4637,54
освітлювальне:									136,26				155,15	87,91	
БК 0,4 кВ										-1500				-1500	
Всього на шинах 0.4 кВ ТП 1, 2, 3:									3812,76	1326,68			3831,65	1414,59	4084,43
Втрати в трансформаторах:													45,28	236,92	
Кількість трансформаторів: 6															
Номинальна потужність, кВА: 1000															

Продовження табл. 1.3

Назва групи споживачів	К-сть ЕС	Р одн., кВт		Р сум.	m	K _в	cos φ	tg φ	Середньозмінне навантаження		n _{сф}	K _м	Розрахункове навантаження		
		min	max						Р _{зм} , кВт	Q _{зм} , квар			Р _р , кВт	Q _р , квар	S _р , кВА
Коефіцієнт завантаження: K _з = 0,68															
Всього на шинах 10 кВ ТП 1, 2, 3:													3876,93	1651,51	4214,04
ТП 4, 5															
Механічний цех корпусу № 1															
силове:	90	1,5	75	2400	50	0,25	0,75	0,88	600	529,15	64	1,24	746,92	529,15	915,36
освітлювальне:									39,17				44,65	21,61	
Всього:									639,17	529,15			791,57	550,76	964,32
Збиральний цех корпусу № 1															
силове:	140	0,8	50	3530	62,5	0,25	0,8	0,75	882,5	661,87	140	1,16	1022,34	661,87	1217,89
освітлювальне:									36,86				42,02	20,34	
Всього:									919,36	661,87			1064,36	682,21	1264,23
Компресорна															
силове:	7	50	200	550	4	0,65	0,8	0,75	357,5	268,12	6	1,34	478,59	294,93	562,17
освітлювальне:									5,18				5,91	2,86	
Всього:									362,68	268,12			484,5	297,79	568,7
Інженерно-конструкторський корпус															
силове:	20	2	45	380	22,5	0,75	0,9	0,48	285	138,03	17	1,11	316,92	138,03	345,67
освітлювальне:									24,19				27,58	13,35	
Всього:									309,19	138,03			344,5	151,38	376,29
Всього по ТП 4, 5:															
силове:	257	0,8	200	6860	250	0,31	0,8	0,75	2125	1597,17	69	1,2	2547,95	1597,17	3007,16
освітлювальне:									105,4				120,16	58,16	
БК 0,4 кВ										-1072				-1072	
Всього на шинах 0,4 кВ ТП 4, 5:									2230,4	525,17			2668,11	583,33	2731,13
Втрати в трансформаторах:													30,31	158,56	
Кількість трансформаторів: 4															
Номінальна потужність, кВА: 1000															
Коефіцієнт завантаження: K _з = 0,68															
Всього на шинах 10 кВ ТП 4, 5:													2698,42	741,89	2798,55

Продовження табл. 1.3

Назва групи споживачів	К-сть ЕС	Р одн., кВт		Р сум.	m	K _в	cosφ	tgφ	Середньозмінне навантаження		n _{сф}	K _м	Розрахункове навантаження		
		min	max						Р _{зм} , кВт	Q _{зм} , квар			Р _р , кВт	Q _р , квар	S _р , кВА
ТП 6															
Дослідний цех															
силове:	40	3,5	45	500	12,9	0,5	0,6	1,33	250	333,33	22	1,24	309,26	333,33	454,7
освітлювальне:									9,07				10,34	5	
Всього:									259,07	333,33			319,6	338,33	465,42
Лабораторія опору															
силове:	20	10	40	800	4	0,4	0,8	0,75	320	240	20	1,32	422,43	240	485,85
освітлювальне:									20,16				22,98	11,12	
Всього:									340,16	240			445,41	251,12	511,32
Машинний цех															
силове:	14	10	40	560	4	0,25	0,65	1,17	140	163,68	14	1,58	221,66	163,68	275,54
освітлювальне:									15,12				17,24	8,34	
Всього:									155,12	163,68			238,9	172,02	294,39
Лабораторія вакуумних печей															
силове:	20	30	70	760	2,3	0,45	0,9	0,48	342	165,64	20	1,28	438,94	165,64	469,15
освітлювальне:									18,14				20,68	10,01	
Всього:									360,14	165,64			459,62	175,65	492,04
Всього по ТП 6:															
силове:	94	3,5	70	2620	20	0,4	0,76	0,86	1052	902,65	75	1,15	1210,83	902,65	1510,26
освітлювальне:									62,49				71,24	34,47	
БК 0,4 кВ										-500				-500	
Всього на шинах 0,4 кВ ТП 6:									1114,49	402,65			1282,07	437,12	1354,54
Втрати в трансформаторах:													14,99	78,46	
Кількість трансформаторів: 2															
Номинальна потужність, кВА: 1000															
Коефіцієнт завантаження: K _з = 0,68															
Всього на шинах 10 кВ ТП 6:													1297,06	515,58	1395,77
Всього по об'єкту															
силове:	559	0,8	200	15350	250	0,45	0,95	0,33	6853,5	2254,5	154	1,09	7475,57	2254,5	7808,13
освітлювальне:									62,49				346,55	180,54	
Всього:									7157,65	2254,5			7822,12	2435,04	8192,37

Продовження табл. 1.3

Назва групи споживачів	К-сть ЕС	Р одн., кВт		Р сум.	m	K _в	cosφ	tgφ	Середньозмінне навантаження		n _{сф}	K _м	Розрахункове навантаження		
		min	max						Р _{зм} , кВт	Q _{зм} , квар			Р _р , кВт	Q _р , квар	S _р , кВА
Потужність КП 0,4 кВ:										-3072				-3072	
Втрати в трансформаторах:													90,59	473,94	
Всього по об'єкту:													7912,71	2908,98	8430,49
Високовольтне навантаження															
ДСП-3	2	2250	2250	4500		0,75	0,9	0,48	3375	1634,59			3375	1634,59	3750
ТПЧ-800	2	800	800	1600		0,75	0,8	0,75	1200	900			1200	900	1500
Всього високовольтного навантаження:													4575	2534,59	5230,18
Всього по об'єкту 10 кВ:													12487,71	5443,57	13622,6
КП 10 кВ:														-3600	
Всього 10 кВ з КП:													12487,71	1843,57	12623,06

1.4 Графіки електричних навантажень

У цьому параграфі були здійснені розрахунки параметрів графіків ел. нав. згідно методики [1]. Результати розрахунків наведені нижче в табл. та рис.

Таблиця 1.4. Вихідні дані для визначення графіків ел. нав.

№ з/п	Робочі дні		Вихідні дні	
	<i>P</i> , %	<i>Q</i> , %	<i>P</i> , %	<i>Q</i> , %
1	100	100	49	69
2	89	94	49	69
3	97	97	49	69
4	74	85	49	69
5	47	67	49	69
6	47	67	49	69
7	67	81	49	69
8	71	84	39	69
9	74	86	39	62
10	69	82	39	62
11	71	83	39	62
12	64	79	39	62
13	57	75	39	62
14	54	74	39	62
15	67	81	39	62
16	74	87	39	62
17	77	88	39	62
18	72	86	39	62
19	71	85	49	69
20	67	84	49	69
21	59	77	49	69
22	34	78	49	69
23	62	79	49	69
24	100	100	49	69

Вим.		
Арк.		
№ документа		
Підпис		
Дата		
16	Арк.	

Таблиця 1.5. Результати розрахунку графіків ел. нав.

№ з/п	Зимові дні						Літні дні					
	Робочі дні			Вихідні дні			Робочі дні			Вихідні дні		
	P, кВт	Q, квар	S, кВА	P, кВт	Q, квар	S, кВА	P, кВт	Q, квар	S, кВА	P, кВт	Q, квар	S, кВА
1	12488	1844	12623	6244	1291	6376	10615	1567	10730	5307	1097	5419
2	11239	1752	11375	6244	1291	6376	9553	1489	9668	5307	1097	5419
3	12238	1807	12371	6244	1291	6376	10403	1536	10516	5307	1097	5419
4	9366	1586	9499	6244	1291	6376	7961	1348	8074	5307	1097	5419
5	5994	1254	6124	6244	1291	6376	5095	1066	5205	5307	1097	5419
6	5994	1254	6124	6244	1291	6376	5095	1066	5205	5307	1097	5419
7	8492	1512	8626	6244	1291	6376	7218	1285	7331	5307	1097	5419
8	8991	1567	9127	4995	1291	5159	7643	1332	7758	4246	1097	4385
9	9366	1604	9502	4995	1162	5128	7961	1364	8077	4246	987	4359
10	8742	1531	8875	4995	1162	5128	7430	1301	7543	4246	987	4359
11	8991	1549	9123	4995	1162	5128	7643	1317	7756	4246	987	4359
12	8117	1475	8250	4995	1162	5128	6900	1254	7013	4246	987	4359
13	7243	1401	7377	4995	1162	5128	6157	1191	6271	4246	987	4359
14	6868	1383	7006	4995	1162	5128	5838	1176	5955	4246	987	4359
15	8492	1512	8626	4995	1162	5128	7218	1285	7331	4246	987	4359
16	9366	1623	9506	4995	1162	5128	7961	1379	8080	4246	987	4359
17	9741	1641	9878	4995	1162	5128	8280	1395	8397	4246	987	4359
18	9116	1604	9256	4995	1162	5128	7749	1364	7868	4246	987	4359
19	8991	1586	9130	6244	1291	6376	7643	1348	7761	5307	1097	5419
20	8492	1567	8635	6244	1291	6376	7218	1332	7340	5307	1097	5419
21	7493	1438	7630	6244	1291	6376	6369	1223	6485	5307	1097	5419
22	4371	1457	4607	6244	1291	6376	3715	1238	3916	5307	1097	5419
23	7867	1475	8004	6244	1291	6376	6687	1254	6804	5307	1097	5419
24	12488	1844	12623	6244	1291	6376	10615	1567	10730	5307	1097	5419

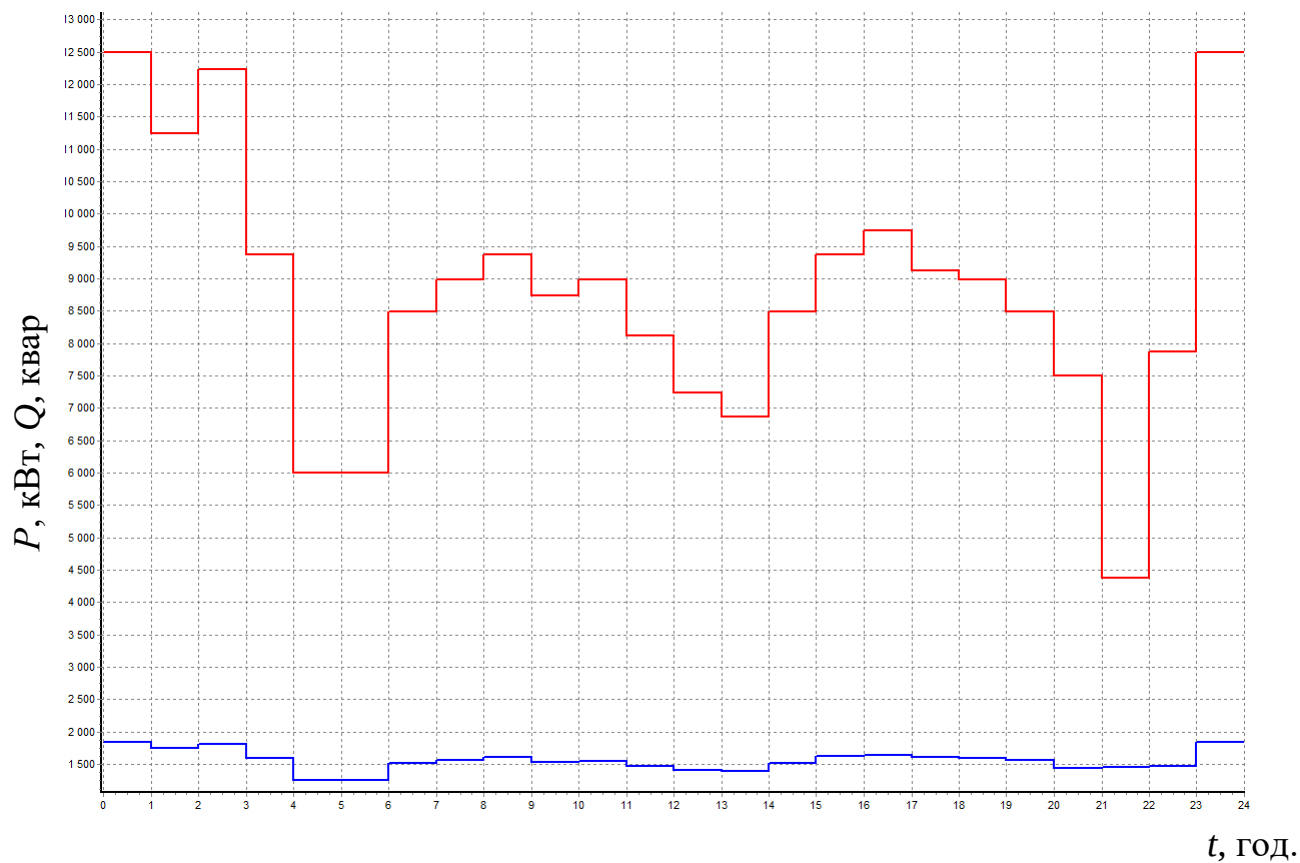


Рис. 1.1. Добові графіки P , Q (зимова роб. доба)

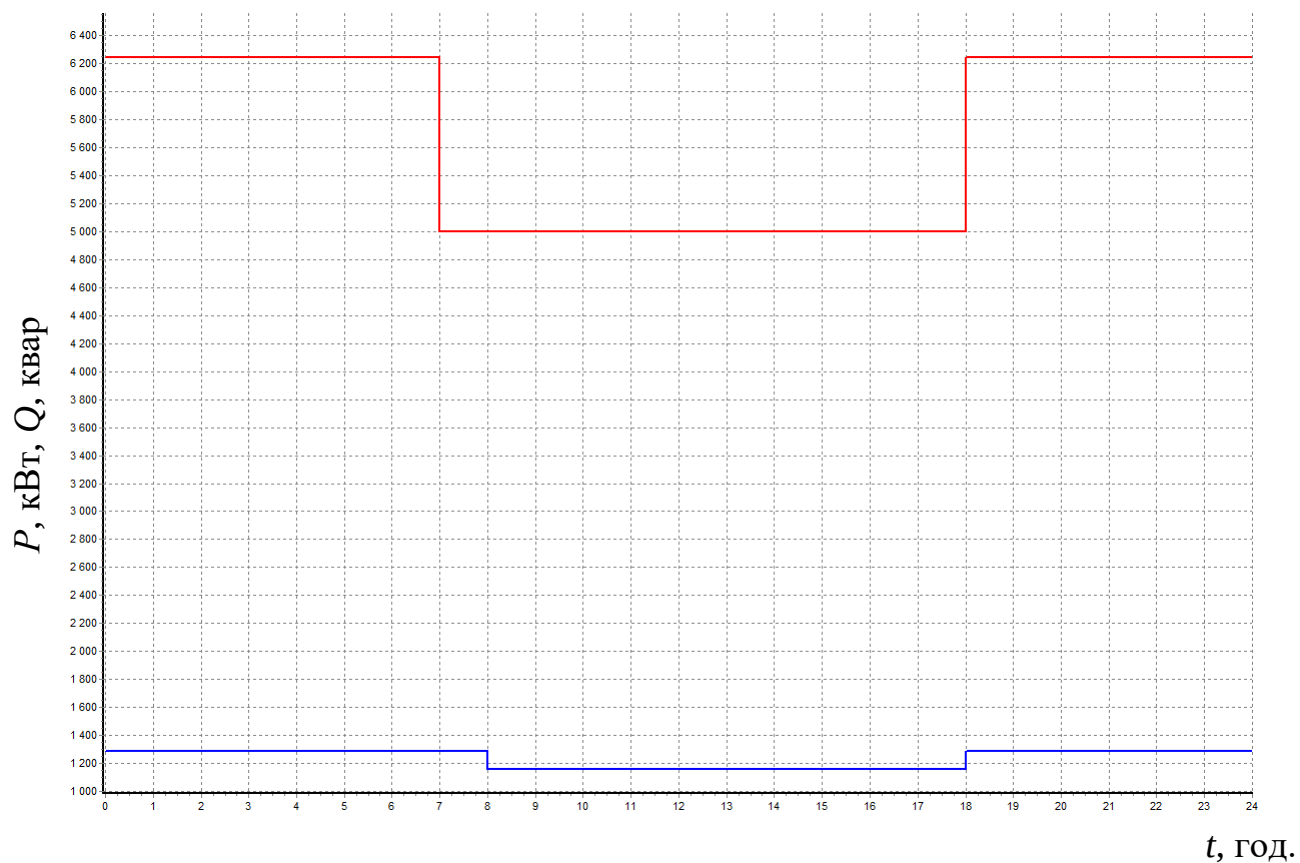


Рис. 1.2. Добові графіки P , Q (зимова вих. доба)

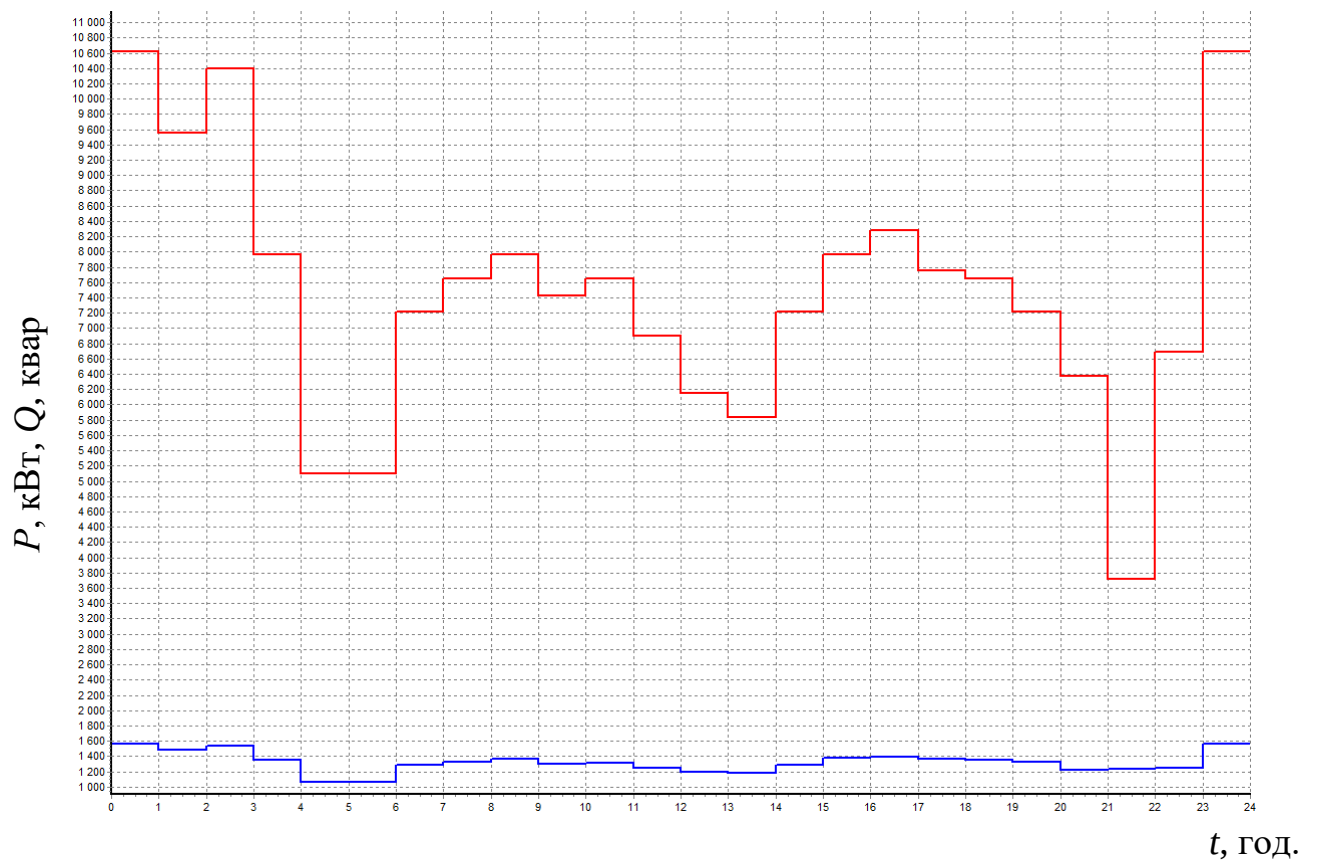


Рис. 1.3. Добові графіки P , Q (літня роб. доба)

