

Нечитайло Владислав Олегович

ОПТИМІЗАЦІЯ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ
ПРИВАТНОГО АКЦІОНЕРНОГО ТОВАРИСТВА
«ВІННИЦЬКИЙ ОЛІЙНОЖИРОВИЙ КОМБІНАТ»

Магістерська кваліфікаційна робота

Керівник:

Терешкевич Леонід Борисович

Кандидат технічних наук, професор

Актуальність теми.

Діюча система електропостачання ПАТ «Вінницький олійножировий комбінат» була спроектована, змонтована та прийнята в експлуатацію ще в 70-тих роках минулого століття. Вона повністю задовільняла всім вимогам: було встановлено сучасне на той час електрообладнання, яке вибиралось по електричним навантаженням, сформованими технологічними процесами виробництва.

Тому для ПАТ «Вінницький олійножировий комбінат» актуальною технічною задачею є оптимізація електропостачання шляхом оптимізації самої системи електропостачання (вибором:

- оптимальної кількості та потужності трансформаторів,
- оптимальних перерізів провідників електричних мереж,
- оптимального розміщення трансформаторних підстанцій,
- оптимальних потужностей пристроїв, які оптимізують електричні режими в системі електропостачання,
- оптимальних положень регулювальних відгалужень на цехових трансформаторних підстанціях, що дозволить забезпечити допустимі значення відхилень напруги на затискачах всіх електроприймачів і тим самим поліпшити якість електроенергії).

Об'єкт дослідження – система електропостачання ТОВ ПАТ «Вінницький олійножировий комбінат».

Предмет дослідження – елементи схеми та електричні режими в системі електропостачання.

Мета і завдання дослідження. Метою роботи є оптимізація електропостачання ТОВ «Вінницький олійножировий комбінат» шляхом прийняття оптимальних рішень з кількості та потужності трансформаторних підстанцій, оптимальних перерізів ліній мереж підприємства, визначення оптимальних координат місця установки трансформаторних підстанцій та розрахувань оптимальних потужностей конденсаторних установок та регулювальних відгалужень трансформаторів цехових підстанцій, що дозволить суттєво поліпшити технічні та економічні характеристики функціонування систем електропостачання ТОВ «Вінницький олійножировий комбінат».

Визначення оптимальної кількості та потужності цехових ТП

$$Z(S_T) = (E_e + E_a) \cdot k_{ТП}(S_T, k_T) + \left[\Delta P_{XX}(S_T) \cdot k_T + \Delta P_{K3}(S_T) \cdot \frac{S_{ТП}^2}{S_T^2 \cdot k_T} \right] \cdot t \cdot \tau \rightarrow \min_{S_T \in S_{СТ}}$$

$$S_T \cdot k_T \cdot k_H \geq S_{III CM}$$

$$k_T > 1 \Rightarrow S_T \cdot k_{IIA} \geq S_{III P} \cdot k_{IIA},$$

$$S_T \in S_{СТ}$$

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1										
		№ ТП	Номер цеху	Розрахункова активна потужність Pp, кВт	Розрахункова реактивна потужність Qp, квар	Повна розрахункова потужність Sp, кВА	Середня активна потужність Pc, кВт	Середня реактивна потужність Qc, квар	Повна середня потужність Sc, кВА	Кількість трансформаторів в ТП
2		ТП1	2	84,38	58,05	102,42	71,38	48,30	86,19	2
3			5	46,03	26,56	53,14	58,03	34,00	67,25	
4			6	87,40	91,57	126,58	75,40	77,54	108,16	
5			14	13,68	8,17	15,94	14,68	9,06	17,25	
6			9	291,15	251,57	384,78	291,15	251,57	384,78	
7			3	549,30	411,08	686,09	393,30	294,08	491,09	
8			Всього по ТП1		1071,94	847,02	1366,20	903,94	714,56	
9		ТП2	1	12,84	11,03	16,92	9,84	7,96	12,66	2
10			4	68,72	40,67	79,85	52,22	30,44	60,44	
11			7	67,35	46,50	81,84	82,35	57,75	100,58	
12			8	784,99	583,28	977,97	583,74	432,34	726,41	
13			Всього по ТП2		933,90	681,48	1156,10	728,15	528,50	
14		ТП3	10	334,77	240,07	411,95	271,77	192,82	333,22	2
15			11	152,34	121,35	194,77	122,34	94,90	154,83	
16			12	25,20	21,82	33,33	16,20	12,64	20,55	
17			13	382,84	185,31	425,33	350,34	169,57	389,22	
18		Всього по ТП3		895,15	568,55	1060,45	760,65	469,92	894,10	
19										

