

Ю.Ф. Романюк, М.Й. Федорів  
І.Д. Галушак

# ДОВІДКОВІ МАТЕРІАЛИ ДО КУРСОВОГО ПРОЕКТУВАННЯ ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖ І СТАНЦІЙ



Ю.Ф. Романюк, М.Й. Федорів, І.Д. Галушак

ДОВІДКОВІ МАТЕРІАЛИ  
ДО КУРСОВОГО ПРОЕКТУВАННЯ  
ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖ І СТАНЦІЙ



Івано-Франківськ  
ІФНТУНГ  
2020

УДК 621.31

Р69

**Рецензент:**

**Соломчак О. В.**

кандидат технічних наук, доцент кафедри електроенергетики,  
електротехніки та електромеханіки Івано -  
Франківського національного технічного університету нафти і газу

*Рекомендовано методичною радою університету  
(протокол № 3 від «18» 02 2020 р.)*

**Романюк Ю. Ф., Федорів М. Й., Галушак І. Д.**

Р69 Довідкові матеріали до курсового проектування електричних мереж і станцій. – Івано-Франківськ: ІФНТУНГ, 2019. – 48 с.

МВ 02 07085 - 15099 - 2020

Довідкові матеріали розроблено для студентів очної, заочної та дистанційної форм навчання спеціальності 141 “Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка”.

У довідкових матеріалах наведені параметри повітряних і кабельних ліній, характеристики дво- та триобмоткових трансформаторів і автотрансформаторів, конденсаторів, реакторів і тривало допустимі струми навантаження проводів та кабелів, техніко – економічні показники електричних мереж і схеми електричних сполучень підстанцій.

УДК 621.31

МВ 02 07085 - 15099 - 2020

© Романюк Ю. Ф.  
© Федорів М. Й.  
© Галушак І. Д.  
© ІФНТУНГ, 2020

## ЗМІСТ

<b>1 ТЕХНІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПРОВОДІВ ПОВІТРЯНИХ І КАБЕЛЬНИХ ЛІНІЙ.....</b>	<b>4</b>
<b>2 ВИБІР ПЕРЕРІЗУ ПРОВОДІВ ПОВІТРЯНИХ І КАБЕЛЬНИХ ЛІНІЙ ЕЛЕКТРОПЕРЕДАВАННЯ.....</b>	<b>8</b>
2.1 Вибір перерізу проводів повітряних і кабельних ліній за нагрівом.....	8
2.2 Вибір перерізу проводів повітряних ліній напругою понад 20 кВ.....	8
2.3 Розшифрування скорочень, що застосовують для позначень силових кабелів з полівінілхлоридною (вініловою) і гумовою ізоляцією.....	13
2.4 Розшифрування скорочень, що застосовують для позначень силових кабелів з паперовою просоченою ізоляцією.....	14
2.5 Розшифрування скорочень, що застосовують для позначень силових кабелів з ізоляцією зі зшитого поліетилену.....	14
<b>3 ТЕХНІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТРАНСФОРМАТОРІВ.....</b>	<b>15</b>
3.1 Системи охолодження трансформаторів і автотрансформаторів.....	15
3.2 Розшифрування буквено-числового позначення трансформаторів (автотрансформаторів) зліва направо.....	15
3.3 Технічні характеристики трансформаторів.....	16
<b>4 ТЕХНІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ КОНДЕНСАТОРНИХ УСТАНОВОК ТА ЇХ КОМПОНОВКА.....</b>	<b>21</b>
4.1 Конденсаторні установки фірми ZEZ SILKO (Чеська республіка).....	21
4.2 Нерегульовані високовольні конденсаторні установки типу УКЛ.....	22
4.3 Автоматичні конденсаторні установки напругою (6) 10 кВ типу УКРМ.....	24
4.4 Технічні характеристики і габарити регульованих КУ типу УКРЛ.....	28
4.5 Технічні характеристики конденсаторних установок низької напруги типу УКРМ.....	33
<b>5 ТЕХНІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ РЕАКТОРІВ.....</b>	<b>35</b>
5.1 Буквенні позначення.....	35
5.2 Характеристики шунтових і струмообмежувальних реакторів.....	35
<b>6 ТЕХНІКО – ЕКОНОМІЧНІ ПОКАЗНИКИ ЕЛЕМЕНТІВ ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖ.....</b>	<b>36</b>
6.1 Розрахункова вартість спорудження повітряних ліній електропередавання.....	37
6.2 Вартість трансформаторів.....	39
6.3 Вартість розподільних пристроїв підстанцій.....	41
6.4 Показники надійності електропостачання.....	43
6.5 Витрати на технічне обслуговування та ремонт обладнання.....	45
<b>СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....</b>	<b>48</b>

# 1 ТЕХНІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПРОВІДІВ ПОВІТРЯНИХ І КАБЕЛЬНИХ ЛІНІЙ

**Таблиця 1.1 - Розрахункові дані сталевалюмінієвих провідів марок АС, АпС, АСК, АпСК, АпСКП, АСКС, АпСКС**

Номинальний переріз, мм <sup>2</sup>	Переріз, мм <sup>2</sup>		Діаметр, мм		Електричний опір постійному струму, Ом/км, за температури 20 ° С
	алюміній	сталь	проводу	сталюї частини	
35/6,2	36,9	6,15	8,4	2,8	0,790
50/8,0	48,2	8,04	9,6	3,2	0,603
70/11	68,0	11,3	11,4	3,8	0,429
70/72	68,4	72,2	15,4	11,0	0,428
95/16	95,4	15,9	13,5	4,5	0,306
95/141	91,2	141,0	19,8	15,4	0,321
120/19	118,0	18,8	15,2	5,6	0,249
120/27	114,0	26,6	15,4	6,6	0,253
150/19	148,0	18,8	16,8	5,6	0,199
150/24	149,0	24,2	17,1	6,3	0,198
150/34	147,0	34,3	17,5	7,5	0,201
185/24	187,0	24,2	18,9	6,3	0,157
185/29	181,0	29,0	18,8	6,9	0,162
185/43	185,0	43,1	19,6	8,4	0,158
185/128	187,0	128,0	23,1	14,7	0,158
240/32	244,0	31,7	21,6	7,2	0,121
240/39	236,0	38,6	21,6	8,0	0,124
240/56	241,0	56,3	22,4	9,6	0,122
300/39	301,0	38,6	24,0	8,0	0,098
300/48	295,0	47,8	24,1	8,9	0,099
300/66	288,5	65,8	24,5	10,5	0,102
300/67	288,5	67,3	24,5	10,5	0,103
300/204	298,0	204,0	29,2	18,6	0,099
330/30	335,0	29,1	24,8	6,9	0,088
330/43	332,0	43,1	25,2	8,4	0,089
400/18	387,0	18,8	26,0	5,6	0,078
400/22	394,0	22,0	26,6	6,0	0,075
400/51	394,0	51,1	27,5	9,2	0,075
400/64	390,0	63,5	27,7	10,2	0,075
400/93	406,0	93,2	29,1	12,5	0,072
450/56	434,0	56,3	28,8	9,6	0,068
500/26	502,0	26,6	30,0	6,6	0,059
500/27	481,0	26,6	29,4	6,6	0,061
500/64	490,0	63,5	30,6	10,2	0,060
500/204	496,0	204,0	34,5	18,6	0,060
500/336	490,0	336,0	37,5	23,9	0,060
500/71	549,0	71,2	32,4	10,8	0,054
600/72	580,0	72,2	33,2	11,0	0,051
650/79	634,0	78,9	34,7	11,5	0,046



**Таблиця 1.2 - Розрахункові дані повітряних ліній напругою 35 - 150 кВ  
зі сталевалюмінієвими проводами (на 100 км)**

Номиналь- ний переріз проводу, мм <sup>2</sup>	r <sub>0</sub> , Ом, за темпе- рату- ри +20°C	35 кВ	110 кВ				150 кВ		
		x <sub>0</sub> , Ом	x <sub>0</sub> , Ом	b <sub>0</sub> , 10 <sup>-4</sup> См	q <sub>0</sub> , Мвар	x <sub>0</sub> , Ом	b <sub>0</sub> , 10 <sup>-4</sup> См	q <sub>0</sub> , Мвар	
70/11	42,8	43,2	44,4	2,55	3,40	46,0	2,46	5,50	
95/16	30,6	42,1	43,4	2,61	3,50	45,0	2,52	5,70	
120/19	24,9	41,4	42,7	2,66	3,55	44,1	2,56	5,80	
150/24	19,8	40,6	42,0	2,70	3,60	43,4	2,61	5,90	
185/29	16,2	-	41,3	2,75	3,70	42,9	2,645	5,95	
240/32	12,0	-	40,5	2,81	3,75	42,0	2,70	6,10	

**Таблиця 1.3 - Розрахункові дані повітряних ліній напругою 220 - 750 кВ  
зі сталевалюмінієвими проводами (на 100 км)**

Номинальний переріз проводу, мм <sup>2</sup>	Кількість проводів у фазі	$r_0$ , Ом, за температури +20°C	220 кВ			330 кВ			500 кВ			750 кВ		
			$x_0$ , Ом	$b_0$ , 10 <sup>-4</sup> См	$q_0$ , Мвар	$x_0$ , Ом	$b_0$ , 10 <sup>-4</sup> См	$q_0$ , Мвар	$x_0$ , Ом	$b_0$ , 10 <sup>-4</sup> См	$q_0$ , Мвар	$x_0$ , Ом	$b_0$ , 10 <sup>-4</sup> См	$q_0$ , Мвар
240/32	1	12,1	43,5	2,6	13,9	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	2	6,0	-	-	-	33,1	3,38	40,6	-	-	-	-	-	-
240/39	1	11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
240/56	5	2,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	30,8	3,76	211,5
300/39	1	9,8	42,9	2,64	14,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	2	4,8	-	-	-	32,8	3,41	40,9	-	-	-	-	-	-
300/66	3	3,4	-	-	-	-	-	-	31,0	3,97	99,2	-	-	-
	5	2,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	28,8	4,11	231,2
330/43	3	2,9	-	-	-	-	-	-	30,8	3,6	90,0	-	-	-
400/51	1	7,5	42,0	2,7	14,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	2	3,75	-	-	-	32,3	3,46	41,5	-	-	-	-	-	-
	3	2,5	-	-	-	-	-	-	30,6	3,62	90,5	-	-	-
	5	1,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	28,6	4,13	232,3
400/93	4	2,9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	28,9	4,13	232,3
500/64	1	6,0	41,3	2,74	14,6	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	2	3,0	-	-	-	32,0	3,5	42,0	-	-	-	-	-	-
	3	2,0	-	-	-	-	-	-	30,4	3,64	91,0	-	-	-
	4	1,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	30,3	3,9	219,4

Таблиця 1.4 - Індуктивні опори повітряних ліній  $x_0$ , Ом/км

Середня геометрична відстань між фазами, м	Діаметри проводів $d$ , м									
	5	6	7	8	9	10	12	14	16	18
0,6	0,359	0,347	0,337	0,329	0,322	0,316	0,305	0,245	--	--
0,8	0,376	0,364	0,356	0,347	0,340	0,333	0,322	0,312	--	--
1,0	0,391	0,379	0,370	0,361	0,354	0,347	0,336	0,326	--	--
1,25	0,404	0,393	0,383	0,376	0,368	0,362	0,350	0,340	--	--
1,5	0,416	0,404	0,394	0,386	0,379	0,372	0,362	0,351	--	--
1,75	0,426	0,415	0,404	0,396	0,389	0,383	0,371	0,363	--	--
2,0	0,433	0,422	0,413	0,404	0,396	0,391	0,379	0,370	0,361	0,354
2,5	--	--	0,426	0,419	0,411	0,404	0,393	0,383	0,376	0,368
3,0	--	--	0,437	0,429	0,422	0,416	0,404	0,394	0,386	0,379
3,5	--	--	0,448	0,439	0,432	0,426	0,415	0,404	0,396	0,389
4,0	--	--	0,456	0,448	0,441	0,433	0,422	0,413	0,404	0,396
4,5	--	--	--	--	0,448	0,441	0,432	0,419	0,412	0,404
5,0	--	--	--	--	0,455	0,448	0,436	0,429	0,419	0,411
5,5	--	--	--	--	0,461	0,454	0,442	0,432	0,425	0,418
6,0	--	--	--	--	0,466	0,460	0,448	0,436	0,429	0,422

Таблиця 1.5 - Ємнісні провідності повітряних ліній  $b_0$ , См/км  $\cdot 10^{-6}$ 

