

## **ПС 35/10 кВ "Дачна"**

### **1. Умови визначення оптимальної потужності БСК**

Згідно технічного завдання на розробку робочого проекту "Реконструкція обладнання ПС 35/10 кВ "Дачна" в Біляївському районі Одеської області" необхідно визначити потужність БСК 35 кВ із застосуванням плавного регулювання струму компенсації та автоматикою.

БСК з автоматичним регулюванням, як правило, використовують уставки за реактивною потужністю, косинусом або напругою. В цьому проекті обсяги КРП визначаються за критерієм мінімуму сумарних втрат активної потужності в мережах 110/35 кВ ПАТ "Одесаобленерго", при цьому проектування роботи БСК в автоматичному режимі неможливо, оскільки на даний час не існує датчиків втрат або розрахунку втрат в мережі 110/35 кВ у реальному часі. Тому проектні розрахунки обсягів КРП за критерієм мінімуму сумарних втрат передбачають розрахунок постійного значення реактивної потужності БСК.

Розрахунки оптимальних потужностей БСК повинні визначатись за нормальною схемою живлення ПС 35/10 кВ "Дачна" за різними характерними режимами (максимум-мінімум або погодинні режими за даними АСКОЕ зимового максимуму і літнього мінімуму 2016 року). Оптимальна потужність БСК буде розрахована як середнє значення оптимальних потужностей у відповідних характерних режимах.

Оскільки встановлення БСК призводить до зменшення струмів на головних живлячих ПЛ 35 кВ, то розрахунки ремонтних режимів не розглядаються.

Визначення оптимальної потужності БСК необхідно виконати на стороні 35 кВ і на стороні 10 кВ з наступним аналізом капіталовкладень і термінів окупності.

Значення оптимальної потужності БСК на стороні 10 кВ, як правило, перевищує власне реактивне навантаження підстанції (режим перекомпенсації), тому необхідно виконувати контроль максимального завантаження трансформаторів.

Включення БСК призводить до підвищення напруги 35 і 10 кВ, тому необхідно виконати оцінку такого підвищення напруг.

Необхідно передбачити можливість практичного контролю зниження втрат.

### **2. Нормальна схема живлення**

ПС 35/10 кВ "Дачна" має два трансформатори ТМ-4000/35/10.5, дві секції шин 35 кВ і дві секції шин 10 кВ.

За нормальною схемою (рис.1) ПС "Дачна" живиться від трансформатора 2Т ПС 110/35/6 кВ "Ш.Балка" через ПС 35 кВ "Зірка", "Вигода", "Василівка", "Научна".



"Одесаобленерго" за зимовий максимум 21.12.2016 (далі – зимовий максимум) і літній мінімум 15.06.2016 (далі – літній мінімум) співвідношення реактивного і активного навантаження змінюється в межах:  $\text{tg}\varphi = 0.18 - 0.51$ , причому у літні місяці спостерігається зростання реактивного навантаження приблизно в 1.25 рази. Графіки АСКОЕ навантажень P, Q (відповідно МВт, Мвар) ПС "Дачна" за літній мінімум і зимовий максимум показані на рис. 2 і 3.