Показник ефективності вибору трансформаторів ТП - річні приведені затрати на підстанцію

Керована змінна - потужність трансформаторів – S_T

Множина доступних значень – всі стандартні потужності трансформаторів S_T .

Визначення оптимальної кількості та потужності цехових ТП



ТП3			D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N					
1			ТП2															
2			C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N				
3	Питома вартість вт		Вибір оптимальної потужності ЦТП за мінімум затрат															
4	Коефіцієнт ефектив		ТП1															
5	Коефіцієнт відраху		Вибір оптимальної потужності ЦТП за мінімум затрат															
6			Економічні характеристики															
7			ТП1															
8	Розрахункова поту		3	Питома вартість втрат, грн/кВт									Bo =	560,895				
9	Середня потужність		4	Коефіцієнт ефективності капітоловкладень								Ee =	0,1					
10	Кількість трансфор		5	Коефіцієнт відрахувань на амортизацію								Ea =	0,036					
11	Допустимий коефіц		6															
12			7															
13	Допустимий коефіц		8	Розрахункова потужність ТП, кВА								Sp =	1366,20					
14	Доля навантаженн		9	Середня потужність ТП, кВА								Sc =	1152,26					
15			10	Кількість трансформаторів								kt =	2					
16	*	St кВА	11	Допустимий коефіцієнт навантаження в н. режимі								Kn =	1					
17		63	12															
18		100	13	Дані післяварійного режиму														
19		160	14	Допустимий коефіцієнт навантаження в післяварійному режимі								Kna =	1,3					
20		250	15	Доля навантаження в післяварійному режимі								Knpa =	0,8					
21		400	16	*	St кВА	ΔPкз кВт	ΔPхх кВт	Ктп, тис.грн.	Е*К, тис.грн.	ΔPзм кВт	ΔPпс кВт	ΔP кВт	Вв, тис.грн.	З, тис.грн	X	kt*kn*St>=Sc	kna*St>=knpa*Sp	*
22		630	17		63	1,28	0,24	95,78	13,0261	300,971	0,48	301,451	169,082	-	-	-	-	
23	V	1000	18		100	1,97	0,33	101,71	13,8326	183,849	0,66	184,509	103,49	-	-	-	-	
24		1600	19		160	3,1	0,51	109,45	14,8852	113,01	1,02	114,03	63,959	-	-	-	-	
25		2500	20		250	4,2	0,74	119,46	16,2466	62,7141	1,48	64,1941	36,0062	-	-	-	-	
26			21		400	5,9	0,95	143,38	19,4997	34,4134	1,9	36,3134	20,368	-	-	-	-	
27	Мінімальні затрат		22		630	8,5	1,31	159,53	21,6961	19,9864	2,62	22,6064	12,6798	-	-	-	-	
28	Оптимальна потуж		23	V	1000	10,5	2,1	188,23	25,5993	9,79908	4,2	13,9991	7,85201	33,4513	1000	+	+	V
29	Оптимальний коеф		24		1600	18	2,8	234	31,824	6,56188	5,6	12,1619	6,82154	38,6455	1600	+	+	
			25		2500	23,5	3,85	267,73	36,4113	3,509	7,7	11,209	6,28707	42,6984	2500	+	+	
			26															
			27	Мінімальні затрат									Зmin =	33,4513				
			28	Оптимальна потужність трансформатора, кВА								St =	1000					
			29	Оптимальний коефіцієнт завантаження трансформатора								kз =	0,6831					