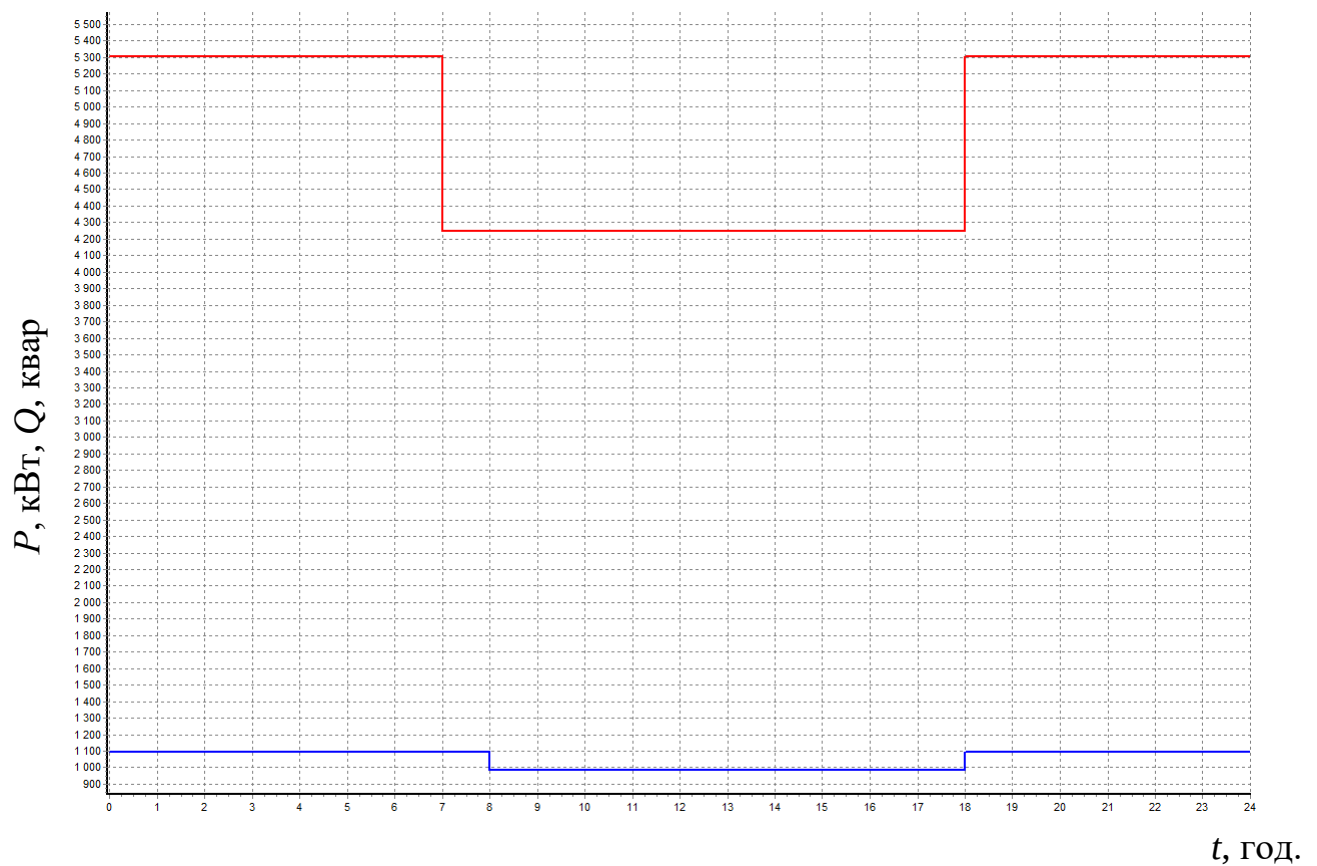


Рис. 1.4 Добові графіки P , Q (літня вих. доба)

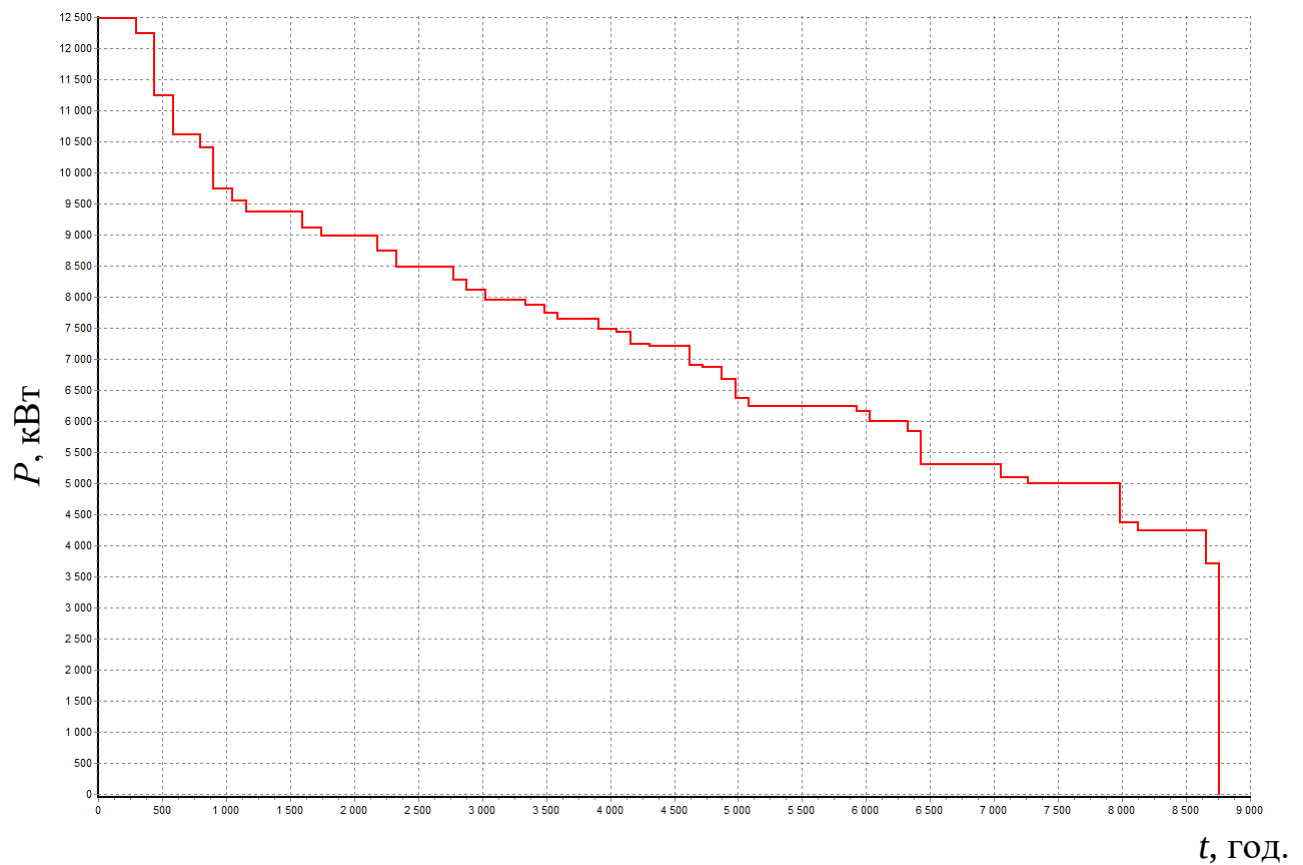


Рис. 1.5. Річний графік P за тривалістю

Таблиця 1.6. Результати визначення параметрів графіків ел. нав.

№ з/п	Величина	Знач.	Од. вим.
1	Розрах. повна пот., S_p	12623	МВА
2	Річне спож. активн. ел. ен. (з.р.), $W_{з.р.}$	30950262	кВт·год
3	Річне спож. реактивн. ел. ен. (з.р.), $V_{з.р.}$	5478102	квар·год
4	Річне спож. активн. ел. ен. (з.в.), $W_{з.в.}$	8847605	кВт·год
5	Річне спож. реактивн. ел. ен. (з.в.), $V_{з.в.}$	1930110	квар·год
6	Річне спож. активн. ел. ен. (л.р.), $W_{л.р.}$	18791535	кВт·год
7	Річне спож. реактивн. ел. ен. (л.р.), $V_{л.р.}$	3326085	квар·год
8	Річне спож. активн. ел. ен. (л.в.), $W_{л.в.}$	5553456	кВт·год
9	Річне спож. реактивн. ел. ен. (л.в.), $V_{л.в.}$	1210944	квар·год
10	Сумарне річне спож. акт. ел. ен., W_p	64142858	кВт·год
11	Сумарне річне спож. реакт. ел. ен., V_p	11945241	квар·год
12	Час використ. макс. нав., T_m	5169	год
13	Час макс. втрат ен., τ_m	3598	год

РОЗДІЛ 2

КАРТОГРАМА ЕЛЕКТРИЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ

Розрахунок картограми ел. нав. Здійснюється згідно методики [1].

Приведемо приклад розрахунку картограми ел. нав. для механічного цеху корпусу № 1:

$$R_1 = \sqrt{\frac{P_1}{\pi m}} = \sqrt{\frac{P_{p.осв} + P_{p.сил}}{\pi m}} = \sqrt{\frac{746.92 + 44.65}{3.14 \cdot 0.2}} = 35.49 \text{ мм},$$

$$\alpha_i = \frac{P_{i.осв} \cdot 360}{P_i} = \frac{35.49 \cdot 360}{791.57} = 20.31^\circ.$$

Визначення параметрів картограми для інших цехів здійснюється подібним способом (табл. 2.1).

Визначення координат центру ел. нав.:

$$X = \frac{\sum_{i=1}^n X_i P_i}{\sum_{i=1}^n P_i} = \frac{1407013}{12870} = 109 \text{ м},$$

$$Y = \frac{\sum_{i=1}^n Y_i P_i}{\sum_{i=1}^n P_i} = \frac{1711758}{12870} = 133 \text{ м}.$$

						Арк.
Вим.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		20

Вим.		
Арк.		
№ документа		
Підпис		
Дата		
21	Арк.	

Таблиця 2.1. Картограма ел. нав.

№ п/п	Найменування	$P_{\text{р.сил}}$ кВт	$P_{\text{р.осв}}$ кВт	$P_{\text{р}}$, кВт	m	R , мм	α	x , м	y , м	$P \cdot x$, кВт · м	$P \cdot y$, кВт · м
1.	Механічний цех корпусу № 1	746,92	44,65	791,57	0,2	35,49	20,31	135,00	90,00	106861,95	71241,30
2.	Збиральний цех корпусу № 1	1022,34	42,02	1064,36	0,2	41,16	14,21	135,00	66,00	143688,60	70247,76
3.	Цех допоміжних служб	266,01	43,09	309,10	0,2	22,18	50,19	222,00	141,00	68620,20	43583,10
4.	Цех нестандартного обладнання	74,98	52,53	127,51	0,2	14,25	148,31	135,00	168,00	17213,85	21421,68
5.	Ливарний цех										
	а) 0.4 кВ	3523,51	32,01	3555,52	0,2	75,22	3,24	111,00	141,00	394662,72	501328,32
	б) 10.5 кВ (ДСП-3)	3375	0	3375,00	0,2	73,29	0,00	111,00	141,00	374625,00	475875,00
6.	Цех металопокриття	105,71	17,24	122,95	0,2	13,99	50,48	42,00	171,00	5163,90	21024,45
7.	Компресорна	478,59	5,91	484,50	0,2	27,77	4,39	42,00	111,00	20349,00	53779,50
8.	Інженерно-конструкторський корпус										
	а) 0.4 кВ	316,92	27,58	344,50	0,2	23,42	28,82	42,00	45,00	14469,00	15502,50
	б) 10.5 кВ (ТПЧ-800)	1200	0	1200,00	0,2	43,70	0,00	42,00	45,00	50400,00	54000,00
9.	Дослідний цех	309,26	10,34	319,60	0,2	22,55	11,65	105,00	273,00	33558,00	87250,80
10.	Лабораторія опору	422,43	22,98	445,41	0,2	26,63	18,57	105,00	249,00	46768,05	110907,09
11.	Машинний цех	221,66	17,24	238,90	0,2	19,50	25,98	180,00	270,00	43002,00	64503,00
12.	Лабораторія вакуумних печей	459,82	20,68	480,50	0,2	27,65	15,49	180,00	249,00	86490,00	119644,50
13.	Територія заводу	0	10,28	10,28	0,2	4,04	360,00	111,00	141,00	1141,08	1449,48
	Всього по заводу	12523,15	346,55	12869,70						1407013,35	1711758,48

РОЗДІЛ 3

ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ВИБОРУ СХЕМ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ

Задача 3-го розділу полягає в визначенні найбільш оптимальних схем зовн. і внутрішн. електропостачання.

3.1 Вибір схеми зовнішнього електропостачання

Вибір схеми зовн. електропостач. здійснюється згідно з методикою [1].

Відповідно до завдання, завод електротермічного обладнання може житись від знижувальної підстанції 35/10 кВ, яка розташована за 5 км нього. Зважаючи на це, найбільш доцільним є проведення техніко-економічного порівняння таких 2-х варіантів схем зовн. електропостач.:

1. Схема з кабельн. лініями ном. напругою 10 кВ.
2. Схема з повітр. лініями напругою 35 кВ із встановлення знижувальних трансформаторів на ГЗП 35/10 кВ.

На рис. 3.1 приведено схеми зовн. електропостач. для зазначених варіантів.

Варіант 1. (рис. 3.1 а).

Розрахунк. струм КЛ, А:

$$I_{\max} = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}}} = \frac{12623}{\sqrt{3} \cdot 10} = 728,79$$

Обираємо до встановл. 4 КЛ марки АСБ-10(3х185) з такими параметрами:
 $I_{\text{доп}} = 310 \text{ А}$, $\Delta P_{1\text{км}} = 22 \text{ кВт/км}$, $K_{\text{КЛ}} = 54 \text{ тис. грн./км}$.

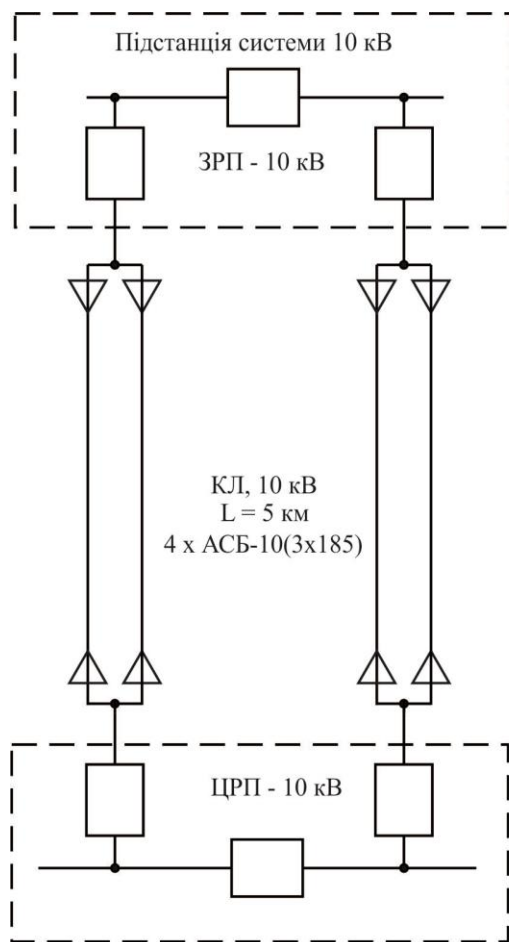
Умова нагріву в нормальн. режимі:

$$I_p = 182,2 \text{ А} \leq K_n I_{\text{дон}} = 0,84 \cdot 310 = 260,4 \text{ А}$$

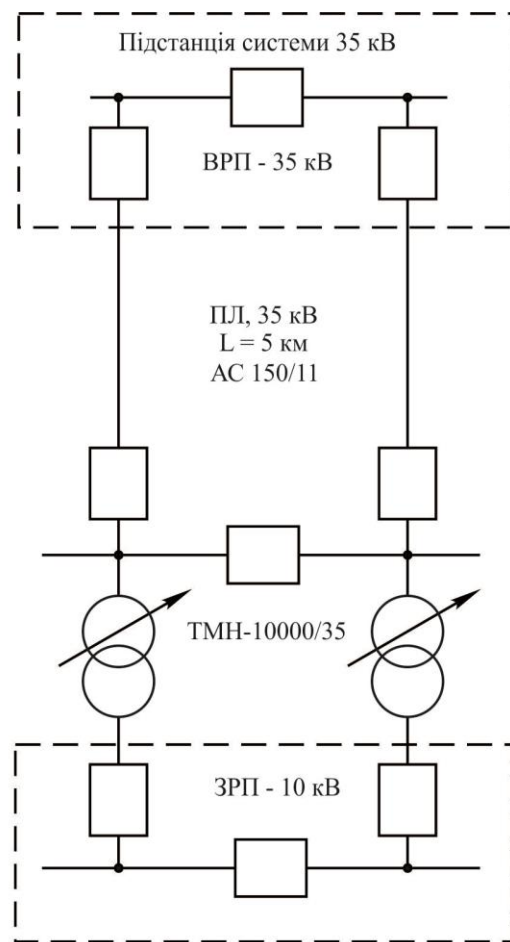
Умова нагріву в аварійн. режимі:

$$I_{p.\text{ав}} = 2I_p = 2 \cdot 182,2 = 364,4 \text{ А} \leq K_{\text{ан}} K'_n I_{\text{дон}} = 1,25 \cdot 1 \cdot 310 = 387,5 \text{ А}$$

									Арк.
Вим.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата					22



а)



б)

Рис. 3.1. Варіанти схем зовнішн. електропостач.