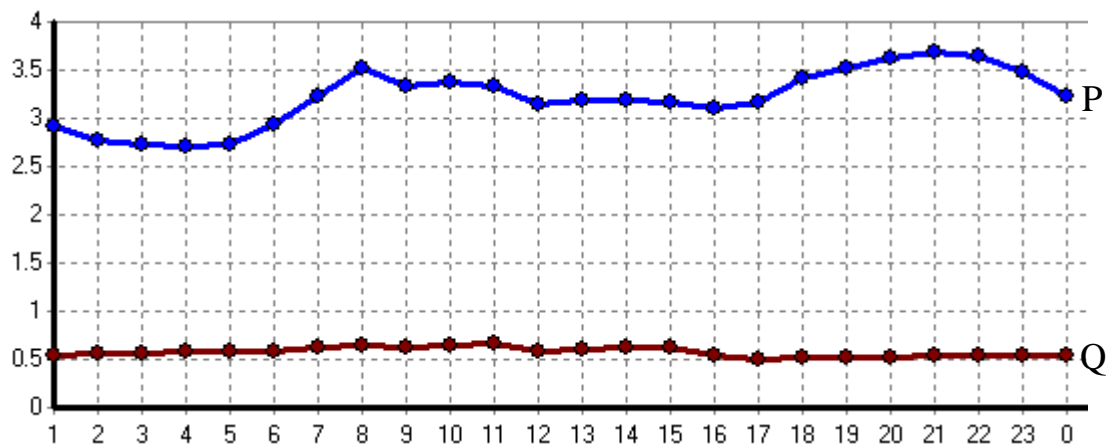


Рис.2. Графіки АСКОЕ навантаження ПС "Дачна" у зимовий максимум

Зимовий максимум за даними АСКОЕ припадає на 21 год ( $P = 3.685$  МВт,  $Q = 0.535$  Мвар), мінімум на 4 год ( $P = 2.702$  МВт,  $Q = 0.581$  Мвар).

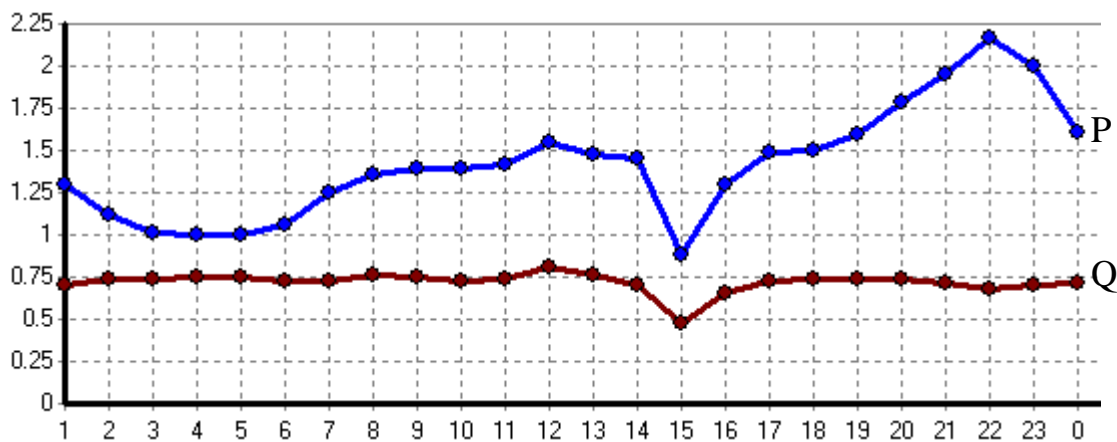


Рис.3. Графіки АСКОЕ навантаження ПС "Дачна" у літній мінімум

Літній максимум за даними АСКОЕ припадає на 22 год ( $P = 2.161$  МВт,  $Q = 0.676$  Мвар), мінімум на 15 год ( $P = 0.884$  МВт,  $Q = 0.473$  Мвар).

Оскільки передбачається розрахунок обсягів компенсації реактивної потужності на ПС "Дачна" за критерієм мінімуму втрат активної потужності в живлячій мережі 35 кВ, також представляє інтерес графіки АСКОЕ сумарного навантаження P, Q (МВт, Мвар) за вводом 35 кВ трансформатору Т2 ПС "Ш.Балка" (графіки АСКОЕ ПЛ 35 кВ "Научна" відсутні).