Середня геометрична відстань між фазами, м	Діаметри проводів $d$ , мм								
	10	12	14	16	18	20	24	28	32
3,0	2,73	2,82	2,90	2,95	3,01	3,06	--	--	--
3,5	2,66	2,73	2,82	2,87	2,93	2,98	--	--	--
4,0	2,61	2,68	2,75	2,82	2,87	2,92	3,01	3,08	3,16
4,5	2,56	2,62	2,70	2,76	2,82	2,86	2,94	3,02	3,10
5,0	2,53	2,60	2,66	2,71	2,76	2,82	2,89	2,97	3,03
5,5	2,49	2,56	2,62	2,67	2,72	2,77	2,86	2,93	2,99
6,0	2,46	2,53	2,59	2,64	2,68	2,73	2,82	2,90	2,95
6,5	--	--	--	--	--	2,70	2,77	2,85	2,91
7,0	--	--	--	--	--	2,66	2,73	2,82	2,87
7,5	--	--	--	--	--	2,64	2,71	1,78	2,84
8,0	--	--	--	--	--	2,61	2,68	2,75	2,82
8,5	--	--	--	--	--	2,59	2,66	2,73	2,78

**Таблиця 1.6 – Розрахункові дані трижильних кабелів з паперовою ізоляцією (на 1 км)**

Переріз, мм <sup>2</sup>	$r_0$ , Ом		6 кВ		10 кВ		20 кВ		35 кВ	
	Мідь	Алюміній	$x_0$ , Ом	$q_0$ , квар	$x_0$ , Ом	$q_0$ , квар	$x_0$ , Ом	$q_0$ , квар	$x_0$ , Ом	$q_0$ , квар
10	1,84	3,1	0,11	2,3	—	—	—	—	—	—
16	1,15	1,94	0,102	2,6	0,113	5,9	—	—	—	—
25	0,74	1,24	0,091	4,1	0,099	8,6	0,135	24,8	—	—
35	0,52	0,89	0,087	4,6	0,095	10,7	0,129	27,6	—	—
50	0,37	0,62	0,083	5,2	0,09	11,7	0,119	31,8	—	—
70	0,26	0,443	0,08	6,6	0,086	13,5	0,116	35,9	0,137	86
95	0,194	0,326	0,078	8,7	0,083	15,6	0,11	40,0	0,126	95
120	0,153	0,258	0,076	9,5	0,081	16,9	0,107	42,8	0,120	99
150	0,122	0,206	0,074	10,4	0,079	18,3	0,104	47,0	0,116	112
185	0,099	0,167	0,073	11,7	0,077	20,0	0,101	51,0	0,113	115
240	0,077	0,129	0,071	13,0	0,075	21,5	—	—	—	—

**Таблиця 1.7- Середньоггеометрична відстань між фазами повітряних ліній**

Клас напруги, кВ	35	110	150	220	330	500	750
Середньоггеометрична відстань, м	3,5	5,0	6,5	8,0	11,0	14,0	19,5

**Таблиця 1.8 – Рекомендації щодо використання проводів різних марок**

Область використання	Марка проводу	Номінальний переріз, мм <sup>2</sup>	Відношення перерізу алюмінієвої частини проводу до перерізу сталевго осердя
Райони з товщиною стінки ожедєдї до 20 мм	АС АЖ	До 185 240 і більше 120 - 185	6 – 6,5 7,71 – 8,04 -
Райони з товщиною стінки ожедєдї понад 20 мм	АС	До 95 120 – 400 500 і більше	6 4,29 - 4,39 7,71 – 8,04
На узбережжі морів, солоних озер, у промислових районах, де сталєалюмінієві проводи руйнуються від корозії	АСК АСКС АСКП	120 - 300	6,11 – 6,25
Мережі сільськогосподарського призначення	А АЖ	50 – 240 50 - 185	- -



## 2 ВИБІР ПЕРЕРІЗУ ПРОВОДІВ ПОВІТРЯНИХ І КАБЕЛЬНИХ ЛІНІЙ ЕЛЕКТРОПЕРЕДАВАННЯ

### 2.1 Вибір перерізу проводів повітряних і кабельних ліній за нагрівом

У зв'язку з введенням у 2017 році нової редакції ПУЕ [1] змінилися правила вибору проводів повітряних і кабельних ліній. *Всі неізолювані та ізолювані проводи, кабелі та шини мають задовольняти вимогам щодо граничного допустимого нагріву з урахуванням нормальних і післяаварійних режимів роботи електричних мереж.* Температура нагріву струмовідних частин кабелів, проводів і шин не повинна перевищувати значень, наведених в ПУЕ.

Тривало допустимі струми провідників, що відповідають їх тривало допустимій температурі нагріву, визначені за температури оточуючого середовища:

- для неізолюованих проводів, шин і кабелів, прокладених відкрито + 25 °С;
- для кабелів прокладених у землі 15 °С.

*Перерізи струмовідної частини проводів з алюмінію та алюмінієвих сплавів повітряних ліній напругою до 20 кВ і перерізи жил багатожильних силових кабелів напругою до 35 кВ, а також перерізи жил силових одножильних кабелів з ізоляцією із зшитого поліетилену напругою від 6 кВ до 330 кВ слід вибирати за умовою нагріву:*

$$I_{\text{макс}} \leq I_{\text{доп}}, \quad (2.1)$$

де  $I_{\text{макс}}$  – максимальний струм навантаження лінії електропередавання;

$I_{\text{доп}}$  – тривало допустимий струм провідника.

У разі розташування провідників і кабелів у середовищі, температура якого відрізняється від нормованої температури, значення тривалого допустимих струмів потрібно помножити на коригувальні коефіцієнти, наведені в ПУЕ.

У випадку прокладання провідників і кабелів за інших умов охолодження (під час повторно-короткочасного або короткочасного режиму роботи електроприймачів, прокладання у трубах, коробах, під шаром штукатурки, за різної кількості кабелів, прокладених в одній траншеї тощо) допустимі тривалі струми потрібно приймати відповідно до цих умов згідно з ПУЕ чи визначати з врахуванням відповідних коригувальних коефіцієнтів.

Якщо переріз провідника, визначений за умов допустимого нагрівання виявився меншим від перерізу, який вимагають інші умови (термічна та електродинамічна стійкість струмам КЗ, втрата та відхилення напруги, механічна міцність, захист від перевантаження), то потрібно приймати більший переріз, який вимагають ці умови.

Більш детальну інформацію щодо вибору перерізу проводів за умовою допустимого нагрівання можна знайти у навчальному посібнику з електричних мереж [2].

### 2.2 Вибір перерізу проводів повітряних ліній напругою понад 20 кВ

На усіх повітряних лініях (ПЛ) потрібно використовувати багатожильні проводи і троси. У таблиці 2.1 наведені значення мінімально допустимих перерізів проводів ПЛ за умовами механічної міцності.

**Таблиця 2.1 – Мінімально допустимі перерізи проводів за умовами механічної міцності**

Характеристика ПЛ	Переріз проводів, мм <sup>2</sup>			
	алюмінієвих і з нетермо- обробленого алюмінієвого сплаву	з термо- обробленого алюмінієвого сплаву	сталеалю- мінієвих	сталевих
ПЛ без перетинів у районах за ожегеддю:				
– до 2	70	50	35/6,2	35
– 3 – 4	95	50	50/8	35
– 5 і вище	-	70	70/11	35
Перетини ПЛ із судноплавними річками та інженерними спорудами в районах за ожегеддю:				
– до 2	70	50	50/8	35
– 3 – 4	95	70	50/8	50
– 5 і вище	-	70	70/11	50
ПЛ до 20 кВ, які споруджують на двоколових і багатоколових опорах	-	70	70/11	-

В умовах переходу до ринкових відносин в економіці після реформування енергетики на початку 90-х років минулого століття значне підвищення тарифів на електроенергію зумовило необхідність зміни принципу вибору проводів ПЛ 35 -750 кВ з одночасним скороченням кількості перерізів.

Діючі в Україні повітряні лінії напругою 35 кВ і вище були споруджені з використанням стандартних неізолюваних сталеалюмінієвих проводів марки АС з невеликим кроком збільшення номінальних перерізів:

ПЛ 35 кВ - 70, 95, 120, 150 мм<sup>2</sup>;

ПЛ 110 кВ - 70, 95, 120, 150, 185, 240 мм<sup>2</sup>;

ПЛ 150 кВ - 120, 150, 185, 240, 300 мм<sup>2</sup>;

ПЛ 220 – 330 кВ - 240, 300, 400, 500 мм<sup>2</sup>;

ПЛ 500 кВ - 300, 400, 500 мм<sup>2</sup>;

ПЛ 750 кВ – 300, 330, 400, 500.

Вибір такого широкого діапазону перерізів був продиктований економічними міркуваннями під час будівництва електричних мереж впродовж 1960-1990 років, а саме економією провідникових матеріалів та низькою вартістю електроенергії.

Починаючи з 1995 року в Україні почав діяти галузевий керівний документ ГKD 341.004.002-94, яким були *встановлені нормовані значення перерізів сталеалюмінієвих проводів для новоспоруджуваних або реконструйованих ліній напругою 35-750 кВ.*

Згідно з розпорядженням Міненерго України від 04.01.1997 року «Про норми технологічного проектування ПЛ 0,38 -750 кВ» *регламентовано застосування номінальних перерізів проводів. нормовані значення яких наведено в таблиці 2.2.* Відповідні зміни були внесені в ПУЕ в частині, що відноситься до вибору перерізів проводів високовольтних ПЛ.

*Згідно з новою редакцією ПУЕ 2017 рекомендовано приймати переріз струмовідної частини проводів з алюмінію та алюмінієвих сплавів для ПЛ напругою понад 20 кВ та кількість цих проводів у фазі згідно з таблицею 2.2.*

Таким чином, кількість нормованих перерізів проводів зведено до чотирьох, вони задовольняють вимогам мінімізації рівня радіозавад і втрат електроенергії на корону. Крім того, цей нормативний діапазон перерізів проводів забезпечує умови для проектування економічно ефективних ліній електропередавання, так як при цьому знижуються технологічні втрати потужності та електроенергії, зменшується кількість типорозмірів будівельних конструкцій, аварійний запас матеріалів і обладнання, спрощуються умови експлуатації й технічного обслуговування, виробництво та поставка проводів.

**Таблиця 2.2 –Переріз і кількість проводів повітряних ліній напругою понад 20 кВ**

Напруга, кВ	Номінальний переріз проводу за алюмінієм, мм <sup>2</sup>	Мінімальна кількість проводів у фазі
35*	75-95	1
35	120	1
110*	120	1
110, 150	240	1
220***	400	1
330	400	2
400****	400	2
500***	300	3
750	400	5

\* Стосується ліній 35 кВ, які є відгалуженням від існуючих магістральних ліній з перерізом проводів 70 – 95 мм<sup>2</sup> або продовженням таких магістралей.

\*\* Стосується ліній 110 кВ для живлення електроспоживачів на потужність до 20 МВт або для видачі потужності електростанцій з кількістю годин використання встановленої потужності до 2500 (вітрові, газотурбінні пікові електростанції тощо).

\*\*\* Перспективний розвиток ліній 220 і 500 кВ обмежено.

\*\*\*\* Розвиток ліній 400 кВ не передбачається.

Для ново споруджуваних або реконструйованих ПЛ напругою 35-750 кВ потрібно передбачати перерізи проводів, які не потребують перевірки за умовами утворення корони згідно з таблицею 2.2.

На ПЛ 35-750 кВ, за відповідного обґрунтування, можна застосовувати проводи, виготовлені за новими технологіями чи з нових матеріалів, у тому числі компактні проводи типу AERO-Z та AFL<sub>z</sub>, HVCRC з композитним підсиленням осердя і профільованими дротами. Компактні проводи доцільно застосовувати:

- на великих переходах ПЛ (судноплавні ділянки рік, водоймищ, перетин ущелин, ярів та інших перешкод), а також у гірській місцевості;

- під час реконструкції ПЛ із збільшенням пропускної здатності за браком вільних земельних ділянок під опори;
- на ПЛ у районах за характеристичними значеннями ожеледі чотири і вище.

*У нормальних режимах роботи густини струмів неізолюваних проводів ПЛ 6-220 кВ не повинні, як правило, перевищувати значень, наведених у таблиці 2.3.*

**Таблиця 2.3 – Граничні значення густини струму в неізолюваних проводах ПЛ напругою від 6 до 220 кВ**

Проводи	Густина струму, А/мм <sup>2</sup> , за числа годин використання максимуму навантаження на рік		
	понад 1000 до 3000	понад 3000 до 5000	понад 5000
Мідні	2,5	2,5 – 1,9	1,9 – 1,5
Алюмінієві	1,3	1,1 – 0,8	0,8 – 0,6

Потрібно зауважити, що прийняті допустимі значення густини струму для неізолюваних проводів ПЛ 6-220 кВ практично відповідають раніше нормованим значенням економічної густини струму для таких ліній. Для кабельних ліній допустима густина струму визначається тривало допустимим струмом навантаженням.