Обрані кабельні лінії задовольняють всім умовам перевірки.

K_3 . кабельн. лінії в нормальн. режимі:

$$K_3 = \frac{I_p}{I_{дон}} = \frac{182,2}{310} = 0,59$$

Втрати акт. потужності в кабельних лініях:

$$\Delta P_{кл} = \Delta P_{1км} l_{\Sigma} K_3^2 = 22 \cdot 20 \cdot 0,3481 = 153,16 \text{ кВт}$$

Втрати активн. ел. ен. в кабельних лініях:

$$\Delta W_{л} = \Delta P_{л} \tau = 76,58 \cdot 3598,19 = 275549,39 \text{ кВт·год.}$$

Вартість втрат ел. ен. в кабельних лініях:

$$C_{втр} = \Delta W_{\Sigma} C_0 = 275549,39 \cdot 5,09 \cdot 0,001 = 1402,55 \text{ тис.грн.}$$

Вим.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата

Арк.

В табл. 3.1. приведено розрахунок капіт. вкладень для 1-го вар. схеми електропостачання заводу електротермічного обладнання

Таблиця 3.1. Розрахунок кап. вкладень I-го вар.

№	Назва ел-ту схеми	Од.	К-сть	Вартість	Всього
1	КЛ 10 кВ	км	20	54	1080
	Траншея	км.	5	14,3	71,5
	Шафи КРП серії КУ-10	шт.	2	10,7	21,4
Всього					1172,9

В табл. 3.2 приведенный розрахунок поточних витрат I-го вар.

Таблиця 5.2. Розрахунок поточних витрат для 1-го варіанту

№	Назва ел-та схеми	К _ж , тис.грн.	Р _{аж} , %	С _{аж} , тис.грн.	Р _{эж} , %	С _{эж} , тис.грн.	С _ж , тис.грн.
1	КЛ 10 кВ	1080	5	54	5	54	108
	Траншея	71,5	5	3,575	5	3,575	7,15
	Шафи КРП серії КУ-10	21,4	15	3,21	5	1,07	4,28
Всього							119,43

Значення потоку відмов 1-го ланцюга:

$$\lambda = \sum_{i=1}^n \lambda_i = 0,004 + 0,8 = 0,804 \quad 1/\text{рік}$$

Середній час відновлення працездатності 1-го ланцюга схеми електропостач.:

$$T_{\text{ср}} = \frac{\sum \lambda_i T_{\text{ср}i}}{\lambda} = \frac{(0,004 \cdot 0,00045 + 0,8 \cdot 0,0007)}{0,804} = 0,00069876 \quad \text{рік}$$

Коефіцієнт. планового простою 1-го ланцюга схеми електропостач.:

$$K_n = 1,2 K_{n\text{max}} = 1,2 \cdot 0,002 = 0,0024$$

Коефіцієнт аварійного простою 1-го ланцюга схеми електропостач.:

$$K_a = \lambda T_{\text{ср}} = 0,804 \cdot 0,000698756218905473 = 0,0005618$$

					Арк.
Вим.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата	
					24

K_n для випадку пошкодження 1-го і планового ремонту 2-го ланцюга:

$$K_{an} = 0.5\lambda K_n^2 = 0,5 \cdot 0,804 \cdot 0,00000576 = 0,00000231552$$

Коефіцієнт аварійн. простою 1-го та 2-го ланцюгів схеми електропостач.:

$$K_a^{(2)} = K_a^2 + 2K_{an} = 0,00000031561924 + 2 \cdot 0,00000231552 = 0,0000049467$$

Час аварійн. простою 1-го та 2-го ланцюгів схеми електропостач., год:

$$T_a = K_a^{(2)} \cdot 8760 = 0,0000049467 \cdot 8760 = 0,04333$$

Передбачуваний збиток, спричинений аварійн. недовідпуском ел. ен., тис. грн./рік:

$$Y = Y_0 P_{cp} T_a = 35 \cdot 7,37 \cdot 0,04333 = 11,18$$

Зведені витрати для I-го варіанту схеми електропостач., тис. грн./рік:

$$Z_i = E_n K_i + C_i + C_{втр i} + Y_i = 0.12 \cdot 1172,9 + 119,43 + 1402,55 + 11,18 = 1673,91$$

Подібним способом здійснюється розрахунок і для II варіанту схеми електропостач. (табл 3.3)

Таблиця 3.3. Техніко-економічні показники 1-го та 2-го варіантів схем електропостач. заводу електротермічного обладнання

Техн.-економ. показники	Варіанти схеми зовн. електропостач.	
	I	II
Капітальні вкладення	1172,9	2462,65
Поточні витрати	119,43	455,77
Вартість втрат ел. ен.	1402,55	2234,73
Збиток	11,18	8,08
Зведені витрати	1673,91	2994,1

З табл. 3.3 видно I варіант схеми є значно вигіднішим, ніж II.

3.2 Вибір схеми внутрішнього електропостачання

Для внутрішнього електропостачання заводу електротермічного обладнання було вирішено використати радіальну схему з наступних причин:

- порівняно більша надійність;
- так як довжини КЛ 10 кВ є порівняно невеликими, то різниця між втратами акт. потужн. для радіальної схеми та інших варіантів буде досить незначною.

Схема внутр. електропостач. показана в графічній частині.

						Арк.
Вим.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		26

РЕЖИМИ РЕАКТИВНОЇ ПОТУЖНОСТІ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ

Метою 4-го розділу є визначення параметрів режиму реакт. потужності системи електропостачання заводу електротермічного обладнання.

4.1 Розрахунок балансу реактивної потужності

Загальне споживання акт. потужн. в сист. електропостач:

$$P_p = P_H + \Delta P_m + P_e = 7781,83 + 84,94 + 4575 = 12441,77 \text{ кВТ}$$

Загальне споживання реакт. потужн. в сист. електропостач:

$$Q_p = Q_h + \Delta Q_m + Q_g = 5507,04 + 445,66 + 2535 = 8487,7 \text{ кВат}$$

Реактивна потужн. з системи живлення:

$$Q_e = P_p \cdot \operatorname{tg} \varphi_c = 12441,77 \cdot 0,15 = 1866,27 \text{ кВАp}$$

Потужність комп. пристр.:

$$Q_{KП} = Q_p - Q_e = 8487,7 - 1866,27 = 6621,43 \text{ кВ}\cdot\text{А}\cdot\text{ч}$$

Мінім. к-сть цехових трансформаторів:

$$N_0 = \frac{P_H}{\beta \cdot S_{HOM}} = \frac{7781,83}{0,7 \cdot 1000} = 11,12 \approx 12 \text{ шт.}$$

Варіант 1. $N = N_0 = 12$ шт.

Q, яка може бути передана з сторони ВН в на сторону НН:

$$Q_1 = \sqrt{(N \cdot \beta \cdot S_{HOM})^2 - P_H^2} = \sqrt{(12 \cdot 0,7 \cdot 1000)^2 - 7781,83^2} = 3162,77 \text{ кВap}$$

Потужність комп. пристр. до 1 кВт:

$$Q_{KH} = Q_H - Q_1 = 5507,04 - 3162,77 = 2344,27 \text{ кВ}\cdot\text{А}\cdot\text{р}$$

Потужність комп. пристр. 10 кВ:

$$Q_{KB} = Q_p - Q_{KH} - Q_e = 8487,7 - 2344,27 - 1866,27 = 4277,16 \text{ кВАр}$$

Розрахунок комп. пристр. для $N_0 + 1$, $N_0 + 2$ показані в табл. 4.1.

Таблиця 4.1. Розрахунок балансу Q

<i>№ вар.</i>	<i>К-сть транс.</i>	<i>Q_1, кВАр</i>	<i>Q_{KH}, кВАр</i>	<i>Q_{KB}, кВАр</i>
1	12	3162,77	2344,27	4277,16
2	13	4717,32	789,72	5831,71
3	14	5956,77	0	6621,43

4.2 Вибір кількості, потужності та місця розташування компенсуючих пристроїв

Розрахунок потужн. комп. пристр. 0,38 кВ, 10 кВ для варіантів, що розглядались в роботі, показані в табл. 4.2, 4.3 і 4.4.

Таблиця 4.2. Результати вибору комп. пристр. ($N_T = 12$ шт.)

<i>№ КТП</i>	<i>К-сть тр.</i>	<i>P_p, кВт</i>	<i>Q_p, кВАр</i>	<i>Q_{np}, кВАр</i>	<i>Q_{kn}, кВАр</i>	<i>К-ть та потужн. БК, шт. кВАр</i>	<i>Сума $Q_{БК}$, кВАр</i>	<i>$Q_{kn} - Q_{БК}$, кВАр</i>	<i>K_z</i>	<i>S_p, кВА</i>
1,2,3	6	3873,27	3133,17	1624,12	1509,05	6·50; 6·200;	1500	9,05	0,7	4203,51
4,5	4	2697,49	1809,21	750,7	1058,51	4·268;	1072	-13,49	0,7	2796,41
6	2	1296,01	1010,32	529,49	480,83	2·50; 2·200;	500	-19,17	0,7	1392,86

Комп. пристр. 0,4 кВ: 3072 квар.; комп. пристр. 10 кВ: 2х1800 = 3600 квар.

Таблиця 4.3. Результати вибору комп. пристр. ($N_T = 13$ шт.)

№ КТП	К-сть тр.	P_p , кВт	Q_p , кВАр	Q_{np} , кВАр	$Q_{кп}$, кВАр	К-ть та потужн. БК, шт. · кВАр	Сума $Q_{БК}$, кВАр	$Q_{кп} - Q_{бк}$, кВАр	K_3	S_p , кВА
1,2,3	7	3873,27	3133,17	3001,3	131,87	1 · 133;	133	-1,13	0,7	4899,31
4,5	4	2697,49	1809,21	750,7	1058,51	4 · 268;	1072	-13,49	0,7	2796,41
6	2	1296,01	1010,32	529,49	480,83	2 · 50; 2 · 200;	500	-19,17	0,7	1392,86

Комп. пристр. 0,4 кВ: 1705 квар.; комп. пристр. 10 кВ: $2 \times 2700 = 5400$ квар.

Таблиця 4.4. Результати вибору комп. пристр. ($N_T = 14$ шт.)

№ КТП	К-сть тр.	P_p , кВт	Q_p , кВАр	Q_{np} , кВАр	$Q_{кп}$, кВАр	К-ть та потужн. БК, шт. · кВАр	Сума $Q_{БК}$, кВАр	$Q_{кп} - Q_{бк}$, кВАр	K_3	S_p , кВА
1,2,3	7	3873,27	3133,17	3001,3	131,87	1 · 133;	133	-1,13	0,7	4899,31
4,5	5	2697,49	1809,21	2230,15	0		0	0	0,65	3248,03
6	2	1296,01	1010,32	529,49	480,83	2 · 50; 2 · 200;	500	-19,17	0,7	1392,86

Комп. пристр. 0,4 кВ: 633 квар.; комп. пристр. 10 кВ: $2 \times 3150 = 6300$ квар.

Втрати ΔP в комп. пристр. 0,4 кВ:

$$\Delta P_{KH} = P_{ПИТ}^{KH} \cdot Q_{KH} = 0,0045 \cdot 3072 = 13,82 \text{ кВт}$$

Втрати ΔP в комп. пристр. 10 кВ:

$$\Delta P_{KB} = P_{ПИТ}^{KB} \cdot Q_{KB} = 0,003 \cdot 3600 = 10,8 \text{ кВт}$$

Втрати ΔP в тр-х:

$$\Delta P_{ТП} = \frac{P_{HH}^2 + Q_1^2}{U_H^2} R_T \cdot 10^{-3} = \frac{7781,83^2 + 3162,77^2}{10^2} \cdot 0,07 \cdot 0,001 = 49,39 \text{ кВт}$$

Вартість комп. пристр. 0,4 кВ:

$$K_{KH} = \sum_{i=1}^n N_{KH i} \cdot K_{KH i} = 8 \cdot 3,28 + 8 \cdot 5,32 + 4 \cdot 6,14 = 93,36 \text{ тис.грн.}$$

						Арк.
Вим.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		29

Вартість комп. пристр. 10 кВ:

$$K_{KB} = \sum_{i=1}^n N_{KBi} \cdot K_{KBi} = 2 \cdot 26,76 = 53,52 \text{ тис.грн.}$$

Вартість тр-х підстанц. 10/0,4 кВ:

$$K_{КТП} = N_{КТП(2)} \cdot K_{КТП(2)} + N_{КТП(1)} \cdot K_{КТП(1)} = \\ = 6 \cdot 638 + 0 \cdot 337,5 = 3828 \text{ тис.грн.}$$

Приведені витрати на І варіант:

$$З = E_H (K_{KH} + K_{KB} + K_{КТП}) + C_0 \tau (\Delta P_{KH} + \Delta P_{KB} + \Delta P_{ТП}) = \\ = 0,12 \cdot (93,36 + 53,52 + 3828) + 0,522 \cdot 3701 \cdot (13,82 + 10,8 + 49,39) \cdot 10^{-3} = \\ = 619,97 \text{ тис.грн.}$$

В табл. 4.5 показані розрахунки приведених витрат для варіантів компенсації реакт. потужн., що розглядалися

Таблиця 4.5. Розрахунок $З$ на компенсацію реакт. потужності Q

№ вар.	$Q_{KH},$ кВАр	$\Delta P_{KH},$ кВт	$Q_{KB},$ кВАр	$\Delta P_{KB},$ кВт	$N_{тр},$ шт.	$R_{екв},$ Ом	$S_{пр},$ кВА	$\Delta P_{ТП},$ кВт	$K_{KH},$ тис. грн.	$K_{KB},$ тис. грн.	$K_{КТП},$ тис. грн.	$З,$ тис. грн.
1	3072	13,8	3600	10,8	12	0,07	8400	49,39	93,36	53,52	3828	620
2	1705	7,67	5400	16,2	13	0,07	9100	57,97	45,86	75,92	4165,5	672,6
3	633	2,85	6300	18,9	14	0,06	9800	57,62	21,3	87,12	4503	706,7

З табл. 4.5 можна побачити, що мінімальне значення приведених витрат відповідає першому варіанту.

								Арк.
Вим.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата				30

РОЗДІЛ 5 **ВИБІР КІЛЬКОСТІ ТА ПОТУЖНОСТІ** **ТРАНСФОРМАТОРІВ ПІДПРИЄМСТВА**

Вибір трансформатора ТП № 1:

$$K_3 = \frac{S_p}{n_T S_{\text{НОМТ}}} = \frac{1401,17}{2 \cdot 1000} = 0,70,$$

$$S_{\text{НОМТ}} = 2 \cdot 1000 \geq \frac{S_p}{K_1} = \frac{1401,17}{1,08} = 1297,$$

$$S_{\text{НОМТ}} = 1000 \geq \frac{S_p}{K_2} = \frac{1401,17}{1,4} \approx 1000.$$

ТМ-1000/10/0,4 повністю задовольняє умовам вибору.

В таблиці 5.1 наведено вибір інших цехових ТП.

Таблиця 5.1. Вибір цехових ТП

№ ТП	К-сть	$S_{\text{роз}}$, кВА	K_3	$S_{\text{НОМ}} > S_p/K_1$	$S_{\text{НОМ}} > S_p/K_2$
ТП-1	2	1401,17	0,7	1297	1001
ТП-2	2	1401,17	0,7	1297	1001
ТП-3	2	1401,17	0,7	1297	1001
ТП-4	2	1398,21	0,7	1295	999
ТП-5	2	1398,21	0,7	1295	999
ТП-6	2	1392,83	0,7	1290	995

РОЗДІЛ 6

РОЗРАХУНОК СТРУМІВ КОРОТКИХ ЗАМКНЕНЬ ТА ВИБІР ВИСОКОВОЛЬТНОГО ОБЛАДНАННЯ

В цьому розділі вирішувались задачі розрах. струмів к.з. і проведенню вибору типів високовольтних ліній і обладнання.

6.1 Розрахунок струмів коротких замкнень

Розрахункова схема системи електропостачання заводу електротермічного обладнання зображена на рис. 6.1), а схема заміщення – на рис. 6.2.

Проведемо визначимо опори елементів системи електропостачання заводу електротермічного обладнання.

Система живлення заводу:

$$X_c = \frac{U_c^2}{S_{к.з.}} = \frac{10,5^2}{100} = 1,103 \text{ Ом} \quad R_c = \frac{X_c}{25} = \frac{1,103}{25} = 0,044 \text{ Ом}$$

Лінії 10 кВ (2 шт. АСБ-10(3х185), 5 км):

$$X_{кл} = \frac{x_0 \cdot l}{n_{кл}} = \frac{0,077 \cdot 5}{2} = 0,19 \text{ Ом}$$

$$R_{кл} = \frac{r_0 \cdot l}{n_{кл}} = \frac{0,167 \cdot 5}{2} = 0,4175 \text{ Ом}$$

Опори в К1:

$$R_{K1} = R_c + R_{кл} = 0,044 + 0,4175 = 0,462 \text{ Ом}$$

$$X_{K1} = X_c + X_{кл} = 1,103 + 0,19 = 1,293 \text{ Ом}$$

$$Z_{K1} = \sqrt{R_{K1}^2 + X_{K1}^2} = \sqrt{0,462^2 + 1,293^2} = 1,373 \text{ Ом}$$

						Арк.
Вим.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		32

Вим.				
Арк.				
№ документа				
Підпис				
Дата				
33	Арк.			