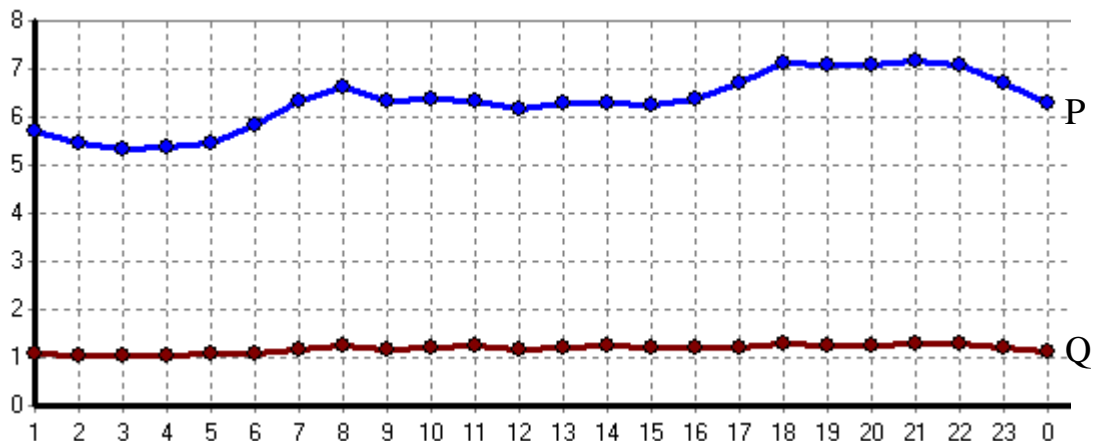


Рис.4. Графіки АСКОЕ Т2 35 кВ ПС "Ш.Балка" у зимовий максимум

Зимовий максимум за даними АСКОЕ припадає на 21 год ( $P = 7.184$  МВт,  $Q = 1.273$  Мвар), мінімум на 3 год ( $P = 5.324$  МВт,  $Q = 1.035$  Мвар).

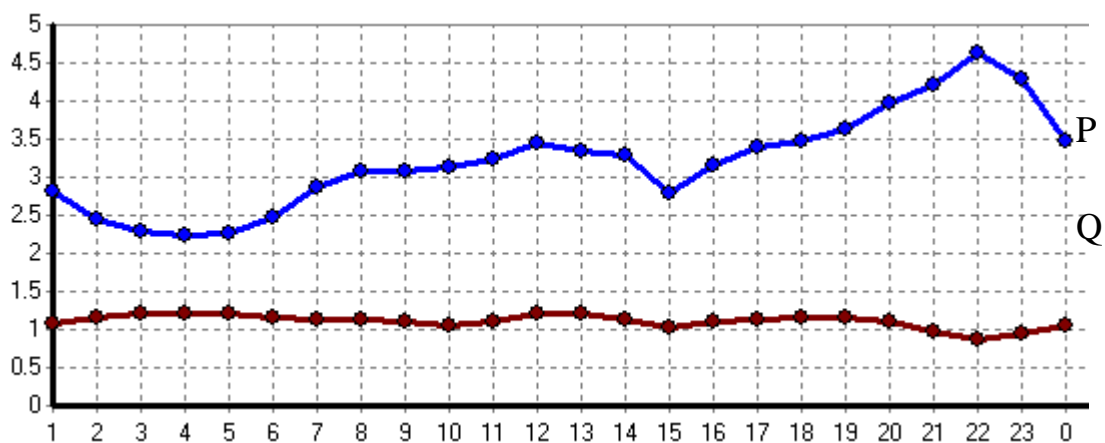


Рис.5. Графіки АСКОЕ Т2 35 кВ ПС "Ш.Балка" у літній мінімум

Літній максимум за даними АСКОЕ припадає на 22 год ( $P = 4.626$  МВт,  $Q = 0.867$  Мвар), мінімум на 4 год ( $P = 2.243$  МВт,  $Q = 1.212$  Мвар).

#### 4. Розрахункова схема живлення

Розрахункову схему живлення ПС 35/10 кВ "Дачна" було розроблено на базі розрахункової схеми ПАТ "Одесаобленерго" (зимовий максимум 2015 року) за якою виконуються розрахунки економічних еквівалентів реактивної потужності для споживачів ПАТ "Одесаобленерго" на період 2017-2018 рр.

Складання розрахункової схеми живлення ПС 35/10 кВ "Дачна" було виконано за наступних умов:

- до схеми включено всі ПС 35/10 кВ за нормальною схемою живлення і трансформатор Т2 ПС 110/35/6 кВ "Ш.Балка";
- задіяні графіки навантажень АСКОЕ на всіх ПС 35/10 кВ і на Т2 ПС 110/35/6 кВ "Ш.Балка" за характерні виміри зимового максимуму і літнього мінімуму;
- всі ПС 35/10 кВ мають регулювання ПБВ  $35 \pm 2 \times 2.5\%$ , Т2 ПС 110/35/6 кВ "Ш.Балка" має регулювання РПН  $115 \pm 9 \times 1.78\%$ ;
- балансуєчим вузлом прийнято секцію шин 110 кВ ПС "Ш.Балка" з постійною напругою 115 кВ.

В розрахунковій схемі живлення ПС 35/10 кВ "Дачна" не враховані складнозамкнені живлячі мережі 110 кВ з наступних причин:

- моделювання режимів мереж 110 кВ потребує наявності об'єднаної розрахункової схеми 330/220/110 кВ Південної ЕС і ПАТ "Одесаобленерго" і відповідних характерних режимів;
- оптимальні значення БСК, які встановлюються на ПС 35/10 кВ повинні в першу чергу бути спрямовані саме на оптимальні режими живлячих мереж 35 кВ;
- практична неможливість оцінки фактичного зменшення втрат в мережах 110 кВ за даними приладів обліку оскільки зменшення втрат є порівняно малою величиною порівняно з потоками активної потужності.