Розрахунок оптимального перерізу кабельних ліній

5

$$\left\{ \begin{array}{l} Z(x) = \left[(E_e + E_a) \cdot K_0(x) + 3 \cdot I_L^2 \cdot r_0(x) \cdot t \cdot \tau \right] \cdot L \cdot k_L \rightarrow \min_{x \in X_{cm}} \\ x \geq x_{\partial on} \equiv k_{\partial on} \cdot I_{\partial on}(x) \geq I_L \\ x \geq x_{\partial on} \equiv k_{na} \cdot I_{\partial on}(x) \geq I_L \cdot k_L \cdot k_{нна} \\ \Delta U_n(x) \leq \Delta U_{\partial on} \\ \Delta U_{na}(x) \leq \Delta U_{\partial on} \\ x \geq x_{кз} = \frac{I_{кз} \cdot \sqrt{t_n}}{C} \\ x \in X_{cm} \end{array} \right.$$

Критерій ефективності річчі приведені затрати в зовнішню лінію живлення

Керована змінна: переріз кабельних ліній (мм²).

Множина доступних рішень: множина всіх стандартних перерізів кабельних ліній 10 кВ.

Розрахунок оптимального перерізу кабельних ліній

„Технологічна” - ЦРП

	F, мм ²	R ₀ , Ом/км	X ₀ , Ом/км	K ₀ , т.грн/км	I _{доп} , А	dI _н , %	dI _л , %	dP, кВт
25	10	3,1	0,122	9,5381	65	11,73	18,77	541,03
26	16	1,94	0,113	13,784	75	7,45	11,92	338,58
27	25	1,24	0,099	19,854	90	4,84	7,74	216,41
28	35	0,89	0,095	25,953	115	3,54	5,67	155,31
29	50	0,62	0,09	36,927	140	2,94	4,06	108,21
30	70	0,443	0,086	50,501	165	1,87	3,00	77,31
31	95	0,326	0,083	65,451	205	1,44	2,30	56,91
32	120	0,258	0,081	82,823	240	1,18	1,89	45,01
33	150	0,206	0,079	102,11	275	0,98	1,57	35,91
34	185	0,167	0,077	137,48	310	0,84	1,34	29,11

ЦРП – ТП1

	E* _к , т.грн	B _в , т.грн	Z, т.грн	X	K _{доп} *I _{доп}	n*I _{доп} >= K _{нла} *k*	dI _н <= dI _{ндоп}	dI _л <= dI _{лдоп}	F >= F _{кз}
25	47,69	6,68	303,46	-	-	-	-	-	-
26	68,91	9,65	189,91	-	-	-	-	-	-

	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	
Вибір оптимального перерізу КЛ1																
Економічні характеристики																
3	Питома вартість втрат, грн/кВт														B _{вн}	560,895
4	Коефіцієнт ефективності капіталовкладень														B _е	0,1
5	Коефіцієнт відраховувань на амортизацію														B _{ам}	0,04
Дані нормального режиму																
6	Напряг, кВ														U	10
7	Активна розрахункова потужність споживача, кВт														P	1085,9366
8	Резервна розрахункова потужність споживача, кВт														Q	931,01382
9	Розрахунковий струм окремого кабелю, А														I _p	41,29
10	Коефіцієнт допустимого навантаження														K _{доп}	0,92
11	Допустима втрата напруги в КЛ, %														dI _{доп}	5
12	Кількість кабелів														k	2
13	Довжина лінії, км														L	0,5
Дані аварійного режиму																
14	Струм КЗ на початку лінії, кА														I _{кз}	2,5762048
15	Приведений час КЗ, с														tn	1,5
16	Тепловий коефіцієнт C, (А*с ² /л ²)/мм ²														C	90
17	Мінімальний переріз лінії за умовою КЗ, мм ²														F _{кз}	35,06
18	Максимально допустимий коефіцієнт навантаження в післяаварійному режимі														K _п	1,2
19	Доля навантаження в післяаварійному режимі														K _{пв}	0,8
20	Допустима втрата напруги в КЛ, %														dI _{лдоп}	5