Вибір перерізів *проводів повітряних і кабельних ліній напругою 330 кВ і вище*, потужних жорстких і гнучких струмопроводів виконують *на основі техніко-економічних розрахунків* згідно з чинною методикою [3]. Цими вимогами слід керуватися також у випадках заміни існуючих проводів проводами більшого перерізу або у випадку прокладання додаткових ліній у разі зростання навантаження.

Вибрані перерізи проводів повинні відповідати умові допустимого нагрівання (2.1).

**Таблиця 2.4 – Допустимі тривалі струми та потужності для неізолюваних сталюалюмінієвих проводів марок АС, АСК, АСКП, АСКС за температури повітря +25°C**

Номинальний переріз, мм <sup>2</sup>	Струм, А		Потужність, МВт, поза приміщенням за напруги, кВ					
	поза приміщенням	всередині приміщення	35	110	150	220	330	500
35/6,2	175	135	10,0	-	-	-	-	-
50/8	210	165	12,0	-	-	-	-	-
70/11	265	210	15,2	47,6	-	-	-	-
95/16	330	260	18,9	59,3	80,9	-	-	-
120/19	390	313	22,3	70,1	95,6	-	-	-
120/27	375	-	21,5	67,4	92,0	-	-	-
150/19	450	365	25,7	80,9	110,3	-	-	-
150/24	450	365	25,7	80,9	110,3	-	-	-
150/34	450	-	25,7	80,9	110,3	-	-	-

185/24	520	430	29,7	93,5	127,5	-	-	-
185/29	510	425	29,2	91,7	125,1	-	-	-
185/43	515	-	29,5	92,6	126,3	-	-	-
240/32	605	505	-	108,8	148,4	217	326	-
240/39	610	505	-	109,7	149,6	219	329	-
240/56	610	-	-	109,7	149,6	219	329	-
300/39	710	600	-	-	-	255	383	580
300/48	690	685	-	-	-	248	372	564
300/66	680	-	-	-	-	245	367	556
330/27	730	-	-	-	-	-	-	597
400/22	830	713	-	-	-	298	448	678
400/51	825	705	-	-	-	297	445	674
400/64	860	-	-	-	-	309	464	703
500/27	960	830	-	-	-	345	518	785

Примітка. Для ліній напругою 330 і 500 кВ потужність наведена з розрахунку на один провід.

*Нижче наведені допустимі струми для кабелів (6 - 10) кВ, переріз яких вибирають за умовою допустимого нагрівання. Гранична густина струму для кабелів усіх напруг не нормується і визначається їх тривало допустимим навантаженням.*

**Таблиця 2.5 – Допустимі тривалі струми для трижильних кабелів на напругу 6 кВ з мідними та алюмінієвими жилами і пластмасовою ізоляцією, прокладених у землі та повітрі**

Переріз, мм <sup>2</sup>	Допустимий струм навантаження, А			
	у землі		у повітрі	
	Полівінілхлорид і поліетилен	Вулканізований поліетилен	Полівінілхлорид і поліетилен	Вулканізований поліетилен
10	70/55	79/62	65/50	73/57
16	92/70	104/79	85/65	96/73
25	122/90	138/102	110/85	124/96
35	147/110	166/124	135/105	153/119
50	175/130	198/147	165/125	186/141
70	215/160	243/181	210/155	237/175
95	260/195	294/220	255/190	288/215
120	295/220	333/249	300/220	339/249
150	335/250	379/283	335/250	379/283
185	380/285	429/322	385/290	435/328
240	445/335	503/379	460/345	

Примітка. У чисельнику наведені дані для кабелів з мідними жилами, в знаменнику - з алюмінієвими жилами.

**Таблиця 2.6 – Допустимі тривалі струми навантаження для одножильних кабелів на напругу 6 - 10 кВ з мідними та алюмінієвими жилами з ізоляцією із збитого поліетилену, які прокладають в землі та повітрі, А**

Переріз, мм <sup>2</sup>	Переріз екрана, мм <sup>2</sup>	Мідь				Алюміній			
		повітря		земля		повітря		земля	
		°°	°°°	°°	°°°	°°	°°°	°°	°°°
50	16	245	290	220	230	185	225	170	175
70		300	360	270	280	235	280	210	215
95		370	435	320	335	285	340	250	260
120		425	500	360	380	330	390	280	295
150	25	475	560	410	430	370	440	320	330
185		545	635	460	485	425	505	360	375
240		645	745	530	560	505	595	415	440
300		740	845	600	640	580	680	475	495
400	35	845	940	680	730	675	770	540	570
500		955	1050	750	830	780	865	610	650
630		1115	1160	830	940	910	1045	680	750
600		1270	1340	920	1030	1050	1195	735	820

Зауважимо, що вибрані відповідно до нової редакції ПУЕ перерізи проводів повітряних і кабельних ліній можуть не відповідати умові економічності інвестицій [3], тому можна виконати додатковий розрахунок, наприклад, розрахувати дискontовані витрати для вибраного перерізу та порівняти їх з дискontованими витратами для суміжних менших перерізів, які відповідають умові допустимого нагрівання. Остаточне рішення приймає інвестор.

### 2.3 Розшифрування скорочень, що застосовують для позначень силових кабелів з полівінілхлоридною (вініловою) і гумовою ізоляцією

А - (перша літера) алюмінієва жила, за її відсутності - жила мідна за замовчуванням.

АС - алюмінієва жила і свинцева оболонка.

АА - алюмінієва жила і алюмінієва оболонка.

Б - броня з двох сталевих стрічок з антикорозійним захисним покривом.

Бн - те ж, але з негорючим захисним покривом (не підтримує горіння).

б - без подушки.

В - перша літера (за відсутності А) - ПВХ ізоляція.

В - друга літера (за відсутності А) - ПВХ оболонка.

Г - на початку позначення - кабель призначений для гірничих виробок, в кінці позначення - відсутність захисного покриву поверх броні або оболонки («голий»).

г - водоблокуючі стрічки герметизації металевого екрана (в кінці позначення).

2г - алюмополімерна стрічка поверх герметизованого екрану.

Шв - захисний покрив у вигляді випресованого шлангу (оболонки) з полівінілхлориду.

Шп - захисний покрив у вигляді випресованого шлангу (оболонки) з поліетилену.

ШПС - захисний покрив з випресованого шлангу з самозгасаючого поліетилену.

К - броня з круглих оцинкованих сталевих проводів, зверху яких накладений захисний покрив.



Якщо стоїть на початку позначення - контрольний кабель.

О - окремі оболонки поверх кожної фази.

Р - гумова ізоляція.

НР - гумова ізоляція і оболонка з гуми, яка не підтримує горіння.

П - ізоляція або оболонка з термопластичного поліетилену.

Пс - ізоляція або оболонка з самозгасаючого поліетилену (не підтримує горіння).

Пв - ізоляція з вулканізованого поліетилену.

ББГ - броня профільованої сталевий стрічки.

нг - не підтримує горіння.

LS - Low Smoke - низьке димо- та газовиділення.

КТ - кабель гнучкий.

#### **2.4 Розшифрування скорочень, що застосовують для позначень силових кабелів з паперовою просоченою ізоляцією**

А - (перша літера) - алюмінієва жила, за її відсутності - жила мідна за замовчуванням. Якщо в середині позначення після символу матеріалу жили, то алюмінієва оболонка.

Б - броня з плоских сталевих стрічок (після символу матеріалу оболонки).

АБ - алюмінієва броня.

СБ - (перша або друга після А літера) - свинцева броня.

С - матеріал оболонки свинець.

О - окремо освинцьованих жили.

П - броня з плоских сталевих оцинкованих проводів.

К - броня з круглих сталевих оцинкованих проводів.

В - ізоляція паперова зі збідненням просочуванням. Ставиться в кінці позначення через тире.

б - без подушки.

Г - відсутність захисного покриття («голий»).

н - негорючий зовнішній покрив. Ставиться після символу броні.

Шв - Зовнішній покрив у вигляді випресованого шланга (оболонки) з полівінілхлориду.

Шп - зовнішній покрив у вигляді випресованого шланга (оболонки) з поліетилену.

Швпг - зовнішній покрив з випресованого шланга з полівінілхлориду зниженої горючості.

(Ож) - кабелі з одножильними дротами. Ставиться в кінці позначення.

У - ізоляція паперова з підвищеною температурою нагріву. Ставиться в кінці позначення.

Ц - паперова ізоляція, просочена нестікаючим складом. Ставиться попереду позначення.

#### **2.5 Розшифрування скорочень, що застосовують для позначень силових кабелів з ізоляцією зі зшитого поліетилену**

N - виготовлений згідно з німецьким стандартом VDE.

У - ПВХ ізоляція.

2У - ізоляція з поліетилену.

2Х - ізоляція зі зшитого поліетилену.

S - мідний екран.

(F) - поздовжня герметизація.

(FL) - поздовжня і поперечна герметизація.

E - трижильний кабель.

R - броня з круглих сталевих проводів.

### 3 ТЕХНІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТРАНСФОРМАТОРІВ

#### 3.1 Умовні позначення систем охолодження трансформаторів і автотрансформаторів

##### *Сухі трансформатори:*

- З - природне повітряне охолодження при відкритому виконанні;
- СЗ - природне повітряне охолодження при захищеному виконанні;
- СГ - природне повітряне охолодження при герметичному виконанні;
- СД - природне повітряне охолодження з примусовою циркуляцією повітря (з повітряним дуттям).

##### *Олійні трансформатори:*

- М - природна циркуляція повітря і масла;
- Д - примусова циркуляція повітря і природна циркуляція масла;
- МЦ - природна циркуляція повітря і примусова циркуляція масла з ненаправленим потоком масла;
- НМЦ - природна циркуляція повітря і примусова циркуляція масла з направленим потоком масла;
- ДЦ - примусова циркуляція повітря і масла з ненаправленим потоком масла;
- НДЦ - примусова циркуляція повітря і масла з направленим потоком масла;
- Ц - примусова циркуляція води і масла з направленим потоком масла;
- Н - природне охолодження негорючим рідким діелектриком;
- НД - охолодження негорючим рідким діелектриком з примусовою циркуляцією повітря;
- ННД - охолодження негорючим рідким діелектриком з примусовою циркуляцією повітря і спрямованим потоком рідкого діелектрика.

#### 3.2 Розшифрування буквено-числового позначення трансформаторів (автотрансформаторів) зліва направо

1. Вид (А- автотрансформатор, без позначення - трансформатор).
2. Кількість фаз (О - однофазний, Т - трифазний).
3. Наявність розщепленої обмотки нижчої напруги – Р.
4. Умовне позначення видів охолодження (див. вище).
5. Кількість обмоток (без позначення - двообмотковий, Т - триобмотковий).
6. Наявність системи регулювання напруги – Н.
7. Виконання (З - захищене, Г - грозостійкий, У - удосконалене, Л - з литою ізоляцією).
8. Специфічна сфера застосування (С - для систем власних потреб електростанцій, Ж - для електрифікації залізниць).
9. Номінальна потужність, кВ·А.
10. Клас напруги обмотки ВН, кВ.
11. Кліматичне виконання.