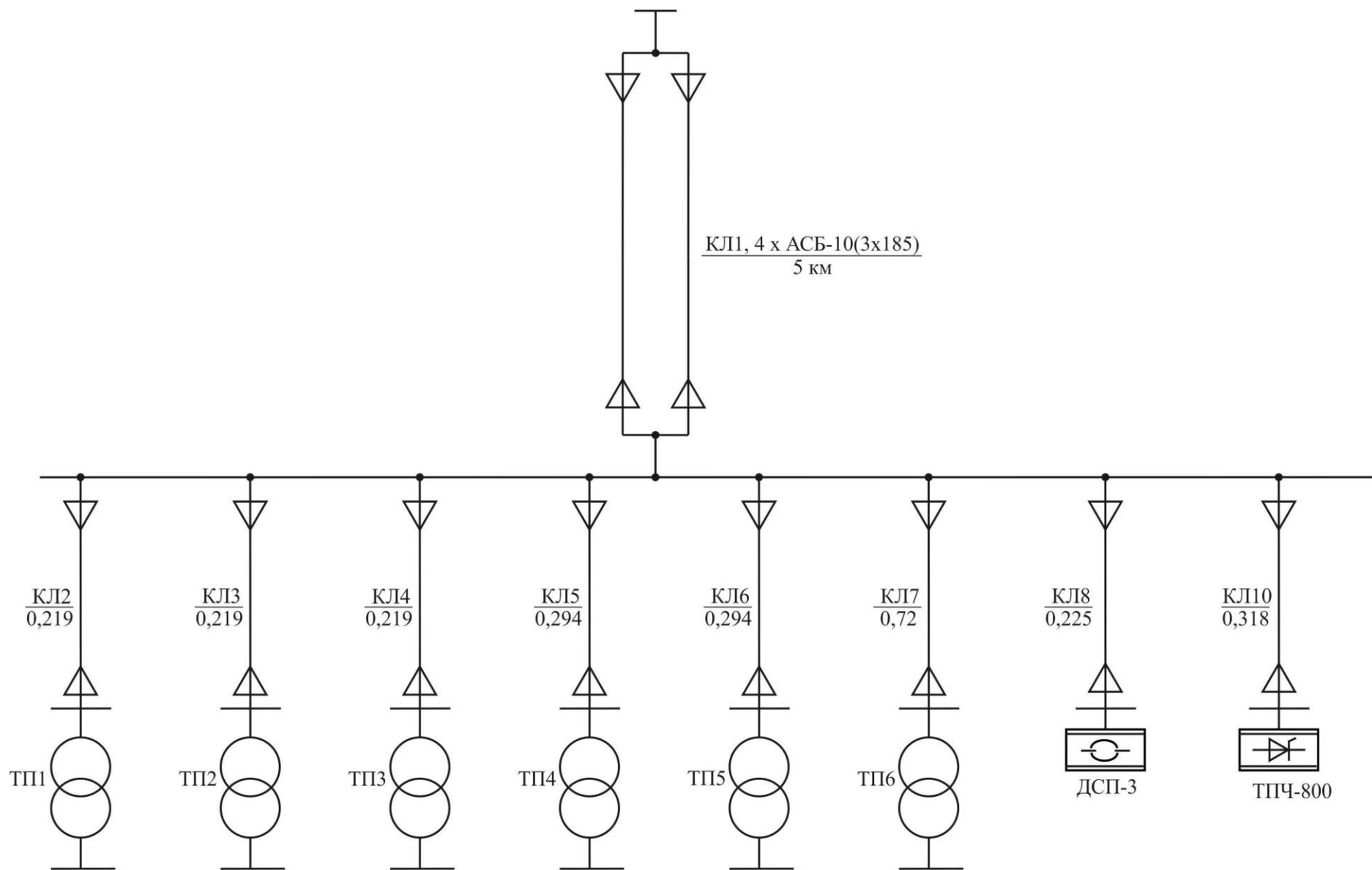


Рис. 6.1. Розрах. схема системи електропостачання заводу електротермічного обладнання

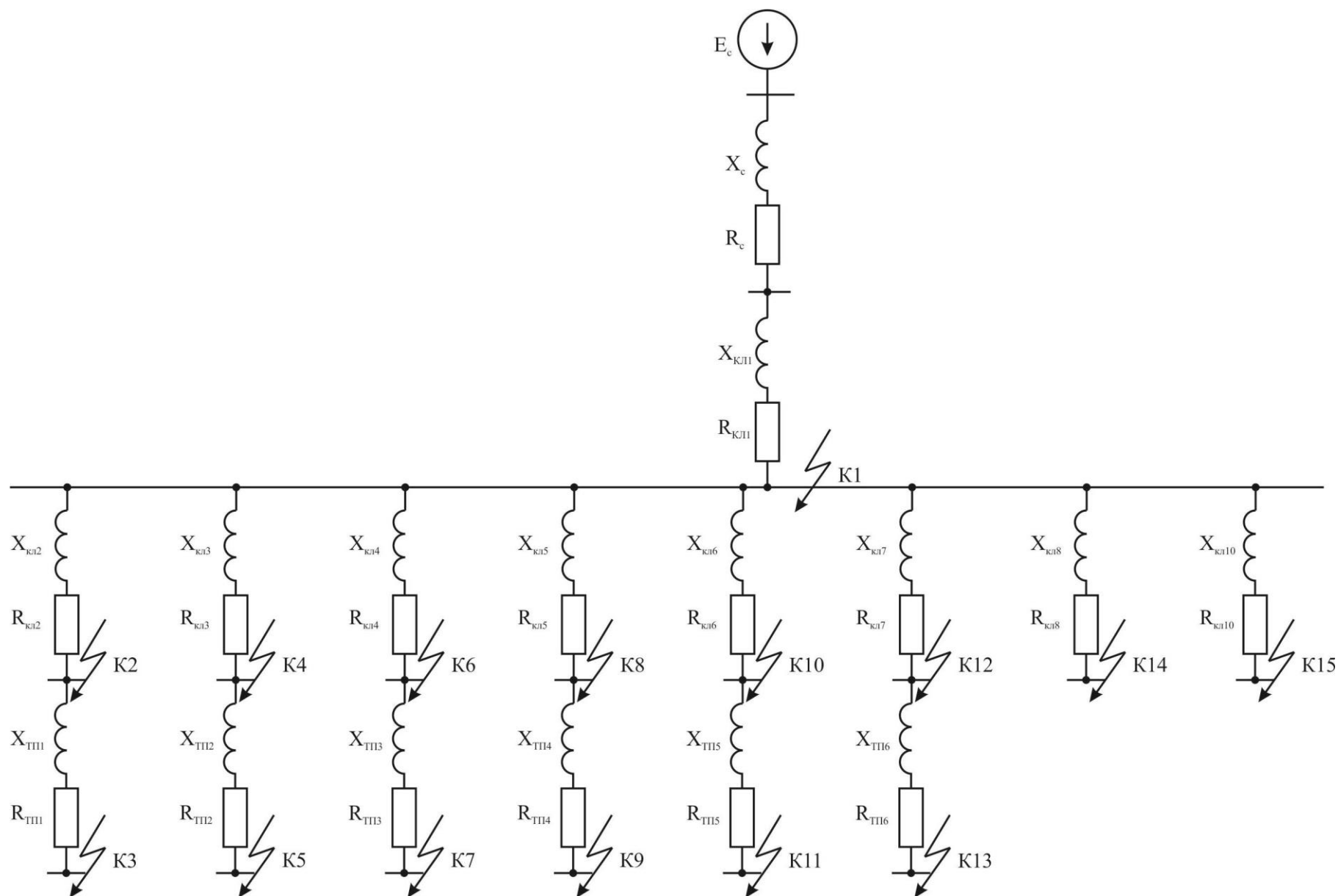


Рис. 6.2. Схема заміщення системи електропостачання заводу електротермічного обладнання

Надперех. струм в К1:

$$I_{K1(c)}'' = \frac{U_{ср.ном.}}{\sqrt{3}Z_{K1}} = \frac{10,5}{\sqrt{3} \cdot 1,373} = 4,42 \text{ кА}$$

Стала часу T_a в К1:

$$T_{a1} = \frac{X_{K1}}{\omega R_{K1}} = \frac{1,293}{314 \cdot 0,462} = 0,0089 \text{ с}$$

Ударний коефіцієнт в К1:

$$k_{y\partial 1} = 1 + e^{\frac{-0,01}{T_{a1}}} = 1 + e^{\frac{-0,01}{0,0089}} = 1,325$$

Ударний струм в К1:

$$i_{y\partial 1(c)} = \sqrt{2}k_{y\partial}I_{K1(c)}'' = \sqrt{2} \cdot 1,325 \cdot 4,42 = 8,28 \text{ кА}$$

Розрах. струм лінії КЛ1:

$$I_p = \frac{S_p}{n\sqrt{3}U_{ср.ном}} = \frac{1401,17}{2 \cdot 1,73 \cdot 10,5} = 38,52 \text{ А}$$

Тепловий імп.:

$$B_k = I_{K1}''^2(t_{p.з. \min} + T_a) = 4,42^2(1,365 + 0,0089) = 26,84 \text{ кА}^2\text{с}$$

Мінім. переріз лінії КЛ:

$$F_{\min} = \frac{1}{C} \sqrt{B_k} = \frac{1}{94} \sqrt{26,84} \cdot 10^3 = 55,11 \text{ мм}^2$$

Таким чином, обираємо лінію ААШВ-10(3 х 70)

						Арк.
Вим.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		35

Індуктивний і активний опори КЛ1:

$$X_{кл} = x_0 \cdot l_{кл} = 0,086 \cdot 0,219 = 0,019 \text{ Ом}$$

$$R_{кл} = r_0 \cdot l_{кл} = 0,443 \cdot 0,219 = 0,097 \text{ Ом}$$

Для інших кабельн. ліній параметри вказано в табл. 6.1.

Таблиця 6.1. Параметри кабельних ліній

№ КЛ	l , км	r_0 , Ом/км	x_0 , Ом/км	R , Ом	X , Ом
1	5,000	0,167	0,077	0,418	0,193
2	0,219	0,443	0,086	0,097	0,019
3	0,219	0,443	0,086	0,097	0,019
4	0,219	0,443	0,086	0,097	0,019
5	0,294	0,443	0,086	0,130	0,025
6	0,294	0,443	0,086	0,130	0,025
7	0,072	0,443	0,086	0,032	0,006
8, 9	0,225	0,258	0,081	0,058	0,018
10, 11	0,318	0,443	0,086	0,141	0,027

Результуючі опори в К2:

$$R_{K2} = R_{K1} + R_{кл} = 0,462 + 0,097 = 0,559 \text{ Ом}$$

$$X_{K2} = X_{K1} + X_{кл} = 1,293 + 0,019 = 1,312 \text{ Ом}$$

$$Z_{K2} = \sqrt{R_{K2}^2 + X_{K2}^2} = \sqrt{0,559^2 + 1,312^2} = 1,426 \text{ Ом}$$

Надперехідн. струм в К2:

$$I_{K2}'' = \frac{U_{ср.ном.}}{\sqrt{3}Z_{K2}} = \frac{10,5}{\sqrt{3} \cdot 1,426} = 4,25 \text{ кА}$$

Стала часу в К2:

$$T_{a2} = \frac{X_{K2}}{\omega R_{K2}} = \frac{1,312}{314 \cdot 0,559} = 0,0075 \text{ с}$$

Ударний коефіцієнт в К2:

$$k_{y\partial 2} = 1 + e^{\frac{-0,01}{T_{a2}}} = 1 + e^{\frac{-0,01}{0,0075}} = 1,264$$

Ударний струм в К2:

$$i_{y\partial 2} = \sqrt{2} k_{y\partial} I_{K2}'' = \sqrt{2} \cdot 1,264 \cdot 4,25 = 7,6 \text{ кА}$$

Опори трансформаторів ТП1:

$$X_{mp} = \frac{U_{\kappa, \%} U_{cp, ном}^2}{S_{ном}} = \frac{5,5 \cdot 10,5^2}{1000} \cdot 10 = 6,06 \text{ Ом}$$

$$R_{mp} = \frac{\Delta P_{\kappa} U_{cp, ном}^2}{S_{ном}^2} = \frac{8,6 \cdot 10,5^2}{1000^2} \cdot 10^3 = 0,95 \text{ Ом}$$

Результуючі опори в К3:

$$R_{K3} = (R_{K2} + R_{mp}) \left(\frac{U_{нн}}{U_{вн}} \right)^2 = (0,559 + 0,948) \left(\frac{0,4}{10,5} \right)^2 = 0,0022 \text{ Ом}$$

$$X_{K3} = (X_{K2} + X_{mp}) \left(\frac{U_{нн}}{U_{вн}} \right)^2 = (1,312 + 6,064) \left(\frac{0,4}{10,5} \right)^2 = 0,0107 \text{ Ом}$$

$$Z_{K3} = \sqrt{R_{K3}^2 + X_{K3}^2} = \sqrt{0,0022^2 + 0,0107^2} = 0,0109 \text{ Ом}$$

Надперехідний струм в К3:

$$I_{K3}'' = \frac{U_{cp, ном.}}{\sqrt{3} Z_{K3}} = \frac{0,4}{\sqrt{3} \cdot 0,0109} = 21,19 \text{ кА}$$

Стала часу в К3:

$$T_{a3} = \frac{X_{K3}}{\omega R_{K3}} = \frac{0,0107}{314 \cdot 0,0022} = 0,0155 \text{ с}$$

						Арк.
Вим.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		37

Ударний коефіцієнт в КЗ:

$$k_{y\partial 3} = 1 + e^{\frac{-0,01}{T_{a3}}} = 1 + e^{\frac{-0,01}{0,0155}} = 1,525$$

Ударний струм в КЗ:

$$i_{y\partial 3} = \sqrt{2} k_{y\partial} I_{K3}'' = \sqrt{2} \cdot 1,525 \cdot 21,19 = 45,7 \text{ кА}$$

Розрахунок струмів кор. зам. для інших точок системи електропостачання заводу електротермічного обладнання наведено в таблиці 6.2.

Таблиця 6.2. Розрахунок струмів к.з.

№ точки к.з.	R, Ом	X, Ом	I_K'' , кА	T_a , с	$k_{y\partial}$	$i_{y\partial}$, кА
1	0,4620	1,2930	4,42	0,0089	1,325	8,28
2	0,5590	1,3120	4,25	0,0075	1,264	7,60
3	0,0022	0,0107	21,19	0,0155	1,525	45,70
4	0,5590	1,3120	4,25	0,0075	1,264	7,60
5	0,0022	0,0107	21,19	0,0155	1,525	45,70
6	0,5590	1,3120	4,25	0,0075	1,264	7,60
7	0,0022	0,0107	21,19	0,0155	1,525	45,70
8	0,5920	1,3180	4,20	0,0071	1,245	7,39
9	0,0022	0,0107	21,19	0,0155	1,525	45,70
10	0,5920	1,3180	4,20	0,0071	1,245	7,39
11	0,0022	0,0107	21,19	0,0155	1,525	45,70
12	0,4940	1,2990	4,36	0,0084	1,304	8,04
13	0,0021	0,0107	21,19	0,0162	1,539	46,12
14	0,5200	1,3110	4,30	0,0080	1,287	7,83
15	0,6030	1,3200	4,18	0,0070	1,240	7,33

6.2 Вибір кабельних ліній напругою 10 кВ

Розрахунк. струм лінії до підстанції № 1:

$$I_p = \frac{S_p}{n\sqrt{3}U_{ср.ном}} = \frac{1401,17}{2 \cdot 1,72 \cdot 10,5} = 38,52 \text{ A}$$

Обираємо лінію ААШВ-10(3х70).

Перевірка на допуст. навант.:

$$I_p = 38,52 \text{ A} \leq K_n \cdot I_{дон} = 0,9 \cdot 165 = 148,5 \text{ A}$$

Перевірка на роботу авар. реж.:

$$I_{ав} = 77,04 \text{ A} \leq K_{ан} \cdot K'_n \cdot I_{дон} = 1,35 \cdot 1 \cdot 165 = 222,75 \text{ A}$$

Тепловий імп.:

$$B_\kappa = I_{K1}^2 (t_{p.з.мин} + T_a) = 4,42^2 (1,365 + 0,0089) = 55,11 \text{ кА}^2\text{с}$$

Мінімальний переріз кабельн. лінії:

$$F_{min} = \frac{1}{C} \sqrt{B_\kappa} = \frac{1}{94} \sqrt{26,84} \cdot 10^3 = 55,11 \text{ мм}^2$$

В табл. 6.3 вказано результати розрахунку з вибору інших ліній системи електропостачання заводу електротермічного обладнання.

						Арк.
Вим.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		39

Вим.		
Арк.		
№ документа		
Підпис		
Дата		
40	Арк.	

Таблиця .6.3. Вибір кабельних ліній

<i>№ КЛ</i>	<i>n, шт</i>	<i>S_p, МВА</i>	<i>I_p, А</i>	<i>I_{p.ав.}, А</i>	<i>F_{ек}, мм²</i>	<i>B_к, кА²с</i>	<i>F_{min}, мм²</i>	<i>Марка кабеля</i>	<i>I_{дон}, А</i>	<i>K_n</i>	<i>K_nI_{дон}, А</i>	<i>K_{ан}</i>	<i>K'_n</i>	<i>K_{ан}K'_n I_{дон}, А</i>
1	4	12623	173,52	347,04	144,6	26,84	55,11	4 х АСБ-10(3 х 185)	310	0,8	248	1,35	0,9	376,65
2	2	1401,17	38,52	77,04	32,1	26,84	55,11	2 х ААШВ-10(3х70)	165	0,9	148,5	1,35	1	222,75
3	2	1401,17	38,52	77,04	32,1	26,84	55,11	2 х ААШВ-10(3х70)	165	0,9	148,5	1,35	1	222,75
4	2	1401,17	38,52	77,04	32,1	26,84	55,11	2 х ААШВ-10(3х70)	165	0,9	148,5	1,35	1	222,75
5	2	1398,21	38,44	76,88	32,03	26,84	55,11	2 х ААШВ-10(3х70)	165	0,9	148,5	1,35	1	222,75
6	2	1398,21	38,44	76,88	32,03	26,84	55,11	2 х ААШВ-10(3х70)	165	0,9	148,5	1,35	1	222,75
7	2	1392,83	38,29	76,58	31,91	26,84	55,11	2 х ААШВ-10(3х70)	165	0,9	148,5	1,35	1	222,75
8, 9	1	2500	137,46	-	114,55	26,84	55,11	1 х ААШВ-10(3х120)	240	1	240	-	-	-
10, 11	1	1000	54,99	-	45,83	26,84	55,11	1 х ААШВ-10(3х70)	165	1	165	-	-	-

6.3 Вибір електричних апаратів високої напруги

В табл. 6.4 – 6.6 наведено результати розрах. з вибору вимикачів.

Таблиця 6.4. Вибір високовольтного вимикача на вводі

Параметр	Умова	Розрах.
Номінальна напруга, кВ	$U_{уст} \leq U_{ном}$	$10 \leq 11$
Довготривалий стр., кА	$I_{роб.форс} \leq I_{ном}$	$728,79 \leq 1000$
Відключаюча здатність: - симетричний струм: - аперіодична скл.: - повний струм:	$I_{н\tau} \leq I_{відкл.ном}$ $i_{a\tau} \leq \sqrt{2}\beta_n I_{відкл.ном}$ $\sqrt{2}I_{н\tau} + i_{a\tau} \leq \sqrt{2}I_{ном.відкл}(1 + \beta_n)$	$4,42 \leq 20$ $0 \leq 11,31$ $1,41 \cdot 4,42 + 0 < 1,41 \cdot 20 \cdot (1 + 0,4)$ $6,25 \leq 39,6$
Динамічна стійкість: - симетричний струм: - ударний струм:	$I'' \leq I_{дин.ст}$ $i_y \leq 1,8\sqrt{2}I_{дин.ст}$	$4,42 \leq 52$ $8,28 \leq 132,37$
Термічна стійкість	$B_k \leq I_{TH}^2 t_{TH}$	$24,44 \leq 1200$

Найменший час від моменту початку кор. зам. до розх. контактів вимикача:

$$\tau = t_{pz.min} + t_{c.с} = 0,5 + 0,042 = 0,542 \text{ с}$$

Аперіод. складова струму:

$$i_{a\tau} = \sqrt{2}I'' e^{\frac{-\tau}{T_a}} = 1,41 \cdot 4,42 \cdot e^{\frac{-0,542}{0,0089}} = 0 \text{ кА}$$

Тепл. імпл.:

$$B_k = I''^2 (t_{c.с.} + t_{pz.max} + T_a) = 4,42^2 (0,042 + 1,2 + 0,0089) = 24,4 \text{ кА}^2 \text{с}$$

Обираємо ВР1-10-20/1000. Подібним чином обираються високовольний секційний вимикач та вимикач на відхідних лініях

Для захисту системи електропостачання заводу електротермічного обладнання від перенапруг було обрано ОПН-10/420/12.