ЦРП – ТП3

	F, мм ²	R ₀ , Ом/км	X ₀ , Ом/км	K ₀ , т.грн/км	I _{доп} , А	dI _н , %	dI _л , %	dP, кВт
25	10	3,1	0,122	9,5381	65	0,72	1,15	1,15
26	16	1,94	0,113	13,784	75	0,46	0,73	0,73
27	25	1,24	0,099	19,854	90	0,30	0,47	0,47
28	35	0,89	0,095	25,953	115	0,22	0,35	0,35
29	50	0,62	0,09	36,927	140	0,15	0,25	0,25
30	70	0,443	0,086	50,501	165	0,11	0,18	0,18
31	95	0,326	0,083	65,451	205	0,09	0,14	0,14
32	120	0,258	0,081	82,823	240	0,07	0,11	0,11
33	150	0,206	0,079	102,11	275	0,06	0,09	0,09
34	185	0,167	0,077	137,48	310	0,05	0,08	0,08

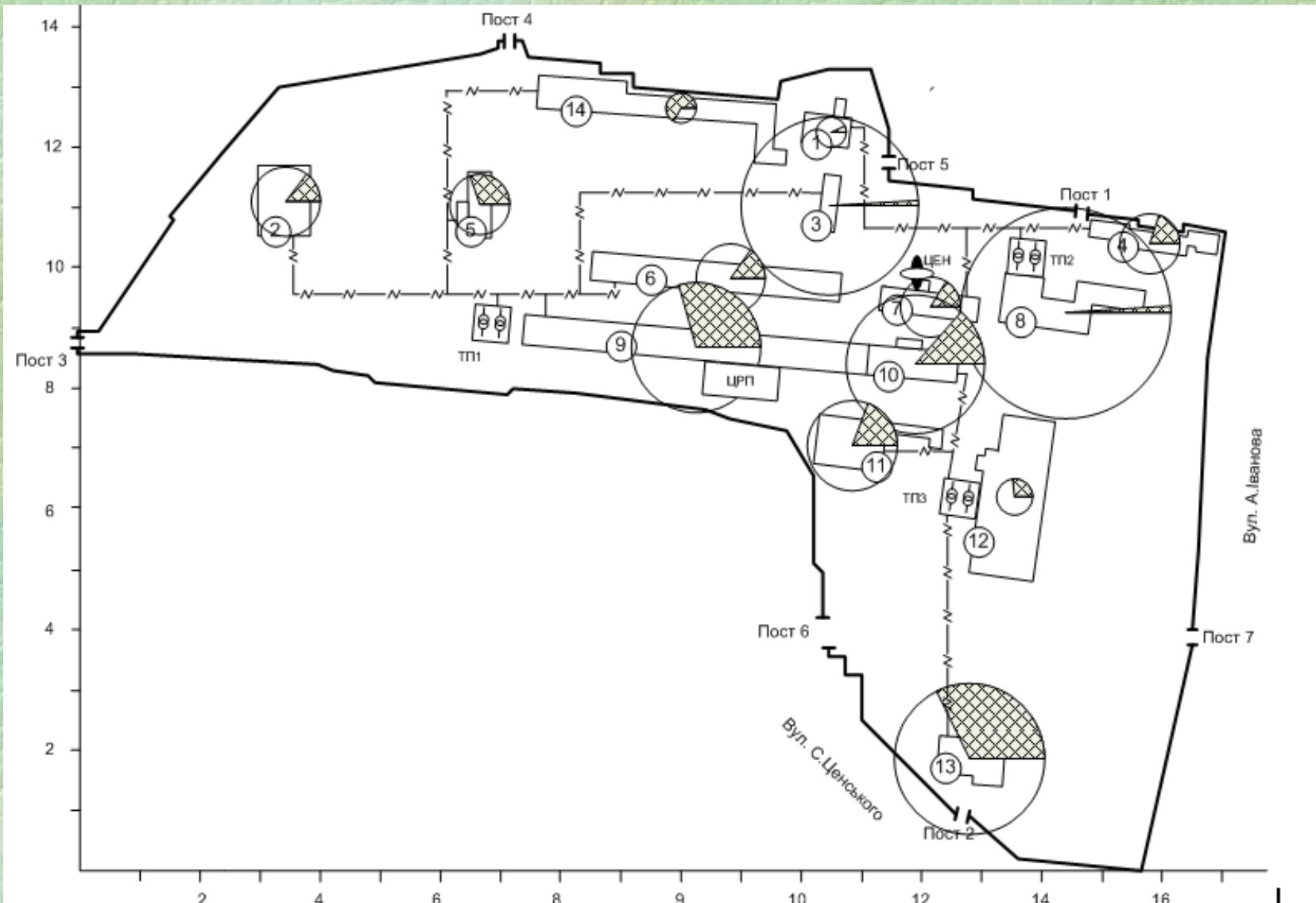
ЦРП – ТП2

	F, мм ²	R ₀ , Ом/км	X ₀ , Ом/км	K ₀ , т.грн/км	I _{доп} , А	dI _н , %	dI _л , %	dP, кВт
25	10	3,1	0,122	9,5381	65	0,76	1,21	1,21
26	16	1,94	0,113	13,784	75	0,48	0,77	0,77
27	25	1,24	0,099	19,854	90	0,31	0,50	0,50
28	35	0,89	0,095	25,953	115	0,23	0,36	0,36
29	50	0,62	0,09	36,927	140	0,16	0,26	0,26
30	70	0,443	0,086	50,501	165	0,12	0,19	0,19
31	95	0,326	0,083	65,451	205	0,09	0,15	0,15
32	120	0,258	0,081	82,823	240	0,08	0,12	0,12
33	150	0,206	0,079	102,11	275	0,06	0,10	0,10
34	185	0,167	0,077	137,48	310	0,05	0,09	0,09