### 3.3 Технічні характеристики трансформаторів і автотрансформаторів

Таблиця 3.1 – Трифазні двообмоткові трансформатори з вищою напругою 35 кВ

Тип	$S_{ном}$ МВ·А	Границі регулювання, %	Каталожні дані						Розрахункові дані		
			$U_{ном}$ кВ		$U_{кз}$ %	$\Delta P_k$ кВт	$\Delta P_x$ кВт	$I_x$ %	$R_T$ Ом	$X_T$ Ом	$\Delta Q$ квар
			ВН	НН							
ТМ-100/35	0,1	$\pm 2 \cdot 1,5\%$	35	0,4	6,	1,9	0,5	2,6	241	796	2,6
ТМ-160/35	0,16	$\pm 2 \cdot 1,5\%$	35	0,4;0,69	6,5	2,6;3,1	0,7	2,4	127;148	498	3,8
ТМ-250/35	0,25	$\pm 2 \cdot 1,5\%$	35	0,4;0,69	6,	3,7;4,2	1,0	2,3	72;82	318	5,7
ТМН(ТМ)-400/35	0,4	$\pm 6 \cdot 1,5\%$	35	0,4;0,69	6,5	7,6;8,5	1,9	2,0	23,5;26,2	126	12,6
ТМН(ТМ)-630/35	0,63	$\pm 6 \cdot 1,5\%$	35	0,4;0,69;6,3;11	6,5	11,6;12,2	2,7	1,5	14;14,2	79,6	15
ТМН(ТМ)-1000/35	1	$\pm 6 \cdot 1,5\%$	35	0,4;0,69;6,3;11	6,5	16,5;18	3,6	1,4	7,9;8,6	49,8	22,4
ТМН(ТМ)-1600/35	1,6	$\pm 6 \cdot 1,5\%$	35	6,3;11	6,	23,5;26	5,1	1,1	11,2;12,4	49,2	17,6
ТМН(ТМ)-2500/35	2,5	$\pm 6 \cdot 1,5\%$	35	6,3;11	6,5	23,5;26	5,1	1,1	4,6;5,1	31,9	27,5
ТМН(ТМ)-4000/35	4,0	$\pm 6 \cdot 1,5\%$	35	6,3;11	7,5	33,5	6,7	7,0	2,6	23	40
ТМН(ТМ)-6300/35	6,3	$\pm 6 \cdot 1,5\%$	35	6,3;11	7,5	46,5	9,2	0,9	1,4	14,6	56,7
ТД-10000/35	10	$\pm 2 \cdot 2,5\%$	38,5	6,3;10,5	7,5	65	14,5	0,8	0,96	11,1	80
ТМН-10000/35	10	$\pm 9 \cdot 1,3\%$	36,75	6,3;10,5	7,5	65	14,5	0,8	0,88	10,1	80
ТДНС-10000/35	10	$\pm 8 \cdot 1,5\%$	36,75	6,3;10,5	8,0	60	12,5	0,6	0,81	10,8	60
ТД-16000/35	16	$\pm 2 \cdot 2,5\%$	38,5	6,3;10,5	8,0	90	21	0,6	0,52	7,4	96
ТДНС-16000/35	16	$\pm 8 \cdot 1,5\%$	36,75	6,3-6,3;10,5-10,5	10	85	18	0,55	0,45	8,4	88
ТРДНС-25000/35	25	$\pm 8 \cdot 1,5\%$	36,75	6,3-6,3;10,5-10,5	9,5	115	25	0,5	0,25	5,1	125
ТРДНС-32000/35	32	$\pm 8 \cdot 1,5\%$	36,75	6,3-6,3;10,5-10,5	11,5	145	30	0,45	0,19	4,8	144
ТРДНС-40000/35	40	$\pm 8 \cdot 1,5\%$	36,75	6,3-6,3;10,5-10,5	11,5	170	36	0,4	0,14	3,9	160

Таблиця 3.2 – Трифазні двообмоткові трансформатори з вищою напругою 110 кВ

Тип	$S_{ном}$ МВ· А	Границі регулю- вання, %	Каталожні дані						Розрахункові дані		
			$U_{ном}$ , кВ		$U_{кз}$ %	$\Delta P_{\omega}$ кВт	$\Delta P_x$ кВт	$I_x$ %	$R_{\pi}$ Ом	$X_{\pi}$ Ом	$\Delta Q_x$ квар
			ВН	НН							
ТМН- 2500/110	2.5	$\pm 10 \pm 1,5$ % $\pm 8 \pm 1,5$ %	110	6,6;11	10,5	22	5.5	1,5	42,6	508, 2	37,5
ТМН- 6300/110	6.3	$\pm 9 \pm 1,78$ %	115	6,6;11	10,5	44	11.5	0,8	14,7	220, 4	50,4
ТДН- 10000/110	10	$\pm 9 \pm 1,78$ %	115	6,6;11	10,5	60	14	0,7	7,95	139	70
ТДН- 16000/110	16	$\pm 9 \pm 1,78$ %	115	6,5;11	10,5	85	19	0,7	4,38	86,7	112
ТРДН- 25000/110	25	$\pm 9 \pm 1,78$ %	115	6,3/6,5; 6,3/10,5; 10,5/10,5	10,5	120	27	0,7	2,54	55,9	175
ТДНЖ- 25000/110	25	$\pm 9 \pm 1,78$ %	115	27,5	10,5	120	30	0,7	2,5	55,5	175
ТД- 40000/110	40	$\pm 2 \pm 2,5$ %	121	3,15;6,3; 10,5	10,5	160	50	0,65	1,46	38,4	260
ТРДН- 40000/110	40	$\pm 9 \pm 1,78$ %	115	6,3/6,3; 6,3/10,5; 10,5/10,5	10,5	172	36	0,65	1,4	34,7	260
ТРДЦН- 63000/110	63	$\pm 9 \pm 1,78$ %	115	6,3/6,3; 6,3/10,5; 10,5/10,5	10,5	260	59	0,6	0,87	22	410
ТРДЦНК6 3000/110	63	$\pm 9 \pm 1,78$ %	115	6,3/6,3; 6,3/10,5; 10,5/10,5	10,5	245	59	0,6	0,8	22	378
ТДЦ- 80000/110	80	$\pm 2 \pm 2,5$ %	121	6,3;10,5; 13,8	10,5	310	70	0,6	0,71	19,2	480
ТРДЦН- 80000/110	80	$\pm 9 \pm 1,78$ %	115	6,3/6,3; 6,3/10,5; 10,5/10,5	10,5	310	70	0,6	0,6	17,4	480
ТДЦ- 125000/110	125	$\pm 2 \pm 2,5$ %	121	10,5;13,8	10,5	400	120	0,55	0,7	13,3	687,5
ТРДЦН- 125000/110	125	$\pm 9 \pm 1,78$ %	115	10,5;10,5	10,5	400	100	0,55	0,4	13,1	687,5
ТДЦ- 200000/110	200	$\pm 2 \pm 2,5$ %	121	13,8;15,7; 18	10,5	550	170	0,5	0,2	7,7	1000
ТДЦ- 250000/110	250	$\pm 2 \pm 2,5$ %	121	15,75	10,5	640	200	0,5	0,15	6,1	1250
ТДЦ- 400000/110	400	$\pm 2 \pm 2,5$ %	121	20	10,5	900	320	0,45	0,08	3,8	1800

Таблиця 3.3 – Трифазні триобмоткові трансформатори з вищою напругою 110 кВ

Тип	$S_{ном},$ МВ·А	Каталожні дані					
		$U_{ном},$ кВ			$U_{кз},$ %		
		ВН	СН	НН	ВН-СН	ВН-НН	СН-НН
ТМТН-6300/110	6,3	115	38,5	6,6;11	10,5	17	6
ТДТН-10000/110	10	115	38,5	6,6;11	10,5	17	6
ТДТН-16000/110*	16	115	38,5	6,6;11	10,5	17	6
ТДТН-25000/110	25	115	11;38,5	6,6;11	10,5	17,	6,5
ТДТНЖ-25000/110	25	115	38,5;27,5	6,6;11;27,5	10,5(17)	17(10,5)	6
ТДТН-40000/110*	40	115	11;22;38,5	6,6;11	10,5(17)	17(10,)	6
ТДТНЖ-40000/110	40	115	27,5;35,5	6,6;11;27,5	10,5(17)	17(10,5)	6
ТДТН-63000/110* (ТДЦНТ)	63	115	38,5	6,6;11	10,5	17	6,5
ТДТН-80000/110* (ТДЦТН)	80	115	38,5	6,6;11	11(17)	18,5(10,5)	7(6,5)

Продовження таблиці 3.3

Тип	Каталожні дані			Розрахункові дані						$\Delta Q_{\Sigma}$ , квар
	$\Delta P_{\Sigma}$ , кВт	$\Delta P_{\Sigma'}$ , кВт	$I_{\Sigma}$ , %	$R_T$ , Ом			$X_T$ , Ом			
				ВН	СН	НН	ВН	СН	НН	
ТМТН - 6300/110	58	14	1,2	9,7	9,7	9,7	225,7	0	131,2	75,6
ТДТН- 10000/110	76	17	1,1	5	5	5	142,2	0	82,7	110
ТДТН - 16000/110*	100	23	1,0	2,6	2,6	2,6	88,9	0	52	160
ТДТН- 25000/110	140	31	0,7	1,5	1,5	1,5	56,9	0	35,7	175
ТДТНЖ- 25000/110	140	42	0,9	1,5	1,5	1,5	57	0(33)	33(0)	225
ТДТН - 40000/110*	200	43	0,6	0,8	0,8	0,8	35,5	0 (22,3)	22,3 (0)	240
ТДТНЖ - 40000/110	200	63	0,8	0,9	0,9	0,9	35,5	0 (20,7)	20,7 (0)	320
ТДТН - 63000/110*	290	56	0,7	0,5	0,5	0,5	22	0	13,6	441
ТДТН - 80000/110* (ТДЦТН)	390	82	0,6	0,4	0,4	0,4	18,6 (21,7)	0 (10,7)	11,9 (0)	480

Примітка. Всі трансформатори мають РПН  $\pm 9 \times 1,78\%$  в нейтралі ВН за винятком трансформатора ТДТНЖ -40000/110 з РПН  $\pm 8 \times 1,5\%$  в нейтралі ВН.

Таблиця 3.4 – Трифазні двообмоткові трансформатори з вищою напругою 220 кВ

Тип	$S_{ном},$ МВ·А	Границі регулю- вання, %	Каталожні дані						Розрахункові дані		
			$U_{ном},$ кВ		$U_k,$ %	$\Delta P_k,$ кВт	$\Delta P_x,$ кВт	$I_x,$ %	$R_T,$ Ом	$X_T,$ Ом	$\Delta Q_x,$ квар
			ВН	НН							
ТРДН-40000/220	40	$\pm 8*1,5\%$	230	11/11; 6,6/6,6	12	170	50	0,9	5,6	158,7	360
ТРДЦН-63000/220	63	$\pm 8*1,5\%$	230	11/11; 6,6/6,6	12	300	82	0,8	3,9	100,7	504
ТДЦ-80000/220	80	$\pm 2*2,5\%$	242	6,3; 10,5; 13,8	11	320	105	0,6	2,9	80,5	480
ТРДЦН-100000/220	100	$\pm 8*1,5\%$	230	11/11; 38,5	12	360	115	0,7	1,9	63,5	700
ТДЦ-125000/220	125	$\pm 2*2,5\%$	242	10,5; 13,8	11	380	135	0,5	1,4	51,5	625
ТРДЦН-160000/220	160	$\pm 8*1,5\%$	230	11/11; 38,5	12	525	167	0,6	1,08	39,7	960
ТДЦ-200000/220	200	$\pm 2*2,5\%$	242	13,8; 15,75; 18	11	580	200	0,45	0,77	32,2	900
ТДЦ-250000/220	250	-	242	13,8; 15,75	11	650	240	0,45	0,6	25,7	1125
ТДЦ-400000/220	400	-	242	13,8; 15,75; 20	11	880	330	0,4	0,29	16,1	1600
ТЦ-630000/220	630	-	242	15,75; 20	12,5	1300	380	0,35	0,2	11,6	2205
ТЦ-1000000/220	1000	-	242	24	11,5	2200	480	0,35	0,2	6,7	3500



Таблиця 3.5 – Трифазні триобмоткові трансформатори з вищою напругою 220 кВ

Тип	$S_{ном},$ МВ·А	Границі регулю- вання, %	Каталожні дані					
			$U_{ном},$ кВ			$U_k, \%$		
			ВН	СН	НН	ВН- СН	ВН- НН	СН-НН
ТДТН- 25000/220	25	$\pm 12 \cdot 1\%$	230	38,5	6,6;11	12,5	20	6,5
ТДТНЖ- 25000/220	25	$\pm 8 \cdot 1,5\%$	230	27,5; 38,5	6,6;11;27,5	12,5	20	6,5
ТДТН- 40000/220	40	$\pm 12 \cdot 1\%$	230	38,5	6,6;11	12,5	22	9,5
ТДТНЖ- 40000/220	40	$\pm 8 \cdot 1,5\%$	230	27,5; 38,5	6,6;11;27,5	12,5	22	9,5
ЛТДЦТН- 63000/220/110	63	$\pm 6 \cdot 2\%$	230	121	6,6;11;27,5; 38,5	11	35,7	21,9
ЛТДЦТН- 125000/220/110	125	$\pm 6 \cdot 2\%$	230	121	6,6;11;38,5	11	45	28
ЛТДЦТН- 200000/220/110	200	$\pm 6 \cdot 2\%$	230	121	6,6;11;15,75; 38,5	11	32	20
ЛТДЦТН- 250000/220/110	250	$\pm 6 \cdot 2\%$	230	121	10,5;38,5	11,5	33,4	20,8

Продовження таблиці 3.5

Тип	Каталожні дані					Розрахункові дані						$\Delta Q_{\Sigma}$ квар
	$\Delta P_{\Sigma}$ , кВт			$\Delta P_{\Sigma}$ , кВт	$I_{\Sigma}$ , %	$R_T$ , Ом			$X_T$ , Ом			
	В-С	В-Н	С-Н			ВН	СН	НН	ВН	СН	НН	
ТДТН- 25000/220	135	-	-	50	1,2	5,7	5,7	5,7	275	0	148	300
ТДТНЖ- 25000/220	135	-	-	50	1,2	5,7	5,7	5,7	275	0	148	300
ТДТН- 40000/220	220	-	-	55	1,1	3,6	3,6	3,6	165	0	125	440
ТДТНЖ- 40000/220	240	-	-	66	1,1	3,9	3,9	3,9	165	0	125	440
ЛТДЦТН- 63000/220/110	215	-	-	45	0,5	1,4	1,4	2,8	104	0	195,6	315
ЛТДЦТН- 125000/220/110	305	-	-	65	0,5	0,55	0,48	3,2	59,2	0	131	625
ЛТДЦТН- 200000/220/110	430	-	-	125	0,5	0,3	0,3	0,6	30,4	0	54,2	1000
ЛТДЦТН- 250000/220/110	520	-	-	145	0,5	0,2	0,2	0,4	25,5	0	45,1	1250

Примітка. Для автотрансформаторів потужність обмотки НН дорівнює 50% від номінальної.