6.4 Вибір потужності та схем живлення трансформаторів власних потреб

На рис. 6.3. наведено схема приєднання трансформ. власних потреб.

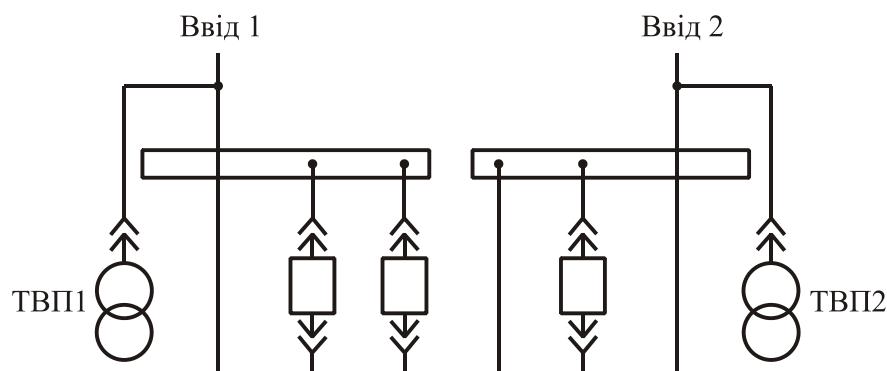


Рис. 6.3. Схема приєднання ТВП до системи електропостачання.

В табл. 6.5. приведено розрахунок електр. навант. ТВП.

Таблиця 6.5. Розрахунок електр. навант. ТВП

№	Споживачі ТВП	$P_{ном}$ кВт	n шт.	$P_{сум}$ кВт	$\cos \varphi$	$tg \varphi$	$P_{уст}$ кВт	$Q_{уст}$ кВА n
1.	Підігрів комірок КРП	0,6	24	14,4	0,97	0,25	14,4	4
2.	Опалення і освітл. Приміщень	6	3	18	0,97	0,25	18	5
3.	Зовн. освітлення ЦРП	4,5	4	18	0,97	0,25	18	5
4.	Оперативні кола	4,5	4	18	0,97	0,25	18	5
Всього							68	19

Сумарне ел. нап. ТВП:

$$S_{уст} = \sqrt{P_{уст}^2 + Q_{уст}^2} = \sqrt{68,4^2 + 19^2} = 70,99 \text{ кВА}$$

Розрах. ел. потужність ТВП:

$$S_p = K_c S_{уст} = 0,8 \cdot 70,99 = 56,79 \text{ кВА}$$

Обираємо тр-р ТВП ТМ-40/10.

Коефіцієнт завант. тр-ра:

$$K_z = \frac{S_p}{n \cdot S_{ном}} = \frac{56,79}{2 \cdot 40} = 0,71$$

6.5 Вибір трансформаторів струму і напруги

В табл. 6.6 наведено розрахунки з вибору вимірювальних ТС, які встановлюються на вводах.

Таблиця 6.6. Вибір ТС на вводах

Параметр ТС	Умова вимору	Розрахунок
Номінальна напруга	$U_{уст} \leq U_{ном}$	$10 \leq 10$
Довготривалий номінальний струм	$I_{роб.форс} \leq I_{ном}$	$728,79 \leq 800$
Динамічна стійкість	$i_y \leq i_{дин.}$	$8,28 \leq 81$
Термічна стійкість	$B_k \leq I_{тер}^2 t_{тер}$	$24,44 \leq 2976,75$
Вторинне навантаження	$Z_2 \leq Z_{ном}$	$0,34 \leq 0,4$

Обираємо тр-р струму ТЛК-10/800 У1.

В табл. 6.7. показано розрах. вторинного навант. тр-ра струму.

Таблиця 6.7. Розрахунок вторинного навант. тр-ра струму

Назва обладнан.	Тип	Навантаж. по фазах		
		A	B	C
Амперметр	Е 377	0,10	-	0,10
Лічильник	230ART2	0,10	0,10	0,10
Всього на вводі		0,20	0,10	0,20

Електр. опір вимірювальних приладів, Ом:

$$Z_{\text{прил}} = \frac{S_{\text{прил}}}{I_{\text{ном}}^2} = \frac{0,2}{5^2} = 0,01$$

Необхідн. опір проводів, якими приєднуються вимірювальні прилади до ТС:

$$R_{\text{пров}} = Z_{2\text{ном}} - Z_{\text{прил}} - R_{\text{к}} = 0,4 - 0,01 - 0,1 = 0,29 \text{ Ом}$$

Переріз з'єднувальн. проводів, мм²:

$$F = \frac{\rho \cdot l_{\text{розр}}}{R_{\text{пров}}} = \frac{0,0283 \cdot 20}{0,29} = 1,95$$

Обираємо АКРВГ-2,5 з опором, Ом:

$$R_{\text{пров.ст.}} = \frac{\rho \cdot l_{\text{розр}}}{F_{\text{пр.ст}}} = \frac{0,0283 \cdot 20}{2,5} = 0,23$$

Вторинне ел. нав. тр-ра струму, Ом:

$$Z_2 = Z_{\text{прил}} + R_{\text{провст}} + R_{\text{конт}} = 0,01 + 0,23 + 0,1 = 0,34$$

Таким же чином обираються тр-ри струму на відхідних кабельн. лініях.

					Арк.
Вим.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата	
					44

В табл. 6.8 приведені розрахунки ел. нав. тр-ра напруги.

Таблиця 6.8. Розрахунок ел. нав. тр-ра напруги

<i>Прилад</i>	<i>Тип</i>	<i>S, ВА</i>	<i>К-сть обм.</i>	<i>К-сть прил.</i>	<i>S_Σ, ВА</i>
Вольтметр	Е 377	1,00	1	1	1,00
Ватметр	Д-335	1,50	1	1	1,50
Варметр	Д-304	2,00	1	1	2,00
Лічильник КО	230ART2	7,50	3	1	22,50
Лічильник ТО	230AR	7,50	2	9	135,00
<i>Всього</i>					<i>162,00</i>

Обираємо ТН НАМИ-10-66-У3.

						Арк.
Вим.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		45

РОЗДІЛ 7

СПЕЦІАЛЬНИЙ РОЗДІЛ. ВИКОРИСТАННЯ АКТИВНИХ ФІЛЬТРІВ В СИСТЕМІ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ

7.1. Загальні відомості про активні фільтри

Силові активні фільтри (САФ) є пристроями, які використовуються для зниження несинусоїдальності напруги в електричних мережах. Несинусоїдальність напруги може бути спричинена різними факторами, такими як нестабільна робота електрообладнання, нелінійні навантаження або нестабільна робота генераторів електроенергії.

САФ використовуються для зниження несинусоїдальності напруги шляхом генерації компенсуючих струмів, які мають протилежну форму, ніж несинусоїдальний струм, що генерується нелінійним навантаженням. Ці компенсуючі струми вирівнюють нелінійні гармоніки, відновлюючи синусоїдальну форму напруги в електричній мережі.

Основними складовими САФ є:

1. Вимірювальні прилади: вони використовуються для вимірювання несинусоїдальності напруги та струму в електричній мережі.
2. Компенсуючий генератор: це електронна схема, яка генерує компенсуючі струми, зворотні до несинусоїдальних гармонік.
3. Інвертор: використовується для перетворення постійного струму, отриманого від джерела живлення, на змінний струм з потрібними параметрами (амплітуда, частота, фаза).
4. Фільтри: вони використовуються для відсіювання навантаження, що спричиняє несинусоїдальність, та передачі компенсуючих струмів у мережу.

На рис. 7.1 показана спрощена схема САФ.

						Арк.
Вим.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		46

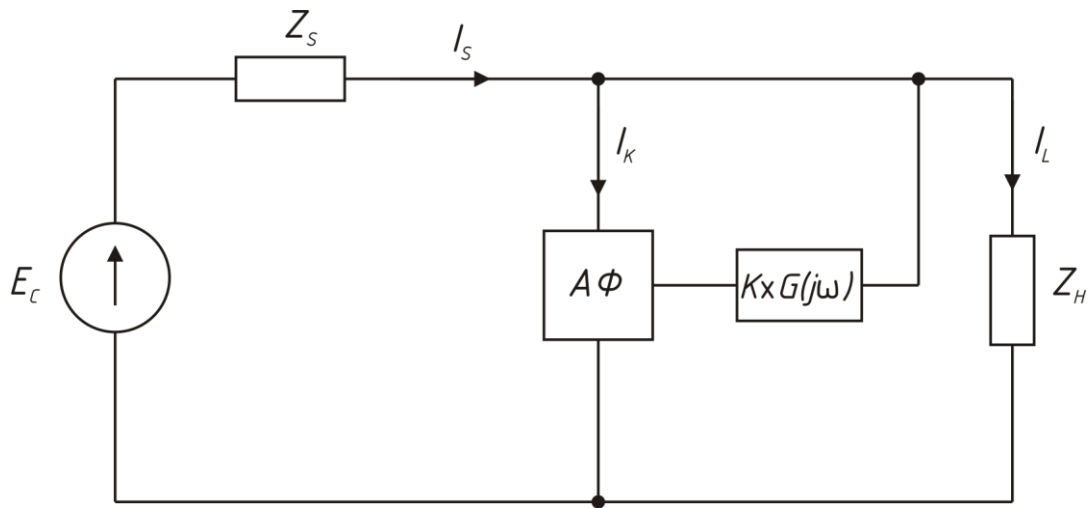


Рис. 7.1. Спрощена схема САФ

САФ можуть бути використані в різних сферах, де важлива стабільність та якість електропостачання, таких як промислові установки, комерційні будівлі, лікарня, комп'ютерні центри, телекомунікаційні системи та інші.

Основні переваги силових активних фільтрів включають:

1. Зниження несинусоїдальності: САФ можуть ефективно видаляти гармоніки та інші несинусоїдальні складові з електричної мережі, що дозволяє забезпечити стабільну синусоїдальну форму напруги.

2. Підвищення ефективності системи: Видалення несинусоїдальних складових струму допомагає знизити втрати енергії, покращує коефіцієнт потужності та ефективність електропостачання.

3. Зменшення перенавантаження: САФ забезпечують зменшення струмів гармонік, які можуть спричиняти перевантаження обладнання та перегрів.

4. Покращення надійності: САФ допомагають запобігати пошкодженню обладнання, спричиненому несинусоїдальною напругою, тим самим збільшуючи надійність електропостачання.

5. Дотримання нормативів: Використання САФ дозволяє відповідати стандартам та нормативам щодо якості електропостачання, які вимагають мінімізації несинусоїдальності напруги та струму.

Спробую продовжити.

Вибір правильного типу та розміру САФ зазвичай залежить від таких факторів:

1. Рівень несинусоїдальності: Спочатку необхідно виміряти та аналізувати характеристики несинусоїдальності напруги та струму в електричній мережі. Це допоможе встановити рівень гармонік та інших несинусоїдальних складових, які потрібно скомпенсувати.

2. Потужність: Визначте необхідну потужність САФ, яка визначається сумарною потужністю несинусоїдальних складових, які потрібно компенсувати.

3. Діапазон гармонік: Розгляньте діапазон гармонік, для якого САФ повинен бути ефективним. Деякі САФ можуть бути спеціалізованими на компенсації певних гармонік або ширшого діапазону.

4. Доступність простору та інфраструктури: Врахуйте фізичні обмеження та наявність необхідної інфраструктури для встановлення та підключення САФ.

5. Бюджет: Оцініть вартість і економічну вигоду від використання САФ. Зробіть порівняння різних моделей та виробників, щоб знайти оптимальний варіант.

У разі використання силових активних фільтрів необхідно також враховувати їх експлуатаційні вимоги, моніторинг та підтримку системи для забезпечення правильної роботи та ефективного управління компенсацією несинусоїдальності.

На рис. 7.2 наведена структурна схема паралельного САФ, а на рис. 7.3 – принципова схема поздовжнього САФ.

						Арк.
Вим.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		48

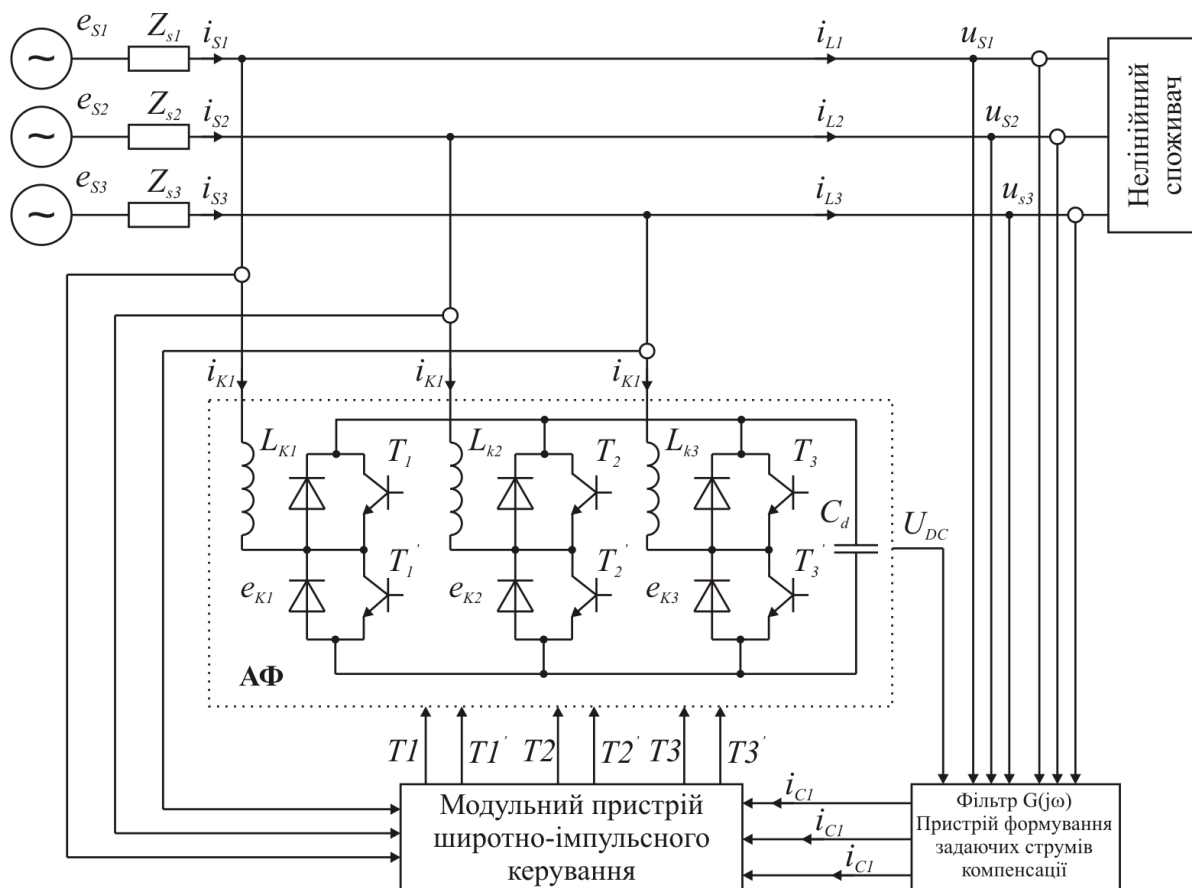


Рис. 3.2. Схема паралельного САФ

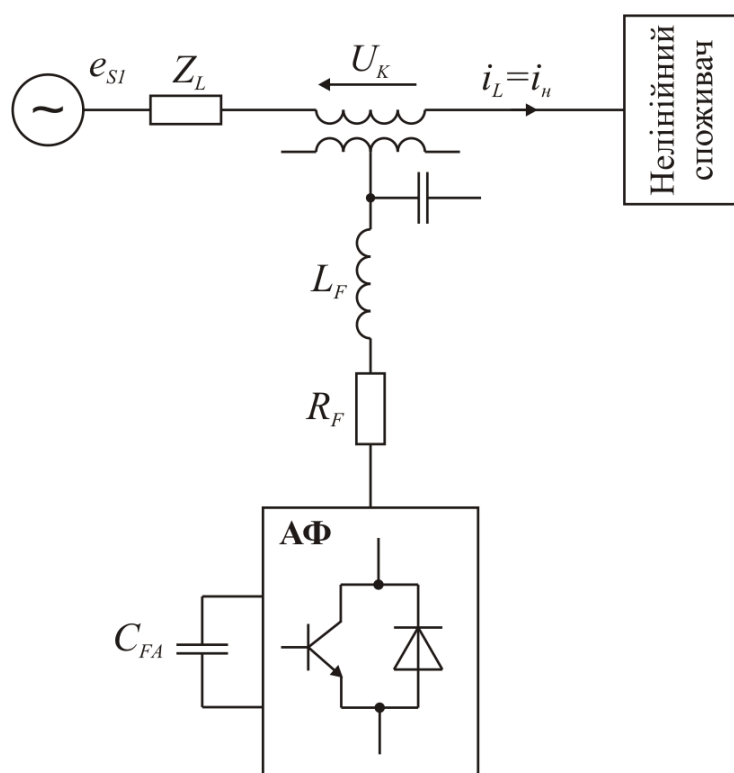


Рис. 7.3. Схема поздовжнього САФ

Переваги силових активних фільтрів (САФ) в порівнянні з іншими засобами зниження несинусоїдальності напруги в електричних мережах:

1. Ефективність компенсації: САФ забезпечують ефективну компенсацію несинусоїдальності, включаючи гармоніки та інші несинусоїдальні складові. Вони здатні генерувати компенсуючі струми з високою точністю, що дозволяє повністю відновити синусоїдальну форму напруги в електричній мережі.

2. Гнучкість: САФ можуть бути налаштовані та програмовані для компенсації конкретних гармонік та несинусоїдальних складових, які присутні в мережі. Це дозволяє вибрати оптимальні параметри компенсації та адаптувати їх до конкретних потреб системи.

3. Широкий діапазон компенсації: САФ здатні компенсувати широкий діапазон гармонік та несинусоїдальних складових, включаючи високочастотні гармоніки, що зазвичай є проблемою для пасивних фільтрів.

4. Реакція в реальному часі: САФ працюють в режимі реального часу, що дозволяє швидко реагувати на зміни в електричній мережі та надавати компенсацію навіть при швидкому зміні навантаження.

5. Компенсація активної потужності: Окрім компенсації несинусоїдальності напруги, САФ можуть також забезпечувати компенсацію активної потужності. Це дозволяє знижувати споживання електроенергії та покращувати коефіцієнт пот

Загалом, силові активні фільтри є потужними та ефективними засобами зниження несинусоїдальності напруги в електричних мережах.

7.2. Комп'ютерне моделювання САФ

На рис. 7.6, 7.7 показана комп'ютерна модель системи електропостачання з САФ.

Результати моделювання наведені на рис. 7.8 – 7.15.