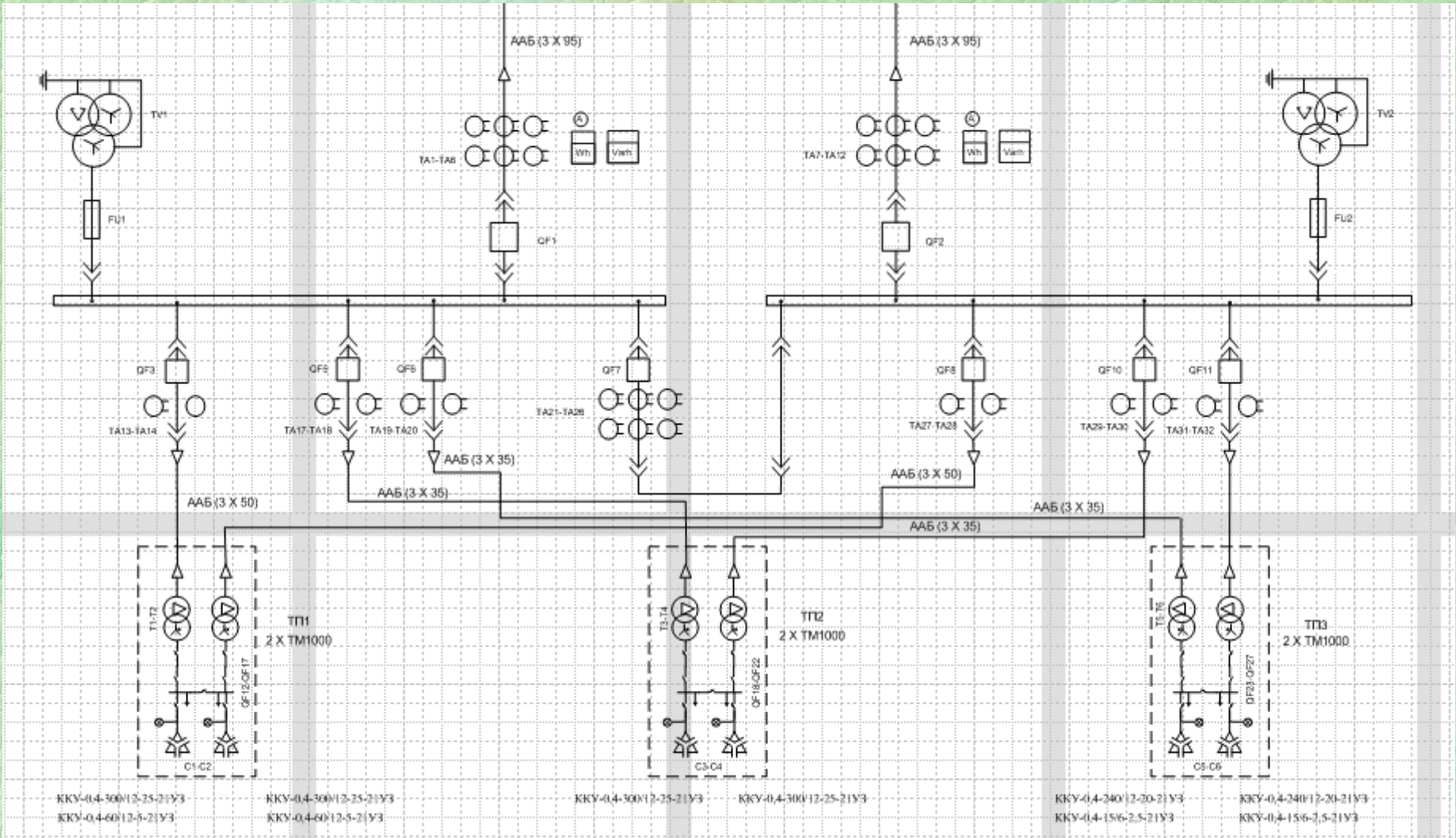
	F, мм ²	R ₀ , Ом/км	X ₀ , Ом/км	K ₀ , т.грн/км	I _{доп} , А	dI _н , %	dI _л , %	dP, кВт	K, т.грн	E* _к , т.грн	B _в , т.грн	Z, т.грн	X	K _{доп} *I _{доп}	n*I _{доп} >= K _{нла} *k*	dI _н <= dI _{ндоп}	dI _л <= dI _{лдоп}	F >= F _{кз}
25	10	3,1	0,122	9,5381	65	0,87	1,39	15,86	9,54	1,34	8,89	-	-	-	-	-	-	-
26	16	1,94	0,113	13,784	75	0,55	0,88	9,92	13,78	1,93	5,57	-	-	-	-	-	-	-
27	25	1,24	0,099	19,854	90	0,36	0,58	6,34	19,85	2,78	3,56	-	-	-	-	-	-	-
28	35	0,89	0,095	25,953	115	0,26	0,42	4,55	25,95	3,63	2,55	-	-	-	-	-	-	-
29	50	0,62	0,09	36,927	140	0,19	0,30	3,17	36,93	5,17	1,78	6,93	50	+	+	+	+	+
30	70	0,443	0,086	50,501	165	0,14	0,22	2,27	50,50	7,07	1,27	8,34	70	+	+	+	+	+
31	95	0,326	0,083	65,451	205	0,11	0,17	1,67	65,45	9,16	0,94	10,10	95	+	+	+	+	+
32	120	0,258	0,081	82,823	240	0,09	0,14	1,32	82,82	11,60	0,74	12,34	120	+	+	+	+	+
33	150	0,206	0,079	102,11	275	0,07	0,12	1,05	102,11	14,30	0,59	14,89	150	+	+	+	+	+
34	185	0,167	0,077	137,48	310	0,06	0,10	0,85	137,48	19,25	0,48	19,73	185	+	+	+	+	+
Мінімальні затрати, тис.грн											Е _{мін}	6,93						
Оптимальний переріз КЛ, мм ²											холт	50						
Мінімальні затрати, тис.грн											Е _{мін}	5,45						
Оптимальний переріз КЛ, мм ²											холт	35						