За експериментальними розрахунками на схемі 110/35 кВ ПАТ "Одесаобленерго" було визначено, що встановлення БСК на ПС 35/10 кВ "Дачна" має невеликий вплив на напругу 110 кВ ПС 110/35/6 кВ "Ш.Балка" (підвищення напруги на 0.1 кВ або 0.1%), тому в якості балансуєчого вузла прийнято секцію шин 110 кВ ПС "Ш.Балка" з постійною напругою 115 кВ. При цьому також не враховується добовий графік зміни напруги 110 кВ ПС "Ш.Балка" оскільки розрахунки повинні показати відносне підвищення напруги на секціях шин 35 і 10 кВ при встановленні БСК.

В табл. 1 наведені параметри розрахункової схеми живлення ПС 35/10 кВ "Дачна" (позначення вузлів показано російською мовою). В позначенні початку і кінця гілки показано номер секції і клас напруги, наприклад "Ш\_Балка.2.110" – ПС "Ш.Балка", 2 секція 110 кВ, "Ш\_Балка.\*Т2" – середня точка триобмоткового трансформатора Т2, "Дачная.1.35", "Дачная.2.35", "Дачная.1.10", "Дачная.2.10" – ПС "Дачна", 1 і 2 секції 35 і 10 кВ. Комутаційний стан гілки показано в колонці "к" ознаками "О" – гілка відключена з обох сторін, "К" – гілка відключена зі сторони кінця, "Н" – гілка відключена зі сторони початку. В колонках "R", "X", "G", "B", "Kт" наведено опори (Om), провідності (мкСм) і коефіцієнти трансформації схем заміщення ліній і трансформаторів. В колонці "Марка" наведено марки трансформаторів або повітряних ліній (довжина лінії в метрах \* марку провода).

Таблиця 1. Параметри розрахункової схеми живлення ПС 35/10 кВ "Дачна"

Початок	Кінець	к	R	X	G	B	Kт'	Марка
Ш Балка.2.110	Ш Балка.*Т2		3,096	86,113	2,1	10,6	1,0178	ТДТН-16000/115/38.5/6.6
Ш Балка.*Т2	Ш Балка.2.35		1,884				2,9870	ТДТН-16000/115/38.5/6.6
Ш Балка.*Т2	Ш Балка.2.6		2,235	52,480			17,4242	ТДТН-16000/115/38.5/6.6
Ш Балка.2.35	Научная.1.35		2,026	2,493	0,6	-18,2		6140*АС-95
Научная.1.35	Научная.1.10		8,254	47,523	3,0	18,3	3,5000	ТМ-1600/35/10.5
Научная.1.35	Васильевка.1.35		2,647	3,256	0,8	-23,7		8020*АС-95
Васильевка.1.35	Васильевка.1.10		4,753	30,204	4,2	22,4	3,4167	ТМ-2500/35/11
Васильевка.1.35	Выгода.1.35		3,780	3,503	0,8	-24,2		8400*АС-70
Выгода.2.35	Заготзерно.1.35		0,990	1,218	0,3	-8,9		3000*АС-95
Выгода.1.35	Выгода.1.10		4,753	30,056	4,2	16,7	3,3333	ТМ-2500/35/10,5
Выгода.1.35	Выгода.2.35							
Заготзерно.1.35	Заготзерно.1.10		22,050	76,511	2,9	11,4	3,4167	ТМ-1000/35/10.5
Заготзерно.1.35	Заготзерно.2.04		74,170	237,517	1,9	19,6	89,6875	ТМ-320/35/0,4
Выгода.2.35	Зирка.1.35		1,233	1,190	0,3	-8,3		300*АС-120+2560*АС-70
Зирка.1.35	Зирка.2.35							
Зирка.1.35	Зирка.1.10		7,943	49,128	3,1	18,3	3,3333	ТМ-1600/35/10.5
Зирка.2.35	Зирка.2.10	О	7,752	49,158	2,8	14,4	3,3333	ТМ-1600/35/10.5

Зирка.2.10	Зирка.1.10							
Зирка.2.35	Дачная.2.35		5,814	5,388	1,3	-37,2		12920*АС-70
Дачная.1.35	Дачная.2.35							
Дачная.1.35	Дачная.1.10		2,565	24,119	4,7	32,7	3,2500	ТМ-4000/35/10.5
Дачная.2.35	Дачная.2.10	О	2,565	24,735	4,7	32,7	3,3333	ТМ-4000/35/10.5
Дачная.1.10	Дачная.2.10							

На рис. 6 показано розрахункову схему живлення ПС 35/10 кВ "Дачна" з нанесеним режимом зимового максимуму на 21 год.