						Арк.
Вим.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		50

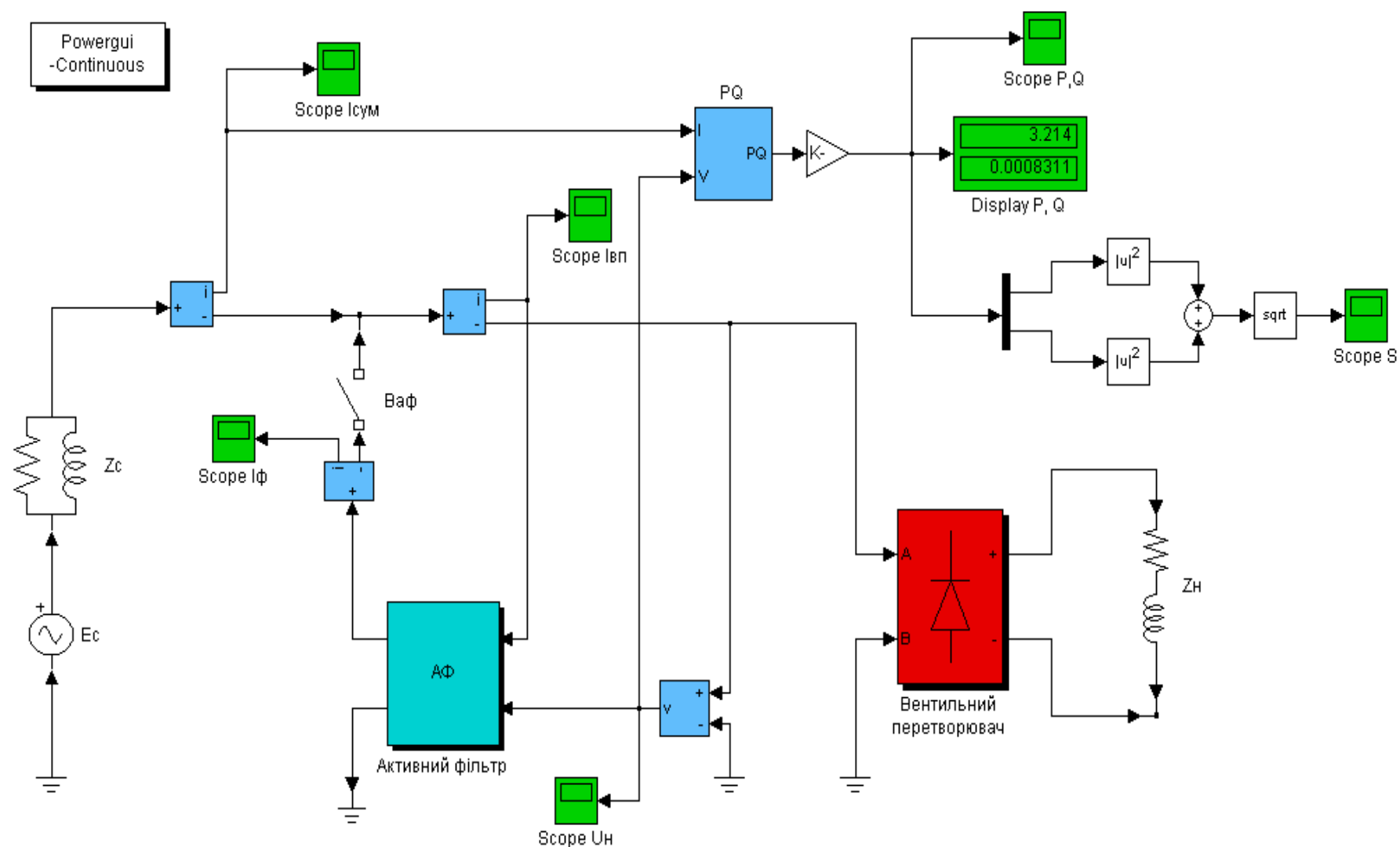
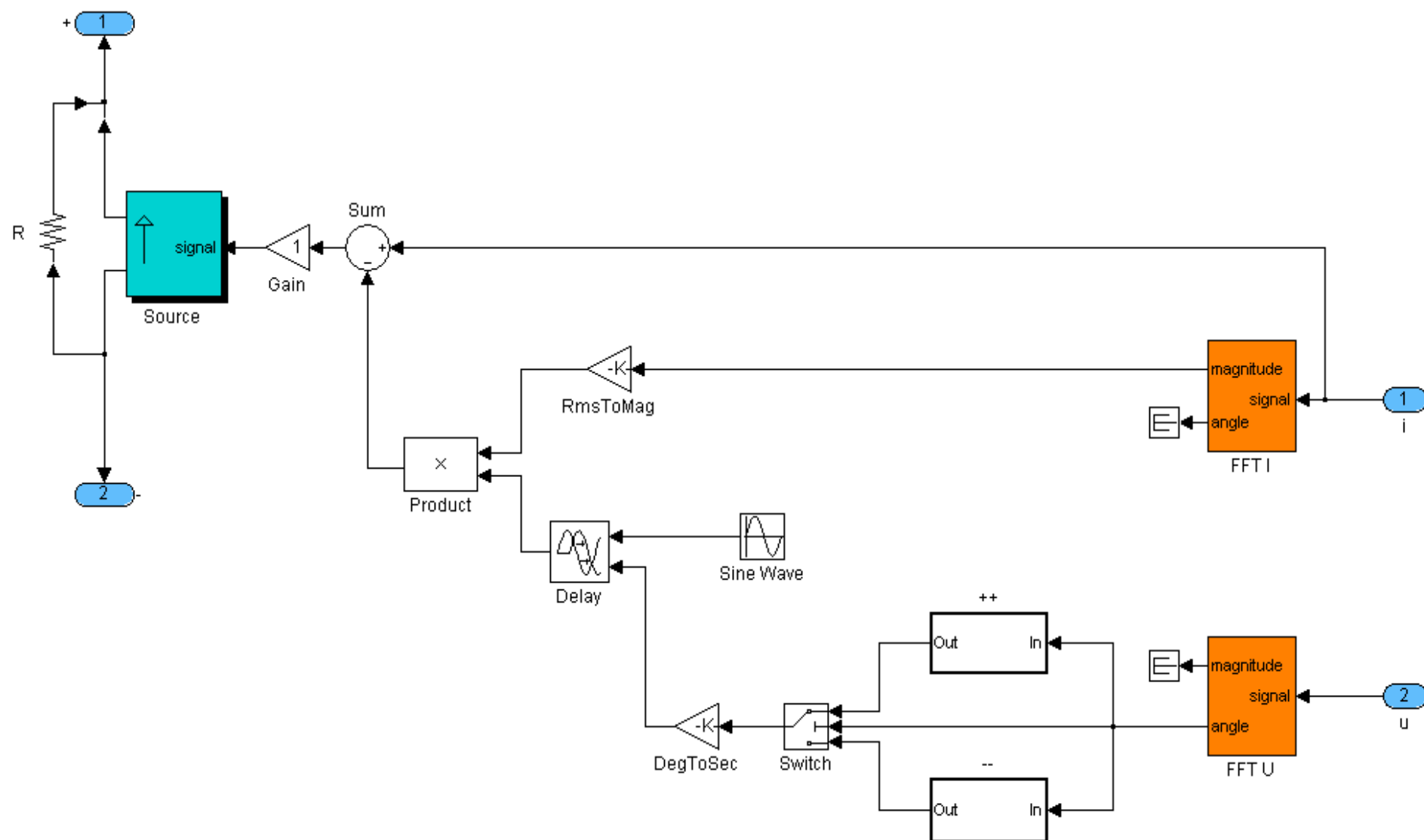