План підприємства з електричними мережами

7



Однолінійна схема електропостачання

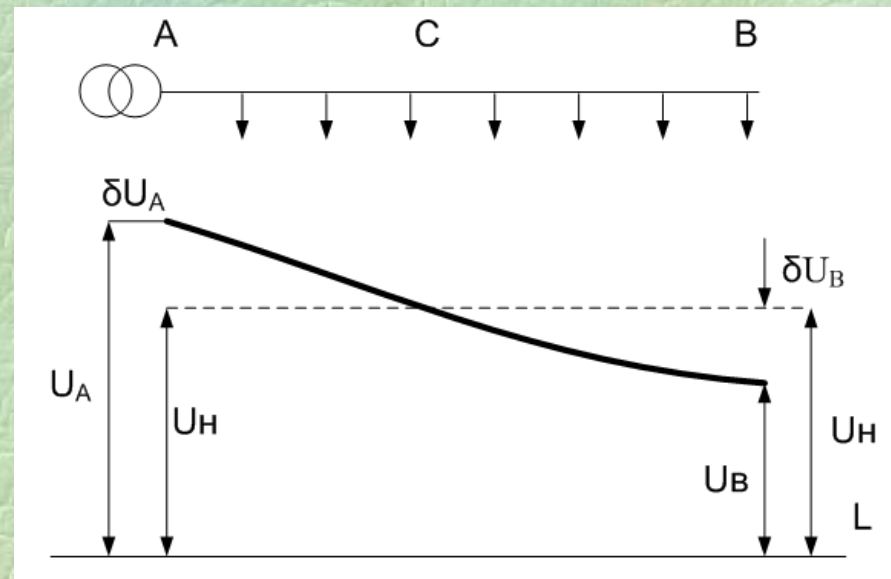


Відхилення напруги один із параметрів якості електроенергії

$$\delta U = \frac{U - U_H}{U_H} 100\%$$

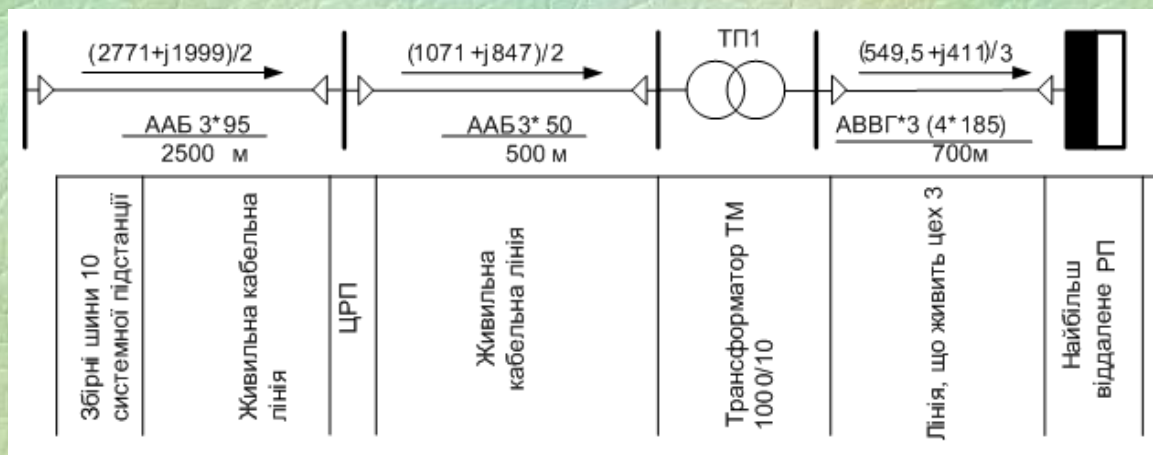
Нормально допустимі і гранично допустимі значення усталеного відхилення напруги на затискачах електроприймачів дорівнюють відповідно ± 5 і $\pm 10\%$ від номінального значення напруги а в вузлах загального приєднання споживачів електричної енергії повинні бути встановлені в договорах енергопостачання для годин мінімуму і максимуму навантажень в енергосистемі з урахуванням необхідності виконання норм стандарту на затискачах приймачів електричної енергії відповідно до нормативних документів