#### 4 ТЕХНІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ КОНДЕНСАТОРНИХ УСТАНОВОК ТА ЇХ КОМПОНОВКА

Нижче наведені технічні характеристики високовольтних і низьковольтних конденсаторних установок (КУ) різних виробників для компенсації реактивної потужності, призначених для підвищення коефіцієнта потужності електроустановок промислових підприємств, розподільних мереж і непромислових енергоємних споживачів.

Нормальна робота конденсаторних установок забезпечується за таких умов:

- висота над рівнем моря – не більше 1000 м;
- навколишнє середовище не вибухонебезпечне, не містить струмопровідного пилу, агресивних газів і парів в концентраціях, що знижують параметри КТП в неприпустимих нормах;
- вид кліматичного виконання – У3;
- ступінь захисту установок – IP20.

Високовольтні конденсатори поділяються на *нерегульовані, регульовані та тиристорні*.

Конденсаторні установки нерегульовані являють собою камери збірні одностороннього обслуговування, в яких встановлені конденсатори для компенсації реактивної потужності і вимикач навантаження ВН-РА або роз'єднувач РВз.

Конденсаторні установки з автоматичним регулюванням являють собою камери збірні одностороннього обслуговування, в яких встановлені конденсатори для компенсації реактивної потужності, вакуумний вимикач ВВ/TEL і мікропроцесорний регулятор реактивної потужності DGRJ або DGRK. Регулятор потужності застосовується для керування регульованою конденсаторною установкою з метою компенсації реактивної складової потужності чи підтримання реактивної потужності заданого рівня і знаку. Він може функціонувати в автономному режимі чи в складі автоматизованої системи керування компенсацією реактивної потужності.

Тиристорні конденсаторні установки здійснюють компенсацію реактивної потужності споживачів з різко змінним навантаженням.

##### 4.1 Конденсаторні установки фірми ZEZ SILKO (Чеська республіка)

У високовольтних конденсаторних установках застосовуються конденсатори типу CPEFS фірми «ZEZ SILKO» виробництва Чехії. Для керування та вимірювання встановлено мікропроцесорний регулятор реактивної потужності типу «DGRJ чи DGRK» фірми «LOVATO ELEKTRIK». Комутаційними апаратами керування КУ є вакуумні вимикачі типу ВВ/TEL фірми «ТАВРИДА ЕЛЕКТРИК» виробництва України. На замовлення можливе застосування конденсаторів і мікропроцесорний регулятор інших виробників.

Конденсаторні установки складаються з однієї, двох або більше камер, сполучених між собою. В установках застосовується природна та примусова вентиляція.

Установки конденсаторні призначені для підвищення коефіцієнта потужності електроустановок промислових підприємств і розподільних мереж напругою 6-10 кВ частоти 50 Гц. Номінальна напруга 6-12 кВ.

Тип SCB – нерегульовані, зовнішнього та внутрішнього виконання.

Тип ACB – автоматично регульовані, зовнішнього та внутрішнього виконання.

**Таблиця 4.1 - Технічна характеристика і габаритні розміри конденсаторних установок ZEZ SILKO**

Потужність номінальна, квар	Напруга номінальна, кВ	Кількість конденсаторів	Базова ступінь, квар	Габаритні розміри, мм
25	10 (6)	1	25	800x800x1900
50	10 (6)	1	50	800x800x1900
75	10 (6)	1	75	800x800x1900
100	10 (6)	1	100	800x800x1900
150	10 (6)	1	150	800x800x1900
200	10 (6)	1	200	800x800x1900
250	10 (6)	1	250	800x800x1900
300	10 (6)	1	300	800x800x1900
400	10 (6)	1	400	800x800x1900
450	10 (6)	1	450	800x800x1900
500	10 (6)	1	500	800x800x1900
600	10 (6)	2	300	800x800x1900x2
700	10 (6)	2	350	800x800x1900x2
800	10 (6)	2	400	800x800x1900x2
900	10 (6)	2	450	800x800x1900x2
1000	10 (6)	2	500	800x800x1900x2
1200	10 (6)	3	400	800x800x1900x3
1350	10 (6)	3	450	800x800x1900x3
1500	10 (6)	3	500	800x800x1900x3
1600	10 (6)	4	400	800x800x1900x3

#### 4.2 Нерегульовані високовольтні конденсаторні установки типу УКЛ

На рисунку 4.1 зображено загальний вигляд і компоновка електрообладнання нерегульованої КУ типу УКЛ.

Структура умовного позначення:

УКЛ Х-Х-Х УЗ

УК - установка конденсаторна;

Л - розміщення комірки - лівосторонній ввід;

Х - варіант виконання:

56 - з роз'єднувачем;

57- без роз'єднувача;

Х - номінальна напруга, кВ ( 6,3 чи 10,5 );

Х - номінальна потужність, квар;

УЗ - кліматичне виконання і категорія розміщення за ДСТ 15150.



**Рисунок 4.1 - Загальний вигляд високовольтної нерегульованої конденсаторної установки типу УКЛ**

Конденсаторні установки складаються з комірки вводу і конденсаторних комірок, кількість яких залежить від потужності установки. Комірки з'єднані між собою електрично збірними шинами і механічно - болтовими з'єднаннями. З'єднання виводів конденсаторів із шинами виконується гнучкими перемічками.

У комірці вводу установки розміщена комутуюча електрична апаратура, передбачено уведення знизу кабелем (за наявності роз'єднувача).

Установки можуть виконуватися у двох варіантах:

- із захистом від перевантаження струмами вищих гармонік;
- без захисту від перевантаження струмами вищих гармонік.

Технічні характеристики нерегульованих КУ типу УКЛ наведені в таблиці 4.7.



Таблиця 4.2 - Технічні характеристики нерегульованих КУ типу УКЛ

Параметр	Позначення типу конденсаторної установки							
	УКЛ56-6,3-450 УЗ	УКЛ57-6,3-450 УЗ	УКЛ56-6,3-900 УЗ	УКЛ57-6,3-900 УЗ	УКЛ56-10,5-450 УЗ	УКЛ57-10,5-450 УЗ	УКЛ56-10,5-900 УЗ	УКЛ57-10,5-900 УЗ
Номинальна напруга, кВ	6,3				10,5			
Номинальна потужність, квар	450		900		450		900	
Кількість конденсаторних банок, шт	1		2		1		2	
Номинальний струм, А	42		83		25		50	
Маса, кг	670	506	955	791	670	506	955	791

Установки призначені для експлуатації у закритих приміщеннях в умовах:

- інтервал температур від мінус 40 °С до плюс 40 °С;
- відносна вологість повітря до 80% при температурі 20° С;
- висота над рівнем моря не більш 1000 м;
- навколишнє середовище не вибухонебезпечне, без струмопровідного пилу, агресивних газів і парів у концентраціях, що руйнує метали й ізоляцію.

#### 4.3 Автоматичні конденсаторні установки напругою (6) 10 кВ типу УКРМ

Автоматичні конденсаторні установки напругою (6) 10 кВ типу УКРМ призначені для роботи в мережах зі змінним навантаженням. У цих пристроях встановлено мікропроцесорний контролер, який автоматично вибирає потрібну ступінь компенсації при даному навантаженні. Це забезпечує нормальну роботу в години мінімального та максимального навантаження, а також виключає перекомпенсацію реактивного навантаження.

Конденсаторні установки напругою (6) 10 кВ складаються з ввідної високовольтної комірки у зварному металевому корпусі та комірки з високовольтними конденсаторами, сполученими між собою. Ввідна комірка складається з ввідного роз'єднувача з приводом і вакуумного вимикача. У цій комірці розташовані блоки релейного захисту та автоматики й регулятор реактивної потужності, а також амперметри, вольтметри і лампи індикації. В іншій комірці розташовані високовольтні конденсатори, контактори і запобіжники. Технічні характеристики автоматичних КУ типу УКРМ наведені в таблиці 4.3.

Таблиця 4.3 - Технічні характеристики автоматичних КУ типу УКРМ

Позначення конденсаторної установки	Потужність установки, квар	Потужність постійної частини, кар	Крок регулювання
УКРМ-6,3(10,5)-450 (2x225) УЗ	450	-	225
УКРМ-6,3(10,5)-450-(3x150) УЗ			150
УКРМ-6,3(10,5)-750-(5x150) УЗ	750		
УКРМ-6,3(10,5)-900-(4x225) УЗ	900		225
УКРМ-6,3(10,5)-900-(2x450) УЗ			450
УКРМ-6,3(10,5)-900-(3x300) УЗ			300
УКРМ-6,3(10,5)-900-(450+2x225) УЗ		450	225
УКРМ-6,3(10,5)-900-(450+3x150) УЗ	150		
УКРМ-6,3(10,5)-1125-(5x225) УЗ	1125	-	225
УКРМ-6,3(10,5)-1350-(3x450) УЗ	1350		450
УКРМ-6,3(10,5)-1350-(450+4x225) УЗ		450	225
УКРМ-6,3(10,5)-1350-(900+2x225) УЗ			450
УКРМ-6,3(10,5)-1350-(450+3x300) УЗ			300
УКРМ-6,3(10,5)-1350-(900+2x225) УЗ			900
УКРМ-6,3(10,5)-1350-(900+3x150) УЗ			150
УКРМ-6,3(10,5)-1500-(5x300) УЗ	1500	-	300



YKPM-6,3(10,5)-1800- (450x4) Y3	1800	450	450
YKPM-6,3(10,5)-1800- (900+3x300) Y3		900	300
YKPM-6,3(10,5)-1800- (900+4x225) Y3			225
YKPM-6,3(10,5)-1800- (900+2x450) Y3			450
YKPM-6,3(10,5)-1800- (1350+2x225) Y3		1350	225
YKPM-6,3(10,5)-1800- (1350+3x150) Y3			150
YKPM-6,3(10,5)-2250- (5x450) Y3	2250	-	450
YKPM-6,3(10,5)-2250- (900+3x450) Y3		900	
YKPM-6,3(10,5)-2250- (1350+4x225) Y3		1350	225
YKPM-6,3(10,5)-2250- (1350+2x450) Y3			450
YKPM-6,3(10,5)-2250- (1350+3x300) Y3			300
YKPM-6,3(10,5)-2250- (1800+2x225) Y3		1800	225
YKPM-6,3(10,5)-2250- (1800+3x150) Y3			150
YKPM-6,3(10,5)-2700- (1350+3x450) Y3	2700	1350	450

УКРМ-6,3(10,5)-2700-( 1800+2x450) УЗ		1800	
УКРМ-6,3(10,5)-2700-( 1800+4x225)УЗ			225
УКРМ-6,3(10,5)-2700-( 1800+3x300)УЗ,			300
УКРМ-6,3(10,5)-2700-( 2250+2x225)УЗ		2250	225
УКРМ-6,3(10,5)-2700-( 2250+3x150)УЗ			150
УКРМ-6,3(10,5)-3150-( 1800+3x450)УЗ	3150	1800	450
УКРМ-6,3(10,5)-3150-( 2250+2x450)УЗ		2250	
УКРМ-6,3(10,5)-3150-( 2700+2x225)УЗ		2700	225
УКРМ-6,3(10,5)-3150-( 2700+3x150)УЗ			150
УКРМ-6,3(10,5)-3600-( 2700+2x450)УЗ	3600		450