Рис. 7.6. Комп'ютерна модель системи електропостачання з САФ

Всг.	Арк.	№ документа	Плѣтис	Дата



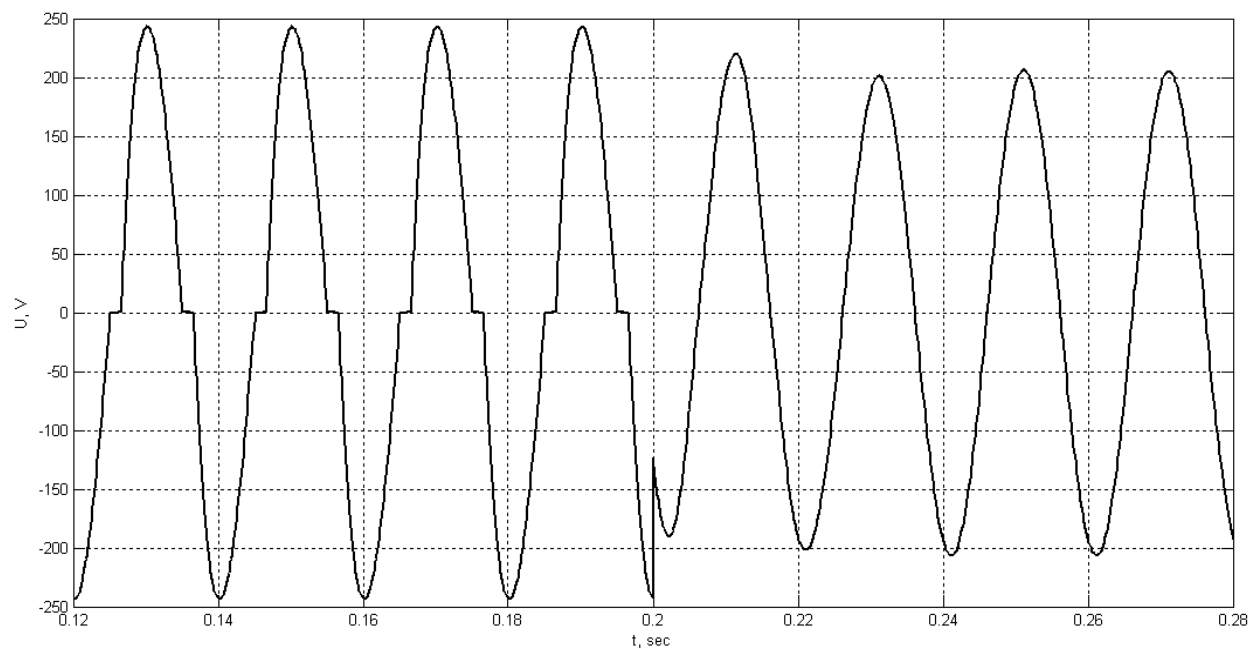


Рис. 7.8. Графік зміни напруги на шинах 10 кВ

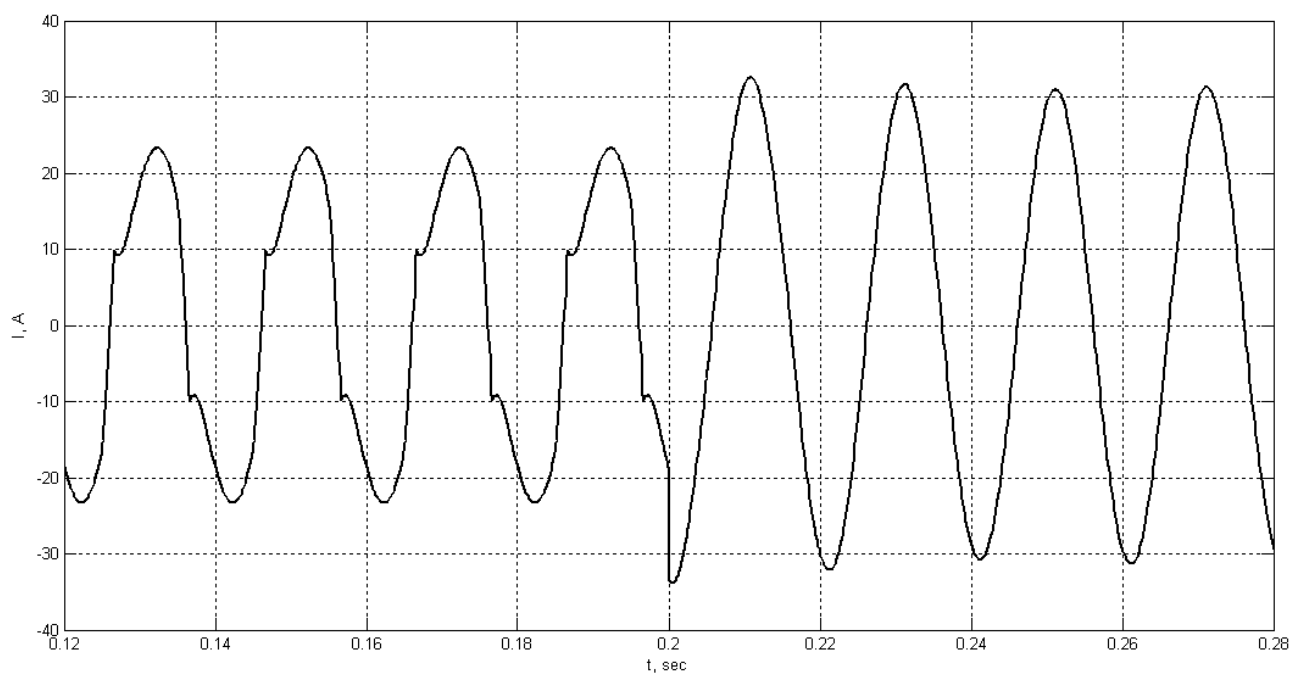


Рис. 7.9. Графік зміни загального струму

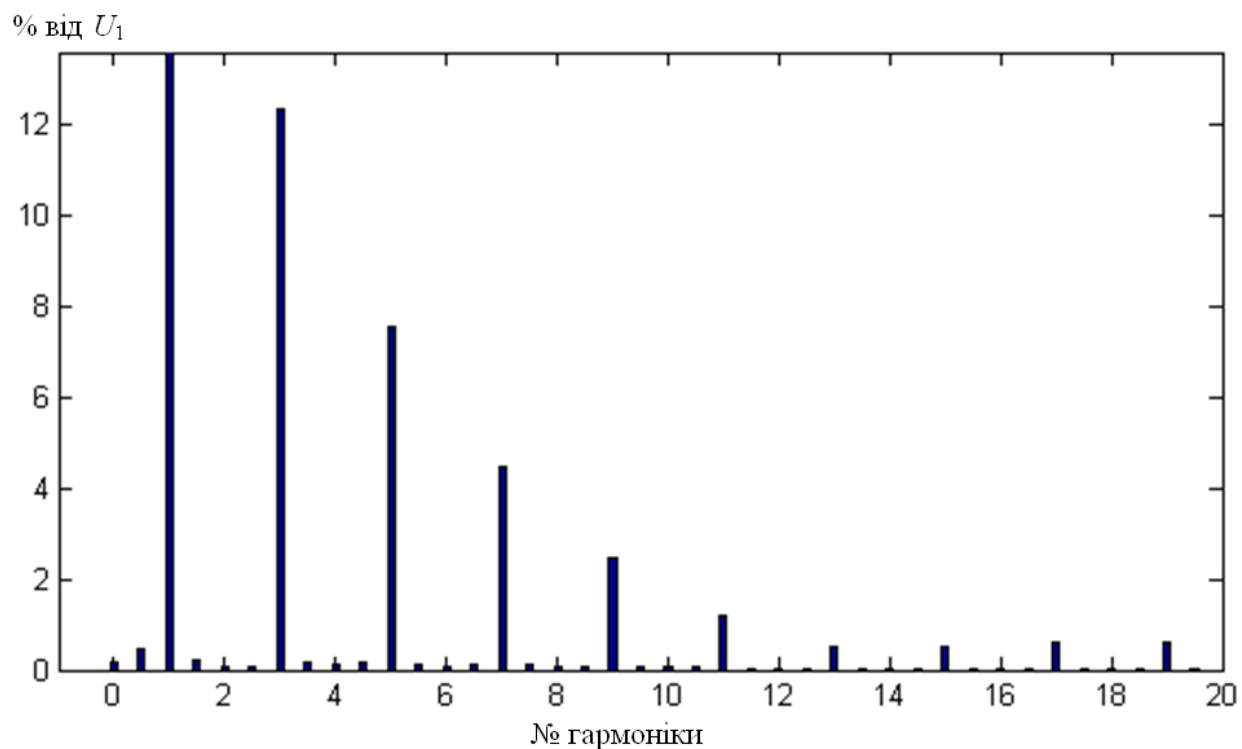


Рис. 7.10. Спектральний аналіз напруги при вимкненому САФ

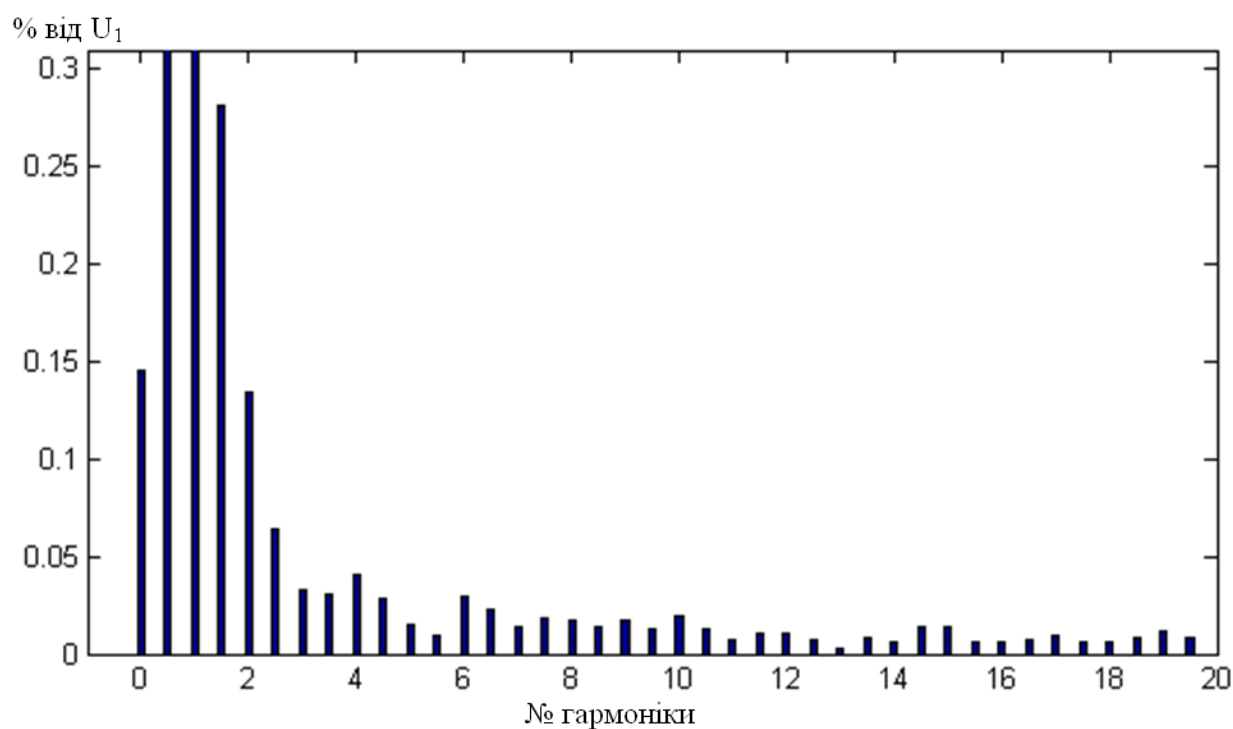


Рис. 7.11. Спектральний аналіз напруги при ввімкненому САФ

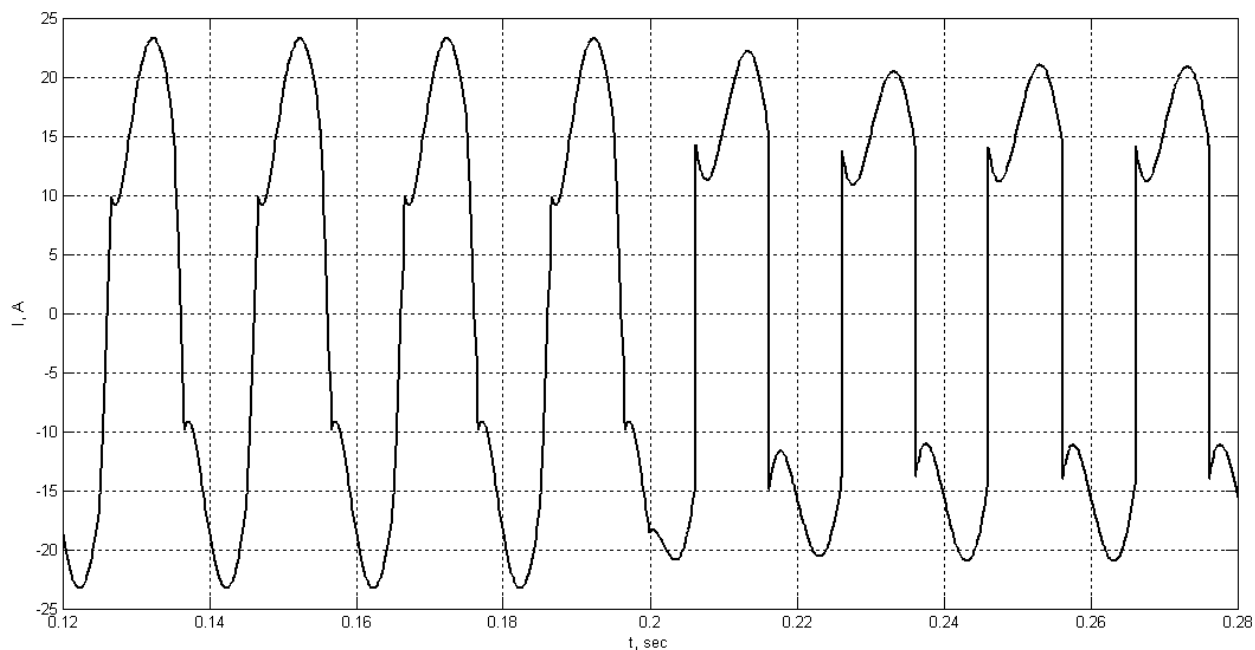


Рис. 7.12. Графік сумарного струму

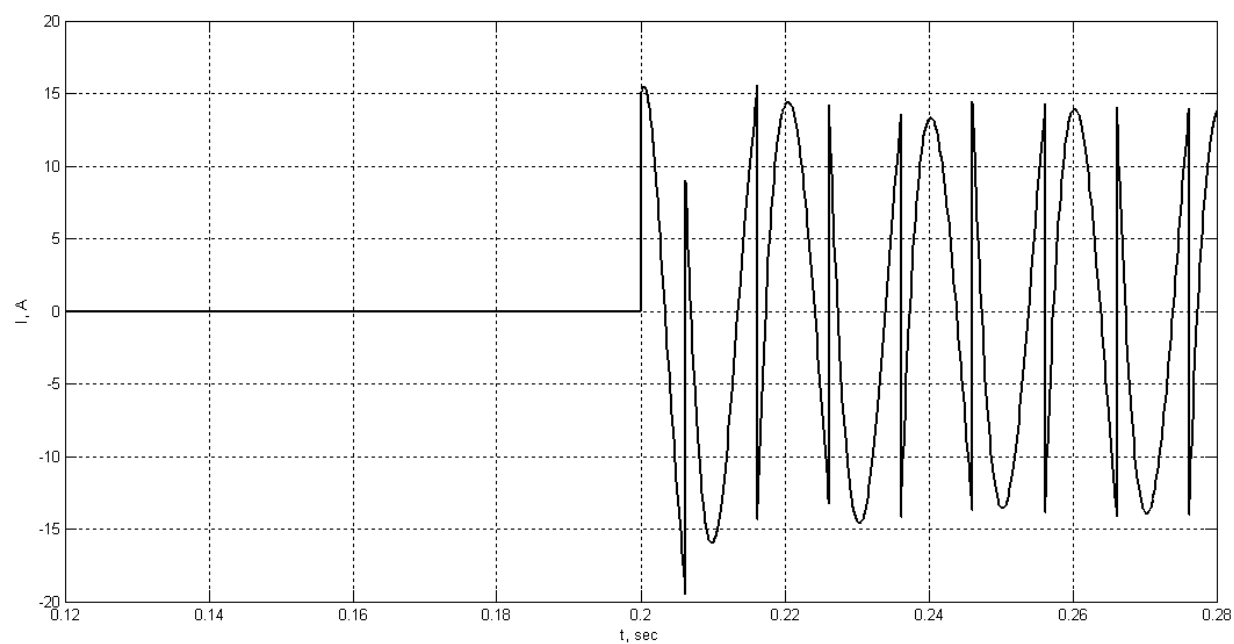


Рис. 7.13. Графік струму САФ

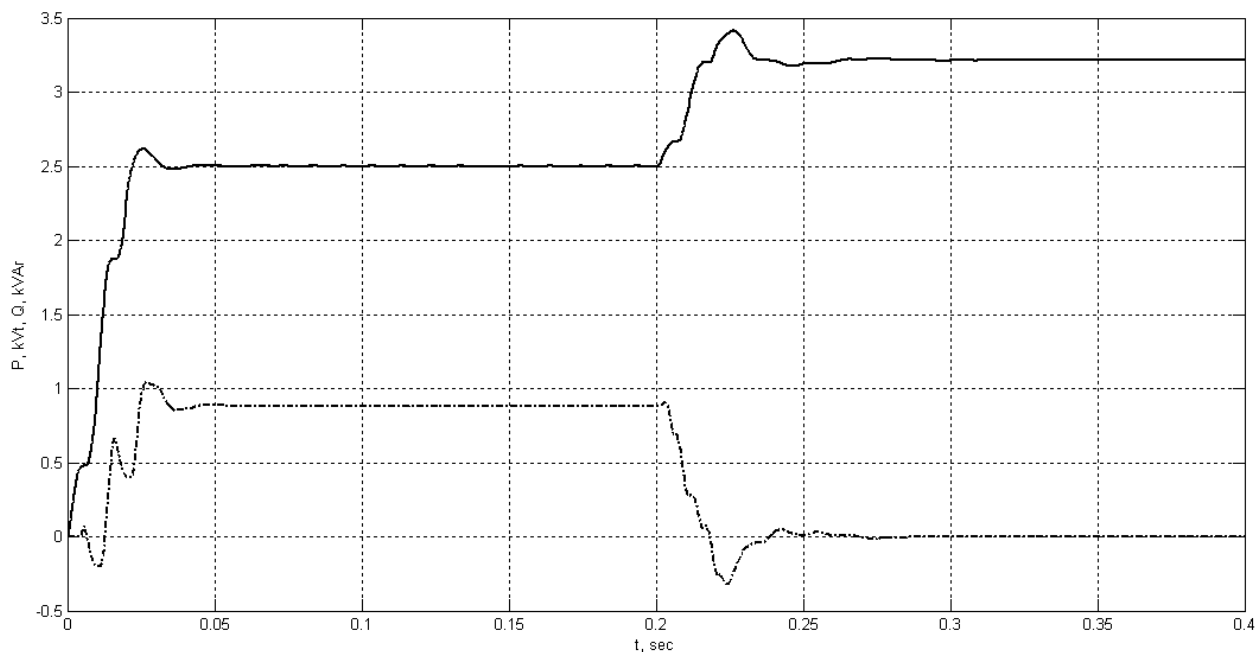


Рис. 7.14. Графік зміни споживних активн. і реактивн. потужностей

Більш ґрунтовна аналіз роботи САФ дозволяє здійснити комп'ютерна модель, яка приведена на рис. 7.16.

Ця модель, виконана в трьохфазному варіанті, і дає змогу досить наглядно проілюструвати вплив несинусоїдальних струмів на роботу системи електропостачання.

Результати моделювання показані на рис. 7.17 – 7.26.