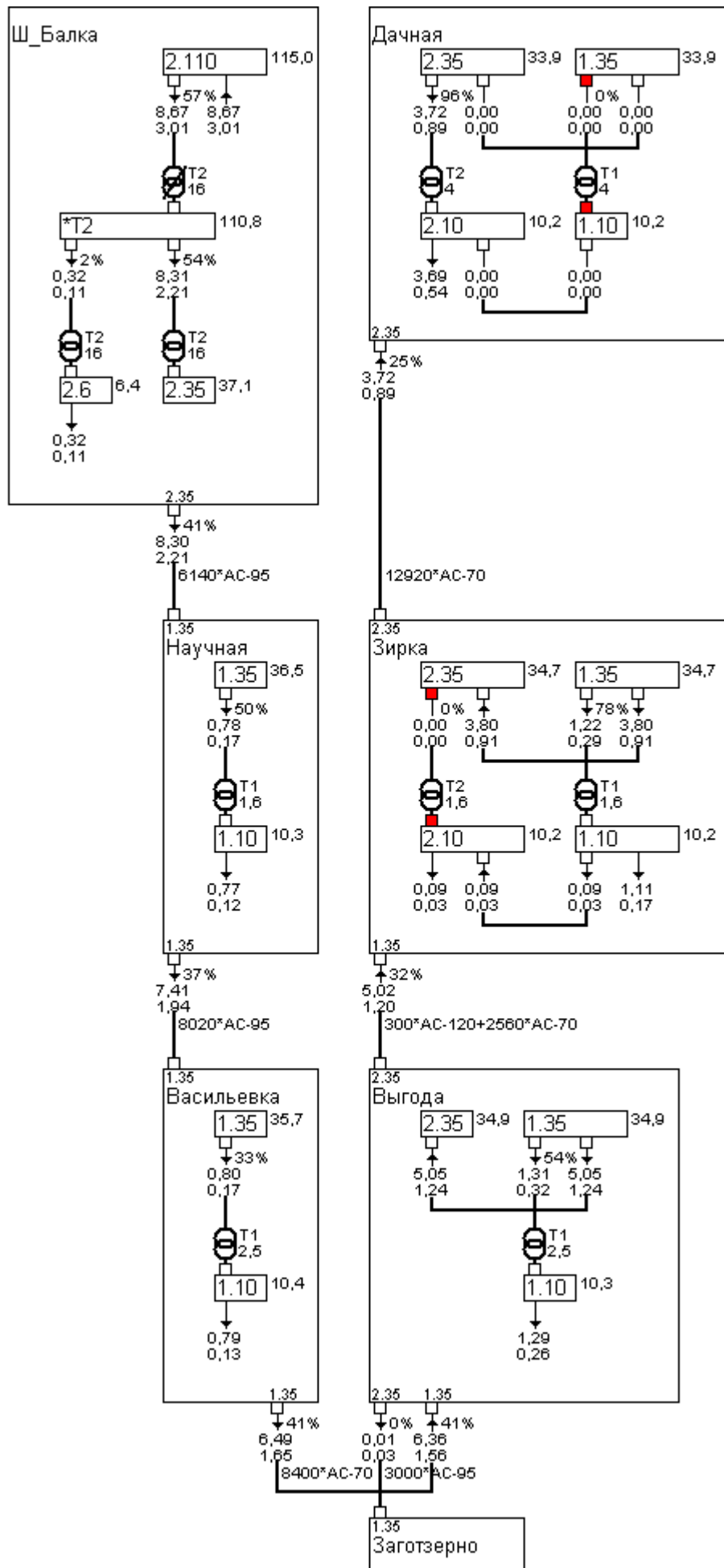


Рис.6. Розрахункова схема живлення ПС 35/10 кВ "Дачна"