#### 4.4 Технічні характеристики і габарити регульованих КУ типу УКРЛ

Таблиця 4.4 - Технічні параметри і габарити регульованих КУ типу УКРЛ

Тип установки	Нап- руга, кВ	Потуж- ність, квар	Потужність мінімальної ступені регулювання, квар	Розмір габаритів, мм			Вага, кг
				дов- жина	ши- рина	висо- та	
УКРЛ56-6,3-150-50 У1	6,3	150	50	2285	965	2220	1140
УКРЛ56-6,3-225-75 У1		225	75				
УКРЛ56-6,3-300- 100 У1		300	100				
УКРЛ56-6,3-450- 150 У1		450	150				
УКРЛ56-6,3-600- 200 У1		600	200				
УКРЛ56-6,3-675- 225 У1		675	225				
УКРЛ56-6,3-900- 300 У1		900	300				
УКРЛ56-6,3-900- 450 У1			450				
УКРЛ56-6,3-1350- 450 У1		1350					
УКРЛ56-6,3-1800- 450 У1		1800	900	3185			1685
УКРЛ56-6,3-1800- 900 У1				2285			1140
УКРЛ56-6,3-2250- 450 У1		2250	450	3185			1685
УКРЛ56-6,3-2700- 450 У1		2700		4085			2230
УКРЛ56-6,3-2700- 900 У1			900	3185			1685
УКРЛ56-6,3-3150- 450 У1		3150	450	4085			2230
УКРЛ56-6,3-3600- 450 У1		3600		4985			2775
УКРЛ56-6,3-3600- 900 У1			900	4085			2230
УКРЛ56-6,3-4050- 450 У1		4050	450	4985			2775

УКРЛ56-6,3-4500-450 У1		4500		5885		3320
------------------------	--	------	--	------	--	------

УКРЛ56-6,3-4500-900 У1	6,3		900	4985		2775
УКРЛ56-6,3-4950-450 У1		4950	450	5885		3320
УКРЛ56-6,3-5400-450 У1		5400		6785		3865
УКРЛ56-6,3-5400-900 У1			900	5885		3320
УКРЛ56-6,3-5850-450 У1		5850	450	6785		3865
УКРЛ56-6,3-6300-450 У1		6300		7685		4410
УКРЛ56-6,3-6300-900 У1			900	6785		3865
УКРЛ56-6,3-6750-450 У1		6750	450	7685		4410
УКРЛ56-6,3-7200-450 У1		7200		8585		4955
УКРЛ56-6,3-7200-900 У1			900	7685		4410
УКРЛ56-6,3-7650-450 У1		7650	450	8585		4955
УКРЛ56-6,3-8100-450 У1		8100		9485		5500
УКРЛ56-6,3-8100-900 У1			900	8585		4955
УКРЛ56-10,5-150-50 У1	10,5	150	50	2285	1140	
УКРЛ56-10,5-225-75 У1		225	75			
УКРЛ56-10,5-300-100 У1		300	100			
УКРЛ56-10,5-450-150 У1		450	150			
УКРЛ56-10,5-600-200 У1		600	200			
УКРЛ56-10,5-675-225 У1		675	225			
УКРЛ56-10,5-900-300 У1		900	300			
УКРЛ56-10,5-900-450 У1			450			

УКРЛ56-10,5-1350-450 У1		1350				
УКРЛ56-10,5-1800-450 У1		1800		3185		1685
УКРЛ56-10,5-1800-900 У1			900	2285		1140

УКРЛ56-10,5-2250-450 У1		2250		3185		1685
УКРЛ56-10,5-2700-450 У1			450	4085		2230
УКРЛ56-10,5-2700-900 У1		2700	900	3185		1685
УКРЛ56-10,5-3150-450 У1		3150		4085		2230
УКРЛ56-10,5-3600-450 У1			450	4985		2775
УКРЛ56-10,5-3600-900 У1		3600	900	4085		2230
УКРЛ56-10,5-4050-450 У1		4050		4985		2775
УКРЛ56-10,5-4500-450 У1			450	5885		3320
УКРЛ56-10,5-4500-900 У1		4500	900	4985		2775
УКРЛ56-10,5-4950-450 У1		4950		5885		3320
УКРЛ56-10,5-5400-450 У1			450	6785		3865
УКРЛ56-10,5-5400-900 У1		5400	900	5885		3320
УКРЛ56-10,5-5850-450 У1		5850		6785		3865
УКРЛ56-10,5-6300-450 У1			450	7685		4410
УКРЛ56-10,5-6300-900 У1		6300	900	6785		3865
УКРЛ56-10,5-6750-450 У1		6750		7685		4410
УКРЛ56-10,5-7200-450 У1			450	8585		4955
УКРЛ56-10,5-7200-900 У1		7200	900	7685		4410
УКРЛ56-10,5-7650-450 У1		7650	450	8585		4955

УКРЛ56-10,5-8100-450 У1		8100		9485		5500
УКРЛ56-10,5-8100-900 У1			900	8585		4955
УКРЛ56-10,5-8550-450 У1		8550	450	9485		5500
УКРЛ56-10,5-9000-450 У1		9000		10385		6045
УКРЛ56-10,5-9000-900 У1			900	9485		5500

Аналіз показує, що підвищення коефіцієнта потужності навантаження від 0,9 до 0,99 знижує струм в лінії живлення в межах до 3%, в той час як потужність конденсаторної установки зростає майже удвічі, а відповідно збільшується її вартість. Тобто, оптимальні значення коефіцієнта потужності для конденсаторних установок 6,3 (10,5) кВ будуть в інтервалі 0,9...0,93 при забезпеченні автоматичного керування КУ.

Під час вибору конденсаторних установок 6,3 (10,5) кВ слід виконувати експертну діагностику мережі щодо нелінійних спотворень струму і напруги, причому аналізувати спотворення струму потрібно для гармонік вищих порядків.

Установки можуть комплектуватися конденсаторами європейських виробників.

Конденсатори плівкові (діелектрик – поліпропіленова плівка).

Наповнювач М/DBT не містить ПХБ, не токсичний, безпечний для навколишнього середовища.

Вбудовані резистори – розряд конденсаторів протягом 10 хв.

Величина тривалого перевантаження по струмах основної та вищих гармонік – 1,43...1,58  $I_{ном}$ .

Термін служби – не менше 219 000 годин (25 років) або 260 000 годин (30 років).

Максимальний піковий ударний струм – 100...200  $I_{ном}$ .

Сумарні втрати в конденсаторах (включно з резисторами) – 0,08...15 Вт / квар.

На замовлення можуть бути вбудовані запобіжники і датчики тиску. Установки компенсації реактивної потужності 6 (10) кВ можуть комплектуватися також конденсаторами спеціального виконання для експлуатації в умовах високих спотворень показників якості електроенергії без застосування антирезонансних реакторів.

### Регулятори НОВАР

Виробник – КМВ-Systems (Чехія).

Кількість ступенів: 6, 8, 14.

Відображення поточного  $\cos\phi$ , струму навантаження, напруги, непарних гармонік до 19-ї, кількості увімкнень кожного ступеня.

Електричний захист, блокування, сигналізація ненормальних режимів.

Контроль температури і дистанційне увімкнення вентилятора.

Температурний діапазон - 40 °C ... + 60 °C.

Можливість регулювання по усередненому струму 3-х фаз.

Можливість дистанційного керування установками, віддаленими від регулятора, за допомогою інтерфейсу RS-485.



**Вакуумні контактори**

Виробник – АВВ (Швеція).

Максимальна кількість комутаційних циклів – 300 тис.

Максимальна потужність комутуваного конденсатора – до 2000 квар.

Спеціальна конструкція вакуумних камер зі струмообмежувальною дією і зменшеним струмом зрізу.

Наявність як «викочування», так і стаціонарного виконання;

Можливість керування приводом на різних напругах (від 24 VDC до 220 VAC).

Можливість поставки контакторів з вбудованими високовольними запобіжниками.

**Реактори**

Для зниження «пускових» струмів застосовують спеціалізовані струмообмежувальні реактори (розрахунок необхідної індуктивності проводиться індивідуально для кожного Замовника). Необхідна індуктивність розраховується для зниження пускового струму конденсатора до максимально допустимої величини.

Технічні характеристики регульованих і нерегульованих конденсаторних установок типу УКРЛ(П) високої напруги з реакторами наведені в таблицях 4.5, 4.6.

**Таблиця 4.5 - Параметри регульованих конденсаторних установок високої напруги типу УКРЛ(П) – 6,3(10,5)**

Тип установки	$U_{ном}$ , кВ	Номинальні потужності, квар	
		$Q_{ном}$	$Q_{min}$
УКРЛ(П)56-6,3-900-300	6,3	900	300
УКРЛ(П)56-10,5-900-300	10,5		
УКРЛ(П)56-6,3-1000-200	6,3	1000	200
УКРЛ(П)56-10,5-1000-200	10,5		
УКРЛ(П)57-6,3-900-300	6,3	900	300
УКРЛ(П)57-10,5-900-300	10,5		
УКРЛ(П)57-6,3-1000-200	6,3	1000	200
УКРЛ(П)57-10,5-1000-200	10,5		

**Таблиця 4.6 - Параметри нерегульованих конденсаторних установок високої напруги типу УКРЛ(П) – 6,3(10,5)**

Тип установки	$U_{ном}$ , кВ	$Q_{ном}$ , квар
УКРЛ(П)56-6,3-450 УЗ	6,3	450
УКРЛ(П)56-6,3-900 УЗ	6,3	900
УКРЛ(П)56-6,3-1350 УЗ	6,3	1350
УКРЛ(П)56-6,3-1800 УЗ	6,3	1800

УКРЛ(П)56-6,3-2250 УЗ	6,3	2250
УКРЛ(П)56-6,3-2700 УЗ	6,3	2700
УКРЛ(П)56-6,3-3150 УЗ	6,3	3150
УКРЛ(П)56-10,5-450 УЗ	10,5	450
УКРЛ(П)56-10,5-900 УЗ	10,5	900
УКРЛ(П)56-10,5-1350 УЗ	10,5	1350
УКРЛ(П)56-10,5-1800 УЗ	10,5	1800
УКРЛ(П)56-10,5-2250 УЗ	10,5	2250
УКРЛ(П)56-10,5-2700 УЗ	10,5	2700
УКРЛ(П)56-10,5-3150 УЗ	10,5	3150

Таблиця 4.7 - Шунтові конденсаторні батареї високої напруги

Номиналь- на напруга, кВ	3 конденсаторами КС2-1,05-60			3 конденсаторами КС2-1,05-125		
	Потужність, Мвар		Розрахун- кова вартість, тис. ум. од.	Потужність, Мвар		Розрахун- кова вартість, тис.ум. од
	встанов- лена	наявна		встанов- лена	наявна	
6	2,9	2,4	18	6,0	4,9	24
10	5,0	3,8	30	10,5	7,9	40
35	17,3	13,5	100	36,0	28,0	130
110	52,0	44,5	290	108,0	93,0	390

#### 4.5 Технічні характеристики конденсаторних установок низької напруги типу УКРМ

Таблиця 4.8 – Параметри регульованих конденсаторних установок низької напруги типу УКМ-0,4

Тип установки	Номинальні потужності, квар	
	$Q_{ном}$	$Q_{min}$
УКМ58-0,4-75-25 УЗ	75	25
УКМ58-0,4-100-20 УЗ	100	20
УКМ58-0,4-100-25 УЗ		25
УКМ58-0,4-100-33,3 УЗ		33,3
УКМ58-0,4-100-50 УЗ		50
УКМ58-0,4-112,5-37,5 УЗ	112,5	37,5
УКМ58-0,4-125-25 УЗ	125	25
УКМ58-0,4И 33-33,3 УЗ	133	33,3
УКМ58-0,4-150-25 УЗ	150	25

УКМ58-0,4-150-37,5 УЗ		37,5
УКМ58-0,4-150-50 УЗ		50
УКМ58-0,4-167-33,3 УЗ	167	33,3
УКМ58-0,4-180-30 УЗ	180	30
УКМ58-0,4-200-25 УЗ		25
УКМ58-0,4-200-33,3 УЗ	200	33,3
УКМ58-0,4-200-50 УЗ		50
УКМ58-0,4-225-25 УЗ		25
УКМ58-0,4-225-37,5 УЗ	225	37,5
УКМ58-0,4-233-33,3 УЗ	233	33,3
УКМ58-0,4-250-25 УЗ	250	
УКМ58-0,4-275-25 УЗ	275	25
УКМ58-0,4-300-33,3 УЗ		33,3
УКМ58-0,4-300-50 УЗ	300	50
УКМ58-0,4-333-33,3 УЗ	333	33,3
УКМ58-0,4-337,5-37,5 УЗ	337,5	37,5
УКМ58-0,4-360-30 УЗ	360	30
УКМ58-0,4-375-25 УЗ	375	25
УКМ58-0,4-400-33,3 УЗ		33,3
УКМ58-0,4-400-50 УЗ	400	
УКМ58-0,4-450-50 УЗ	450	
УКМ58-0,4-500-50 УЗ	500	
УШ58-0,4-550-50 УЗ	550	
УКМ58-0,4-600-50 УЗ	600	