						Арк.
Бум.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

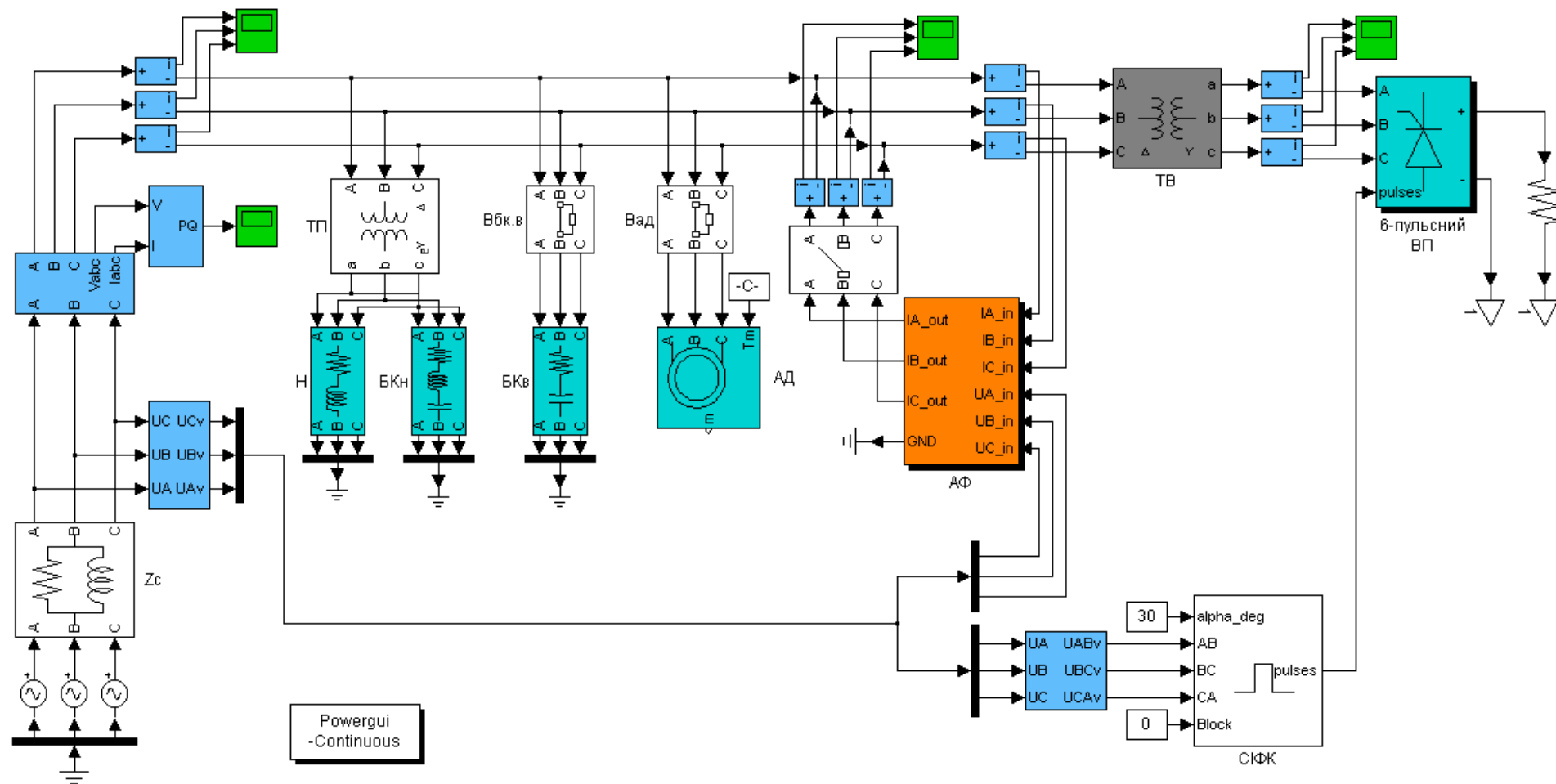


Рис. 7.16. Комп'ютерна модель системи електропостачання з САФ

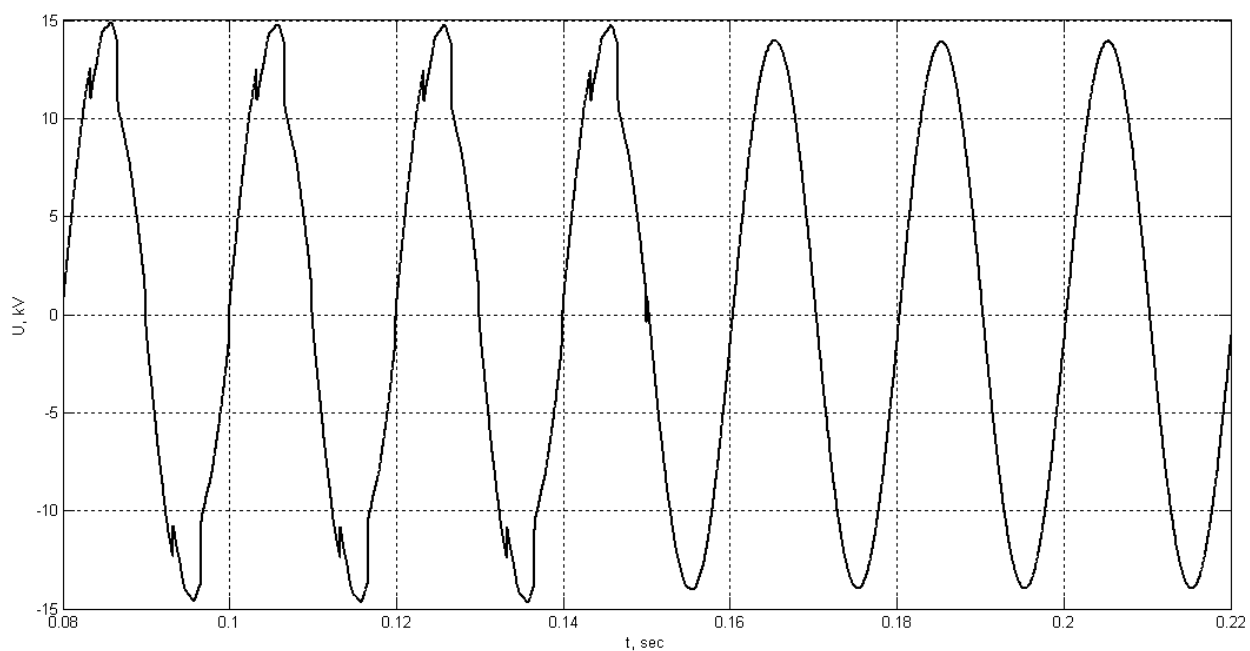


Рис. 7.17. Графік зміни напруги 10 кВ

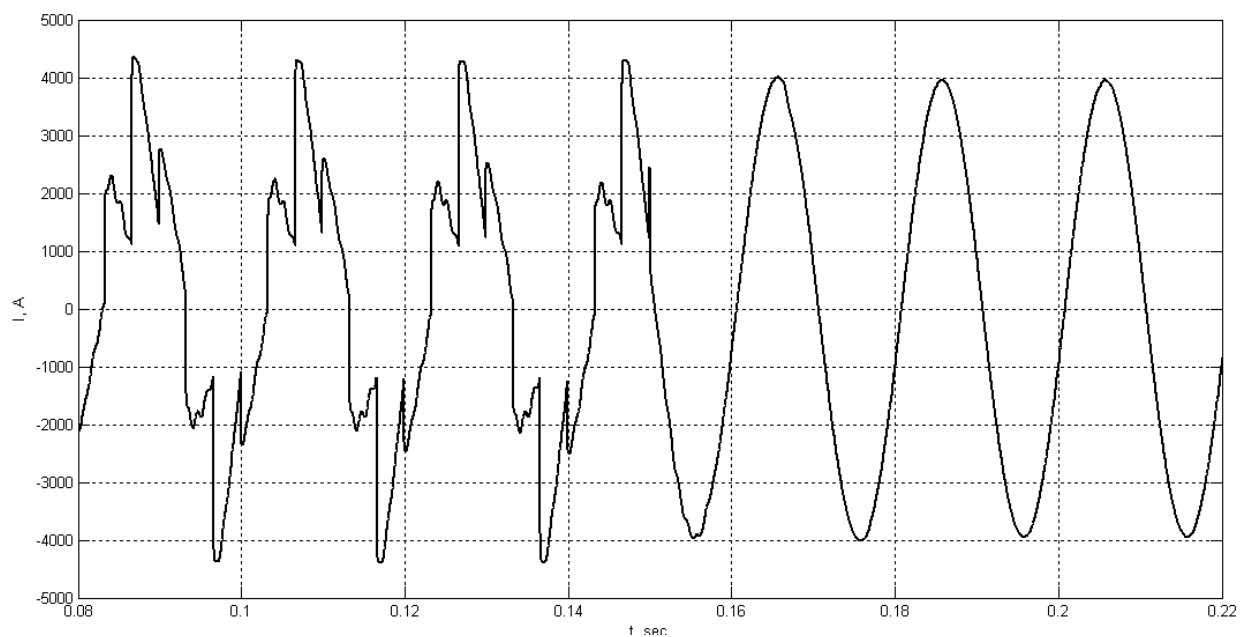


Рис. 7.18. Графік зміни загального струму

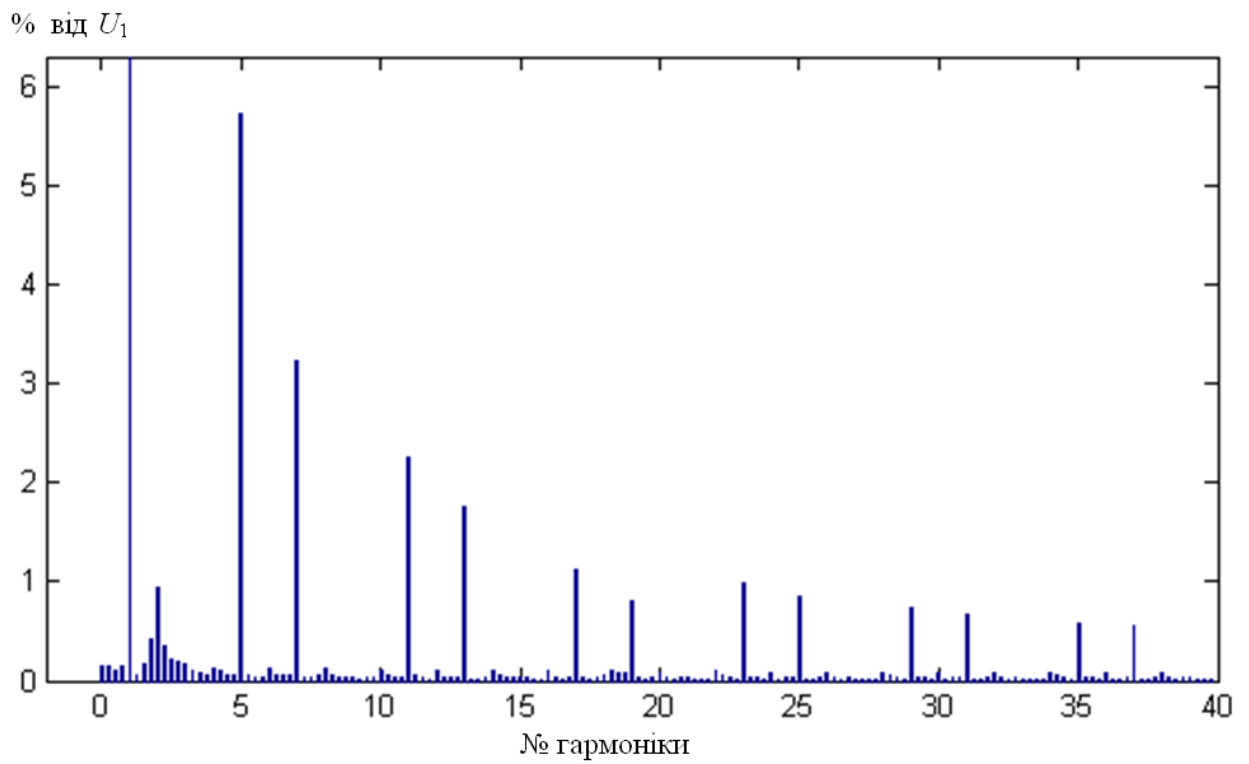


Рис. 7.19. Спектральний аналіз напруги при вимкненому САФ

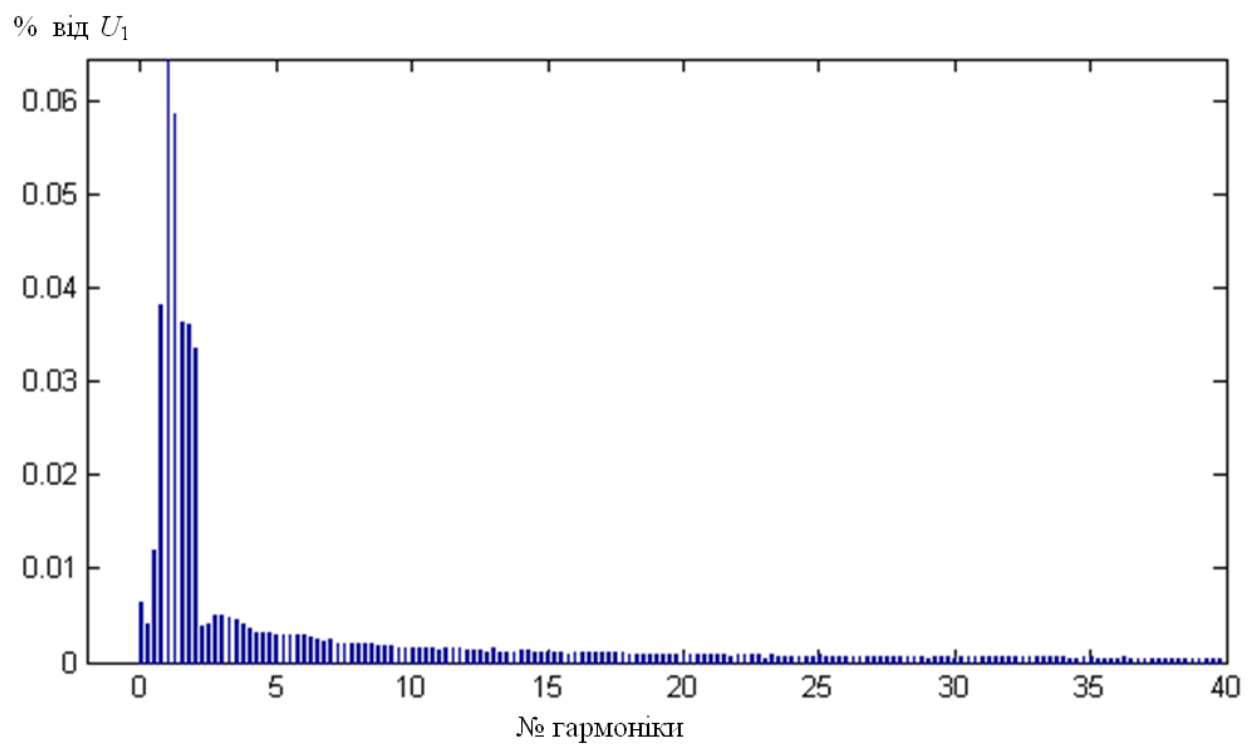


Рис. 7.20. Спектральний аналіз напруги при ввімкненому САФ

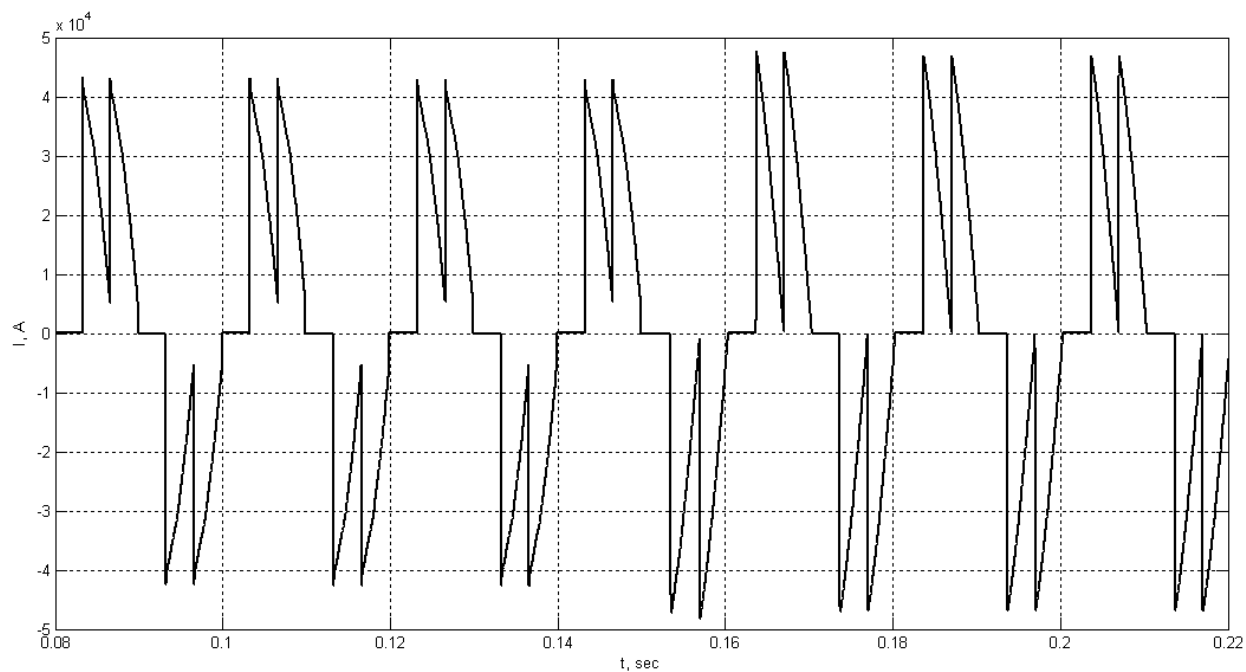


Рис. 7.21. Графік зміни струму від джерела несинусоїдальності

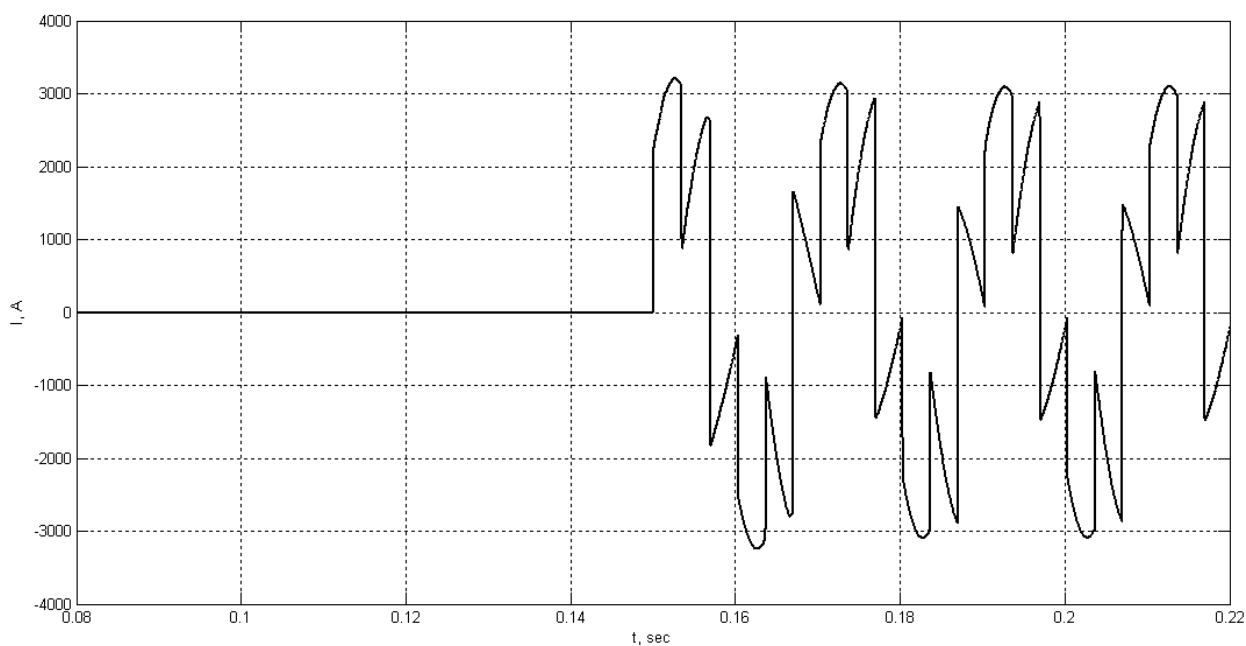


Рис. 7.22. Графік зміни струму САФ

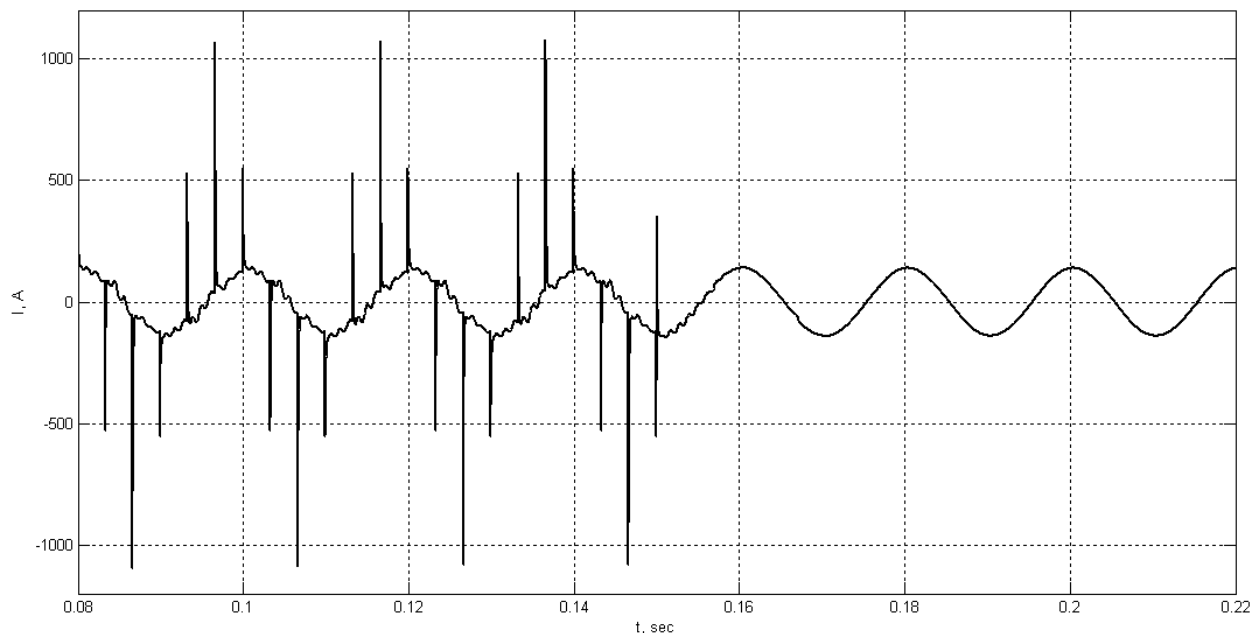


Рис. 7.23. Графік зміни струму БСК

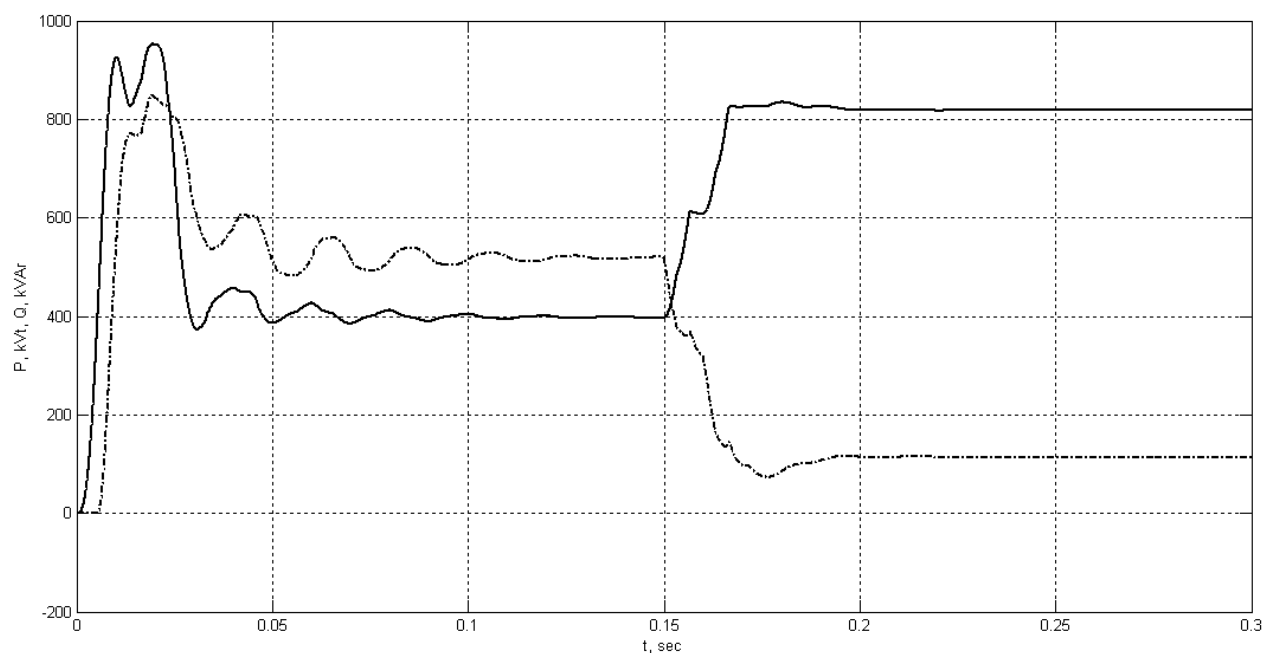


Рис. 7.24. Графік зміни споживних активн. і реактивн. потужностей

Отже, силові активні фільтри (САФ) є потужними і ефективними засобами зниження несинусоїдальності напруги в електричних мережах. Вони забезпечують ефективну компенсацію гармонік та інших несинусоїдальних

складових, мають гнучкі настройки та широкий діапазон компенсації. САФ реагують в реальному часі, що дозволяє швидко адаптуватися до змін в електричній мережі. Вони також забезпечують стабільність мережі, знижують вплив несинусоїдальності на обладнання та мають низькі втрати енергії. Крім того, САФ можуть бути програмовані та керовані для виконання різних функцій та сумісні з різними типами навантажень. Загалом, використання силових активних фільтрів допомагає покращити якість електропостачання та забезпечити стабільну роботу електричної мережі.

						Арк.
Вим.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		
						62

ВИСНОВКИ

В роботі розв'язувалось задача розробки системи електропостачання заводу електротермічного обладнання.

Здійснення розрахунку електричних навантажень проводилося відповідно до методу коефіцієнта розрахункової потужності для силових навантажень, тоді як метод питомої електричної потужності застосовувався для розрахунку освітлювальних навантажень.

Було здійснено розрахунки для побудови графіків електричних навантажень та встановлення їх характеристик.

Після розрахунку параметрів картограми електричних навантажень було встановлено ЦЕН.

В результаті аналізу балансу реактивної потужності було прийнято рішення щодо вибору кількості та потужності компенсуючих пристроїв для напруги 10 кВ та 0,4 кВ.

Завдяки проведенню розрахунку струмів короткого замикання було прийнято рішення щодо використання високовольного обладнання та визначення необхідних перерізів проводів ліній.

В цілому, розроблена система електропостачання заводу електротермічного обладнання відповідає основним вимогам, які застосовуються до подібних систем.

						Арк.
Вим.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		63

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Електротехнічні системи електроспоживання : [навч. посіб.] / П. Г. Плешков, В. В. Зінзура, Н. Ю. Гарасьова [та ін.] ; за заг. ред. П. Г. Плешкова. - Кропивницький : ЦНТУ, 2021. – 208 с.
2. Методичні вказівки до виконання курсового проекту (електропостачання заводу) для студентів 4-5 курсів спеціальності 8.090603 "Електротехнічні системи електроспоживання" усіх форм навчання / Укл.: П.Г. Плешков, А.Г. Котиш, А.Ю. Орлович. – Кіровоград:КДТУ, 2004. – 133.с.
3. Правила улаштування електроустановок / Міненерговугілля України. – Київ : 2017. – 617 с.
4. Електропостачання: підручник / П. О. Василега. – Суми : Сумський державний університет, 2019. – 521 с.
5. Надійність електроенергетичних систем і електричних мереж: підручник / А. В. Журахівський, С. В. Казанський, Ю. П. Матеєнко, О. Р. Пастух. – Київ.: КПІ ім.. Ігоря Сікорського, Вид-во «Політехніка», 2017. – 456 с.
6. Рудницький В. Г. Внутрішньоцехове електропостачання. Курсове проектування : навчальний посібник / В. Г. Рудницький. – Суми : Університетська книга, 2007. – 280 с.
7. Перехідні процеси в системах електропостачання / Г. Г. Півняк, В. Н. Винославський, А. Я. Рибалко, Л. І. Несен та ін. – Дніпропетровськ : Вид-во НГА України, 2000. – 378 с.
8. Рудницький В. Г. Внутрішньозаводське електропостачання. Курсове проектування : навчальний посібник / В. Г. Рудницький. – Суми : Університетська книга, 2006. –153 с.

						Арк.
Вим.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		64