Епюра розподілу напруги в лінії із рівномірним навантаженням



Розрахунок відгалуження для трансформаторів ТП1

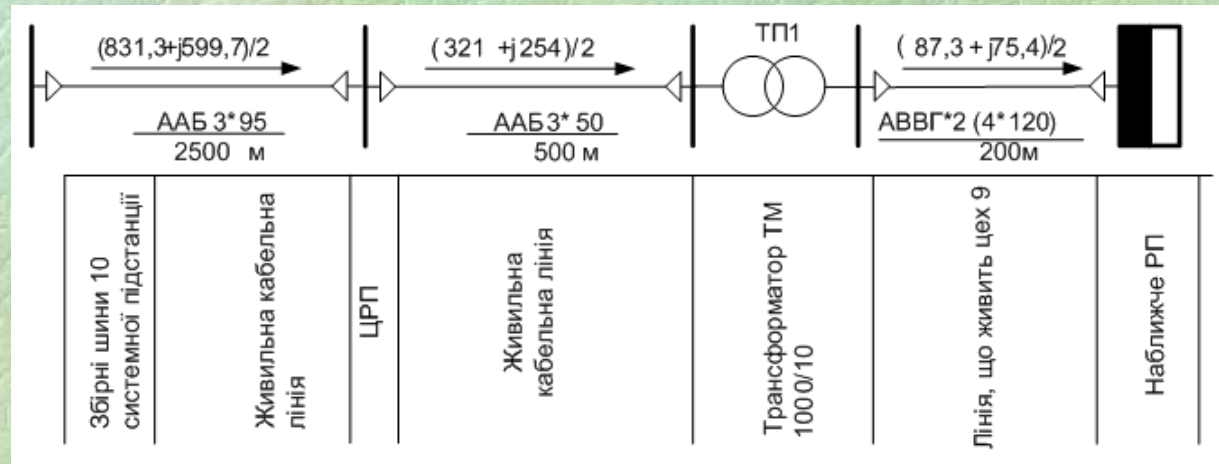
Розрахунок режиму максимальних навантажень



Напруга на сист підстанції, %	Втрати напруги на лінії РПТ- ЦРП, %	Втрати напруги на лінії ЦРП-ТП1, %	Втрати напруги на трансформаторі, %	Добавка напруги, %	Втрати напруги на лінії від ТП до РПБ, %	Напруга на шинах РПБ, %	Положення регулюв відпайки	Висновок
105	1,38	0,192	2,43	0	0,073	100,1	5	доп
				2,5		102,6	2,5	доп
				5		105,1	0	ндоп
				7,5		107,5	-2,5	ндоп
				10		110,1	-5	ндоп

Розрахунок відгалуження для трансформаторів ТП1

Режим мінімальних навантажень



Напруга на сист підстанції, %	Втрати напруги на лінії РПТ- ЦРП, %	Втрати напруги на лінії ЦРП -ТП1, %	Втрати напруги на трансформаторі, %	Добавка напруги, %	Втрати напруги на лінії від ТП1 до РП6, %	Напруга на шинах РП6, %	Положення регулюв відпайки	Висновок
100	0,415	0,057	0,727	0	0,78	98,02	5	доп
				2,5		100,52	2,5	доп
				5		103,02	0	доп
				7,5		105,52	-2,5	ндоп
				102,6		108,02	-5	ндоп

Відгалуження	
ТП1	+2,5%
ТП2	+2,5%
ТП3	-2,5%

Наукова новизна одержаних результатів.

Удосконалено електропостачання ПАТ «Вінницький олійножировий комбінат» шляхом автоматизованого вибору оптимальних потужностей трансформаторів цехових ТП, перерізів кабельних ліній та місця установки трансформаторних підстанцій, а також розрахунком оптимальних потужностей батарей статичних конденсаторів та положень регулювальних відгалужень.

Практичне значення одержаних результатів полягає в тому, що практична реалізація отриманих рішень дозволить оптимізувати електропостачання ПАТ «Вінницький олійножировий комбінат»: забезпечити відповідність характеристик елементів системи електропостачання нормальним та аварійним електричним режимам, зменшити втрати електроенергії, та поліпшити якість електроенергії шляхом забезпечення нормованих значень відхилень напруги.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ПО РОБОТІ

13

1. Система електропостачання Приватного акціонерного товариства «Вінницький олійножировий комбінат» розроблена з використанням сучасних проектних методик і відповідає вимогам ПУЕ.
2. Система електропостачання, що спроектована, забезпечує вимоги надійності електропостачання споживачів другої категорії.
3. Обрана схема електропостачання забезпечує надійне та безперебійне живлення електроенергією всіх електроприймачів підприємства, що підтверджено відповідними розрахунками.
4. Комутаційне і захисне електрообладнання напругою 10 та 0,4 кВ вибрано за параметрами нормального і аварійного режимів, що забезпечує надійну його роботу.
5. Для забезпечення допустимих відхилень напруги на затискачах всіх електроприймачів, які отримують електроенергію від ТП1, необхідно реалізувати відгалуження +2,5%, що підтверджується проведеними розрахунками.