**Таблиця 4.9 – Параметри нерегульованих конденсаторних установок низької напруги типу УК-0,4**

Тип установки	$Q_{\text{ном}}$ , квар	$Q_{\text{к}}$ , квар	$n_{\text{к}}$	$n_{\text{в}}$
УК1-0,4-20 УЗ	20	20	1	1
УК1 -0,4-50 УЗ	50	50		
УК1-0,4-75 УЗ	75	75		
УК2-0,4-100 УЗ	100	50	2	2
УК2-0,4-120 УЗ	120	60		
УК2-0,4-150УЗ	150	75		
УК3-0,4-150УЗ		50	3	3
УК3-0,4-180УЗ	180	60		
УК3-0,4-225УЗ	225	75		
УК4-0,4-240 УЗ	240	60	4	4
УК4-0,4-300 УЗ	300	75		

## 5 ТЕХНІЧНІ ХАРЕКТЕРИСТИКИ РЕАКТОРІВ

### 5.1 Буквенні позначення

Реактор.....	Р
Струмообмежувальний.....	Т
Охолодження оливне.....	М
Охолодження природне.....	Б
Охолодження повітряне чи повітряне з дугтям.....	Д
Трифазний/однофазний.....	Т/О
Здвоєний.....	С
Зовнішнього встановлення.....	Н

### 5.2 Характеристики шунтових і струмообмежувальних реакторів

Таблиця 5.1 – Шунтові реактори напругою 6 – 750 кВ

Тип	$U_{ном}$ , кВ	$I_{ном}$ , А	$S_{ном}$ , МВ·А	$P$ , кВт
<i>Трифазні</i>				
РТД	38,5	300	20	120
РТМ	11	170	3,3	40
РТМ	6,6	290	3,3	40
<i>Однофазні</i>				
РОДЦ	787/ 525/	242 198	110 60	3x320 3x150 і 3x106
РОДБС	121/	475	33,3	3x180
РОМ	38,5/	1350	30	3x180
РОМ	1,1/ 6,6/	173 288	1,1 1,1	3x20 3x20

Таблиця – Струмообмежувальні реактори напругою 110 – 220 кВ

Тип	$U_{ном}$ , кВ	$I_{ном}$ , А	$S_{ном}$ , МВ·А	$X_R$ , %	$X$ , Ом	Струм стійкості	
						термічний, кА/с	електро- динамічний, кА
ТОРМТ-110-1350-15	110/	1350	86	15	774	31,6	25,0
ТОРМ-220-324-12	220/	324	41	12	4678	—	—

## 6 ТЕХНІКО – ЕКОНОМІЧНІ ПОКАЗНИКИ ЕЛЕМЕНТІВ ЕЛЕКТРИЧНОЇ МЕРЕЖІ

### 6.1 Розрахункова вартість спорудження повітряних ліній електропередавання

Таблиця 6.1 - Вартість спорудження повітряних ліній напругою 35 кВ, тис. ум. од./км

Опори	Район за ожеледдю	Проводи сталевалюмінієві перерізом, мм <sup>2</sup>			
		70/11	95/16	120/19	150/24
Стальні одноколові	I	12,2	12,4	13,1	13,3
	II	14,4	14,1	14,1	14,3
	III	16,5	16,0	16,0	17,7
	IV	18,2	17,8	17,4	21,3
Стальні двоколові	I	17,3	18,1	19,2	19,5
	II	20,1	20,1	20,4	21,4
	III	24,2	24,2	25,2	25,5
	IV	27,2	27,2	28,9	29,3
Стальні двоколові з підвішуванням однієї лінії	I	15,4	15,7	16,2	16,2
	II	17,9	17,3	17,3	17,5
	III	21,5	20,8	21,4	20,9
	IV	24,2	23,4	23,7	24,0
Залізобетонні одноколові	I	—	9,4	10,3	10,9
	II	—	10,6	10,8	11,2
	III	—	12,2	12,3	12,3
	IV	—	13,7	13,6	13,4
Залізобетонні двоколові	I	—	15,3	14,1	14,8
	II	—	16,7	14,5	15,3
	III	—	19,5	17,3	17,8
	IV	—	21,7	18,8	19,1
Залізобетонні двоколові з підвішуванням двох ліній	I	—	12,8	11,4	11,7
	II	—	13,9	11,7	12,2
	III	—	16,6	14,0	14,1
	IV	—	18,4	15,2	15,1
Дерев'яні двостоякові безгросові	I	5,0	5,4	5,9	6,7
	II	5,5	5,8	6,0	6,8
	III	6,0	6,3	6,4	7,1
	IV	6,7	6,8	6,9	7,5

Таблиця 6.2 - Вартість спорудження повітряних ліній напругою 110 кВ, тис. ум. од./км

Опори	Район за ожеледдю	Проводи сталевалюмінієві перерізом, мм <sup>2</sup>					
		70/11	95/16	120/19	150/24	185/29	240/32
Стальні одноколові	I	14,5	14,8	15,6	16,0	17,4	18,7
	II	16,5	16,4	16,9	16,9	18,0	18,8
	III	19,4	19,1	19,0	19,0	19,7	20,0
	IV	21,5	20,6	20,6	20,6	21,0	21,7
Стальні двоколові	I	21,6	22,1	23,7	24,6	27,8	30,6
	II	24,6	24,4	25,2	25,7	28,5	30,7
	III	29,2	28,2	28,3	28,6	30,4	32,1
	IV	32,8	30,8	31,0	31,6	31,8	34,4
Стальні двоколові з підвішуванням одного кола	I	19,5	19,4	20,8	21,2	23,3	24,8
	II	22,2	21,5	22,0	22,0	24,0	24,9
	III	26,4	24,8	25,8	25,4	26,8	27,3
	IV	28,7	27,1	27,0	27,2	28,0	29,2
Залізобетонні одноколові	I	10,5	11,1	10,8	11,5	12,6	14,0
	II	12,0	12,0	11,4	11,7	12,9	14,0
	III	14,6	14,3	13,1	13,2	13,8	15,1
	IV	16,5	15,9	14,4	14,1	15,3	16,6
Залізобетонні двоколові	I	15,8	16,9	17,0	20,0	22,0	24,0
	II	17,8	17,8	18,1	20,0	22,0	24,0
	III	21,4	21,0	20,4	22,2	23,6	25,0
	IV	24,4	23,3	22,2	23,9	25,2	27,0
Залізобетонні двоколові з підвішуванням двох кіл	I	13,7	14,3	14,1	16,6	17,3	18,4
	II	15,5	15,1	15,0	16,6	17,3	18,4
	III	18,6	17,8	16,9	18,4	18,6	19,2
	IV	21,2	19,7	18,4	19,8	19,9	20,8
Дерев'яні двостоякові безтросові	I	4,9	5,4	5,6	6,5	7,2	—
	II	5,2	5,5	5,7	6,6	7,2	—
	III	5,7	6,0	6,2	8,8	7,5	—
	IV	6,2	6,6	6,9	7,4	7,9	—



Таблиця 6.3 -Вартість спорудження повітряних ліній напругою 220 і 330 кВ, тис. ум. од./км

Опори	Район за ожеледдю	220 кВ			330 кВ		
		Проводи сталесалюмінієві перерізом, мм <sup>2</sup>					
		240/32	300/39	400/51	2×240/32	2×300/39	2×400/51
Стальні одноколові	I-II	21,0	21,6	23,8	37,3	38,5	42,5
	III	22,9	23,1	25,0	39,6	40,8	44,0
	IV	24,	24,7	26,6	41,4	42,7	45,0
Стальні двоколові	I-II	34,	36,2	41,3	70,	74,0	80,2
	III	37,8	38,7	42,8	73,8	77,5	82,4
	IV	40,6	41,1	44,5	77,2	81,0	84,0
Стальні двоколові з підвішуванням одного кола	I-II	28,8	29,5	31,0	55,5	57,0	59,4
	III	31,1	31,4	31,9	59,7	61,2	61,7
	IV	33,1	33,3	33,5	61,7	63,2	65,1
Залізобетонні одноколові	I-II	16,	17,3	19,4	33,1	35,0	38,0
	III	17,3	18,2	20,0	34,8	36,	39,6
	IV	18,9	19,2	21,8	36,6	38,6	40,4
Залізобетонні двоколові	I-II	27,8	30,0	33,8	-	-	-
	III	30,6	31,2	35,0	-	-	-
	IV	33,2	33,8	39,0	-	-	-

## 6.2 Вартість силових трансформаторів

Таблиця 6.4 – Вартість трансформаторів з вищою напругою 35 кВ, тис. ум. од.

Потужність, МВ·А	Трансформатори двообмоткові					
	без РПН		з РПН		з розщепленою обмоткою НН і РПН	
	транс- фор- матора	розрахун- кова	трансфор- матора	розра- хун- кова	транс- фор- матора	розрахун- кова
0,1	1	1,6	-	-	-	-
0,16	1,3	2,2	-	-	-	-
0,25	1,7	2,9	-	-	-	-
0,4	2,3	4,3	6,3	8,8	-	-
0,63	3,1	6,4	8,3	11,6	-	-
1,0	4,0	9,3	11,0	15,4	-	-
1,6	5,0	10,1	12,0	16,7	-	-
2,5	7,0	12,2	15,0	21,2	-	-
4,0	9,0	15,2	18,0	25,7	-	-
6,3	11,0	19	21,0	30,5	-	-
10	16	24	30	41,8	-	-
16	24	34	49	61,2	-	-
25	-	-	-	-	62	77
32	-	-	-	-	70	86
40	-	-	-	-	79	96
63	-	-	-	-	107	130

Таблиця 6.5 - Вартість трансформаторів з вищою напругою 110 кВ, тис. ум. од.

Потуж- ність, МВ·А	Трансформатори двообмоткові						Трансформатори триобмоткові з РПН	
	без РПН		з РПН		з розщепленою обмоткою НН і РПН			
	транс- фор- матор а	роз- ра- хун- кова	транс- фор- матора	роз- ра- хун- кова	транс- фор- матора	роз- ра- хун- кова	транс- фор- матора	роз- ра- хун- кова
2,5	-	-	26	35	-	-	-	-
6,3	-	-	36	49	-	-	42	57
10	-	-	40	54	-	-	51	67
16	-	-	48	63	-	-	62	79
25	-	-	-	-	66	84	72	91
40	-	-	-	-	88	109	94	117
63	-	-	-	-	110	136	126	154

<b>80</b>	114	144	-	-	126	157	137	166
<b>125</b>	140	171	-	-	196	244	-	-
<b>200</b>	222	263	-	-	-	-	-	-
<b>250</b>	255	302	-	-	-	-	-	-
<b>400</b>	373	438	-	-	-	-	-	-

**Таблиця 6.6 - Вартість трансформаторів і автотрансформаторів з вищою напругою 220 кВ, тис. ум. од.**

Потужність , МВ·А	Трансформатори						Автотрансфор- матори з РПН	
	Двообмоткові				Триобмоткові з РПН			
	без РПН		з розщепленою обмоткою НН і РПН					
	транс- фор- матор а	розра- хун- кова	транс- фор- матор а	розра- хун- кова	транс- фор- матор а	розра- хун- кова	транс- фор- матора	розра- хун- кова
25	-	-	-	-	115	148	-	-
40	-	-	140	169	130	165	-	-
63	-	-	157	193	-	-	159	201
80	152	189	-	-	-	-	-	-
100	-	-	220	265	-	-	-	-
125	186	231	-	-	-	-	200	253
160	-	-	269	323	-	-	-	-
200	253	307	-	-	-	-	270	332
250	284	343	-	-	-	-	324	396
400	389	469	-	-	-	-	-	-
630	574	692	-	-	-	-	-	-
1000	740	892	-	-	-	-	-	-

### 6.3 Вартість розподільних пристроїв підстанцій

Таблиця 6.7 - Відкриті розподільні пристрої напругою 35 - 330 кВ, виконані за блочними схемами і схемами містків

Схема ВРП		Номер типової схеми	Вартість, тис. ум. од., за напруги, кВ				
			35	110	150	220	330
Блок лінії - трансформатор	з роз'єднувачем	1	2,4	11,5	14	18,9	21.0
	із запобіжником	2	2,7	-	-	-	-
	з вимикачем	-	5,4	36	61	79	-
Місток з вимикачами в перекладці і колах трансформаторів		-	-	120	200	280	-

Таблиця 6.8 - Комірки ВРП напругою 35-750 кВ з вимикачами (для схем з кількістю вимикачів більше трьох)

Напруга, кВ	Розрахункова вартість комірки з вимикачем, тис. ум. од.			
	повітряним		оливним	
	з відмикаючим струмом, кА			
	до 40	більше 40	до 30	більше 30
35	14	29	9	20
110	42	57	35	43
150	70	-	-	-
220	85	130	90	105
220	110	-	115	-
330	160	300	-	-
500	260	380	-	-
750	700	850	-	-
750	810	-	-	-

Таблиця 6.9 - Постійна частина витрат на підстанції напругою 35 – 750 кВ, тис. ум. од.

Напруга, кВ	Електрична схема підстанції з боку ВН	Всього постійна частина витрат	Складові витрат						
			Підготовка та благоустрій території	Пункт керування підстанцією, власні потреби	Компресорна	Під'їзні та внутрішні дороги	Засоби зв'язку та телемеханіки	Зовнішні мережі (водопостачання, каналізація)	Інші витрати
35/10	Без вимикачів	60	10	4	-	5	30	3	8
	З вимикачами (на змінному оперативному струмі )	70	10	12	-	5	30	3	10
	З вимикачами (на постійному оперативному струмі)	105	15	30	-	5	35	5	15
110/10	Без вимикачів	130	25	35	-	20	30	5	15
	Місток	210	35	60	-	25	50	10	30
	Збірні шини	290	50	80	-	30	75	20	35
110/35/10	Без вимикачів	170	25	45	-	25	45	10	20
	Місток	250	40	70	-	30	55	20	35
	Збірні шини	320	50	90	-	35	80	25	40
220/10 або 220/35/10	Без вимикачів	240	30	40	-	30	80	25	35
	Місток	360	50	70	20	25	110	25	60
	Чотирикутник, збірні шини	460	60	90	25	40	135	30	80
220/110	Без вимикачів	400	70	90	-	35	100	35	70
	Місток, чотирикутник	520	80	115	35	45	120	40	85
	Збірні шини	750	110	185	35	70	190	60	100
330	Чотирикутник	1160	200	220	55	130	240	175	140
	Трансформатори - шини	1750	260	290	70	210	360	300	260
	Півторашна	2100	280	320	70	260	540	340	290
500	Чотирикутник	2400	340	380	80	400	430	440	330
	Трансформатори - шини	2800	380	420	80	450	640	460	370
	Півторашна	4100	560	600	100	640	900	700	600
750	Півторашна	6800	1000	1250	110	1170	1110	1270	890

**Таблиця 6.10 – Пропускна здатність і гранична довжина ліній електропередавання напругою 35 – 330 кВ**

Номинальна напруга лінії, кВ	Найбільша потужність навантаження, МВт	Гранична довжина лінії, км
35	5-10	50-10
110	13-45	80-25
220	90-150	400-100
330	270-450	700-130

#### 6.4 Показники надійності електропостачання

**Таблиця 6.11 - Параметри потоку відмов  $\omega$ , відмова/рік, і середня частота планових простоювань  $\omega_{\text{п}}$ , простоювання/рік, елементів електричних мереж**

Елемент			$\omega$					$\omega_{\text{п}}$				
			За напруги, кВ									
			500	330	220	110	35	500	330	220	110	35
Повітряні лінії	одноколові і		0,4	0,5	0,6	1,1	1,4	10	12	13	15	9
	двоколові (відмова одного кола)		—	—	0,5	0,9	1,1	—	—	—	—	—
	двоколові (відмова двох кіл)		—	—	0,1	0,2	0,3	—	—	—	—	—
Трансформатори і автотрансформатори			0,04	0,04	0,02	0,02	0,01	6	6	6	6	6
Вимикачі	повітряні	в колах ПЛ	0,2	0,2	0,15	0,1	0,08	2	2	2	2	2
		в інших колах	0,08	0,07	0,06	0,05	0,04	2	2	2	2	2
	оливні	в колах ПЛ	—	—	0,07	0,03	0,02	—	—	2	2	2
		в інших колах	—	—	0,01	0,01	0,01	—	—	2	2	2
		Збірні шини		0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	1	1	1	1



Таблиця 6.12 - Середній час відновлення елементів електричних мереж  $T_B \cdot 10^{-3}$ , рік/відмова

Елемент		Напруга, кВ				
		500	330	220	110	35
Повітряні лінії	одноколові	1,7	1,3	1,1	1,0	1,0
	двоколові (відмова одного кола)	—	—	0,2	0,4	0,8
	двоколові (відмова двох кіл)	—	—	4,0	3,0	2,5
Трансформатори і автотрансформатори	за відсутності резервного трансформатора в системі	300	250	80	60	45
	за наявності резервного трансформатора в системі	—	—	25	20	10
Вимикачі		10	7	4,8	2,8	1,3
Збірні шини		0,7	0,6	0,4	0,25	0,25

Таблиця 6.13 – Коефіцієнти планових простоювань  $K_{II} \cdot 10^{-3}$  на одне коло чи одиницю обладнання, відн. один.

Елемент	Напруга				
	500	330	220	110	35
Повітряні лінії	12	9	7	5	4
Трансформатори і автотрансформатори	10	9,5	8,5	7,5	6,0
Повітряні вимикачі	40	30	20	10	5
Оливні вимикачі	—	—	8,5	6,5	2
Збірні шини (на одне приєднання)	0,7	0,6	0,4	0,2	0,2

## 6.5 Витрати на технічне обслуговування та ремонт обладнання

Таблиця 6.14 – Витрати на технічне обслуговування й ремонт елементів електричної мережі

Номинальна напруга, кВ	Норма витрат $\bar{b}_e$ , %		
	повітряні лінії	кабельні лінії	підстанції
10	3,8	2,3	4,3
35-110	1,2	–	2,4
220-750	0,9	–	2,4

Таблиця 6.15 – Норми амортизаційних відрахувань для електричних мереж

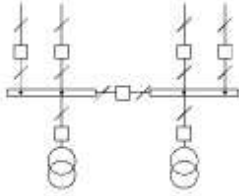
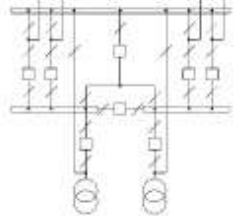
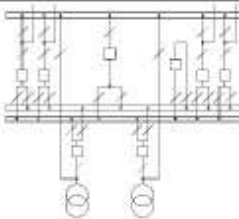
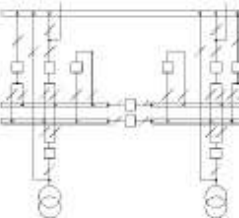
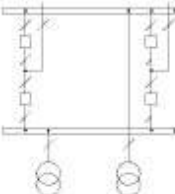
Назва елемента	Норма відрахувань, %
ПЛ 0,38 кВ на залізобетонних опорах	3,0
ПЛ 35–750 кВ	2,0
КЛ 6–10 кВ зі свинцевою оболонкою	2,0
з алюмінієвою оболонкою	4,0
з пластмасовою оболонкою	5,0
ПС 10–750 кВ електрообладнання	4,4
ПС в цілому	3,6
Мачтові КТП 6–35 кВ	6,6

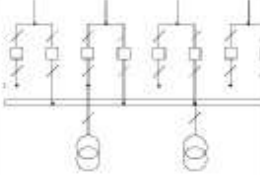
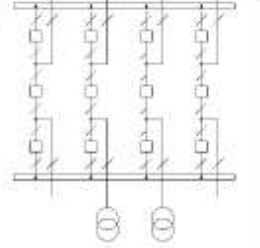
Таблиця 5.16 - Втрати на корону в повітряних лініях напругою 220 – 750 кВ

Напруга ПЛ, кВ	Номинальний переріз, мм <sup>2</sup>	Кількість проводів у фазі	$\Delta W_{\text{к max}}$ , тис. кВт·год/ км	$\Delta W_{\text{к min}}$ , тис. кВт·год/ км	$\Delta P_{\text{к max}}$ , кВт/км	$\Delta P_{\text{к min}}$ , кВт/км
220	240/32	1	24	18	2,7	2,0
	300/39	1	22	16	2,5	1,8
	400/51	1	15	11	1,7	1,3
	500/64	1	13	9	1,5	1,0
330	240/32	2	38	28	4,3	3,2
	300/39	2	30	22	3,4	2,5
	400/51	2	23	16	2,6	1,8
	500/64	2	17	12	1,9	1,4
500	300/43	3	70	50	8,0	5,7
	400/51	3	60	44	6,2	5,0
	500/64	3	43	30	4,9	3,4
750	240/56	5	140			16,0
	300/66	5	120			13,7
	400/22	5	100			11,4
	400/51	5	95			10,8
	400/93	4	160			18,3
	500/64	4	145			16,6

Таблиця 6.17 – Типові схеми розподільних устаткувань підстанцій напругою 35-750 кВ

Шифр схеми	Найменування схеми	Умовне зображення схеми	Область застосування схеми			Примітка
			Напруга, кВ	РУ	Кіль- кість ліній	
110-1 150-1 220-1 330-1	Два блоки ліній - трансформатор з роз'єд- нувачами		110-330	ВН	2	1. Тупикові ПС, розташовані в районах із забрудненою атмосферою, що живляться лініями без відгалужень. 2. Охоплення трансформатора лінійним захистом з боку живильного кінця або переси-лання телевізійно-кального імпульсу.
35-2 110-2 150-2 220-2	Два блоки ліній - трансформатор з вимикачами й неавтоматичною перемичкою з боку ліній		35-220	ВН	2	Тупикові та відгалужувальні ПС.
110-3 150-3 220-3	Місток з вимикачами в колі ліній і ремонтною перемичкою з боку ліній		110-220	ВН	2	1. Прохідні ПС за необхідності секціонування ліній. 2. При потужності трансформаторів до 63 МВ·А включно.
35-4 110-4 150-4 220-4	Місток з вимикачами в колі трансформа- торів і ремонтною перемичкою з боку трансформа- торів		35-220	ВН	2	1. Прохідні ПС, якщо необхідне секціонування ліній і збереження транзиту під час пошкодження трансформатора. 2. При потужності трансформаторів до 63 МВ·А включно.

<b>35-5</b>	Одна секціонова-на вимикачем система шин		35	ВН СН НН	3 і більше	1. На ВН вузлових ПС мереж 35 кВ та СН і НН ПС 110-220 кВ. 2. Допускається на першому етапі розвитку схеми вмикання двох ліній, по одній на кожен секцію.
<b>110-6 150-6 220-6</b>	Одна робоча, секціонова вимикачем, і обхідна системи шин		110-220	ВН СН	3-6	1. Для вузлових ПС 110-220 кВ. 2. Якщо кількість нерезервованих ліній не більша однієї на будь-якій секції.
<b>110-7 150-7 220-7</b>	Дві робочі і обхідна системи шин		110-220	ВН СН	до 12	1. Для ПС з АТ до 2х 200 (2х400) МВ·А. 2. Для ПС з АТ 4х 250 МВ·А допускається застосування двох окремих РУ (на кожен пару АТ).
<b>110-8 150-8 220-8</b>	Дві робочі, секціоновані вимикачами, і обхідна система шин з двома обхідними і двома шиноз'єднувальними вимикачами		110-220	СН	більше 12	1. За необхідності зниження струмів короткого замикання. 2. Для ПС з АТ 4х200 (4х250) МВ·А.
<b>330-9 500-9 750-9</b>	Чотирикутник		330-750	ВН	2	1. Прогідні ПС за необхідності секціонування транзитної лінії. 2. Якщо потужність трансформаторів 125 МВ·А для 220 кВ і будь-якої потужності для 330 кВ і вище.

330-10 500-10 750-10	Трансформатор і шини з приєднанням ліній через два вимикачі		330-750	ВН СН	до 4	Для вузлових ПС мереж 330-750 кВ.
	330-11 Три вимикачі на два приєднання		330	СН	Нормується за кількістю приєднань	1. Якщо кількість приєднань 8 і більше. 2. Парні лінії і трансформатори повинні вмикатися з боку різних систем шин і в різні кола.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Правила улаштування електроустановок. К. : Міненерговугілля України, 2017. 605 С.
2. Романюк Ю. Ф. Електричні системи та мережі: навч. Посібник. К. : Знання, 2007. 292 с.
3. ГКД-340000002-97. Методика определения экономической эффективности капитальных вложений в энергетику. – К. : Минэнерго Украины, 1997. – 103 с.
4. Рокотян С. С., Шапиро И. М. Справочник по проектированию электроэнергетических систем. М. : Энергоатомиздат, 1985.
5. Сегеда М. С. Електричні мережі та системи : підручник. – Львів : Вид-во нац. ун-ту “Львівська політехніка”, 2007. 488 с.
6. Стандарт підприємства. Курсовий і дипломний проекти. Вимоги до змісту та оформлення . СТП 020708555-03-99. Івано-Франківськ : ІФДТУНГ, 1999. 72 с.