Окремі підстанції показані в прямокутниках з позначеннями назви підстанції (у верхньому-правому кутку) і позначеннями вузлів 1.35, 2.35 (1 і 2 секції шин 35 кВ), 1.10, 2.10 (1 і 2 секції шин 10 кВ). Розрахункові напруги показані справа від вузлів (наприклад, у вузлі "Ш\_Балка.2.35" розрахункова напруга складає 37.1 кВ, у вузлі "Научная.1.35" – 36.5 кВ і т.д.). На кожній лінії зверху-вниз показано напрям потоків потужності, процент завантаження лінії або трансформатору, значення потоків активної і реактивної потужності (МВт, Мвар), марку лінії, наприклад, по лінії "Ш\_Балка.2.35 – Научная.1.35" потоки активної і реактивної потужності складають відповідно 8.30 МВт і 2.21 Мвар, завантаження лінії – 41%, довжина лінії 6140 м, марка провода – АС-95. Трансформатори мають позначення Т1, Т2 і номінальну потужність (МВА).

В розрахункову схему не включено ПС 35/10 кВ "Алтестово" оскільки за даними вимірів в роботі знаходився трансформатор Т2, а Т1 був відключений. За відсутності даних навантаження на ПС "Заготзерно" прийнято рівним нулю. На ПС "Зірка" відключено Т2, на ПС "Дачна" відключено Т1.

Графіки навантажень АСКОЕ ПС 35/10 кВ і Т2 ПС 110/35/6 кВ "Ш.Балка" за зимовий максимум і літній мінімум наведені в таблицях 2 і 3 (Р – МВт, Q – Мвар).



Таблиця 2. Графіки добових навантажень зимового максимуму

Позначення / год	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Васильєвка Т1 - Р	0.614	0.601	0.583	0.578	0.593	0.644	0.694	0.746	0.736	0.726	0.710	0.727	0.733	0.724	0.712	0.751	0.787	0.833	0.799	0.795	0.789	0.753	0.712	0.676
Васильєвка Т1 - Q	0.121	0.131	0.133	0.130	0.136	0.141	0.131	0.121	0.148	0.157	0.157	0.160	0.157	0.149	0.149	0.149	0.152	0.148	0.124	0.125	0.128	0.126	0.127	0.122
Выгода Т1 - Р	1.054	1.034	0.976	1.005	0.995	1.099	1.176	1.136	1.084	1.106	1.158	1.187	1.194	1.248	1.250	1.340	1.445	1.491	1.349	1.254	1.295	1.273	1.206	1.138
Выгода Т1 - Q	0.276	0.287	0.281	0.294	0.281	0.279	0.285	0.251	0.227	0.229	0.259	0.284	0.299	0.321	0.312	0.339	0.347	0.332	0.253	0.232	0.256	0.260	0.257	0.261
Дачная Т2 - Р	2.923	2.777	2.719	2.702	2.719	2.936	3.235	3.512	3.337	3.385	3.343	3.146	3.196	3.187	3.166	3.094	3.157	3.427	3.530	3.617	3.685	3.651	3.479	3.228
Дачная Т2 - Q	0.543	0.559	0.571	0.581	0.581	0.577	0.631	0.656	0.617	0.650	0.666	0.586	0.605	0.634	0.620	0.536	0.494	0.514	0.520	0.522	0.535	0.537	0.545	0.547
Зирка Т1 - Р	0.863	0.812	0.792	0.805	0.845	0.913	0.967	0.992	0.980	1.002	0.932	0.925	0.982	0.931	0.931	1.008	1.067	1.057	1.082	1.116	1.112	1.104	1.020	0.899
Зирка Т1 - Q	0.190	0.189	0.186	0.194	0.186	0.198	0.190	0.185	0.162	0.170	0.166	0.173	0.193	0.172	0.183	0.189	0.173	0.151	0.173	0.189	0.170	0.192	0.198	0.187
Зирка Т2 - Р	0.130	0.122	0.120	0.121	0.120	0.126	0.138	0.106	0.096	0.086	0.086	0.087	0.085	0.088	0.084	0.084	0.093	0.095	0.098	0.097	0.094	0.102	0.098	0.130
Зирка Т2 - Q	0.040	0.044	0.046	0.048	0.048	0.047	0.047	0.041	0.039	0.034	0.036	0.036	0.036	0.035	0.036	0.035	0.032	0.028	0.028	0.029	0.030	0.032	0.036	0.039
Научная Т1 - Р	0.585	0.540	0.510	0.523	0.546	0.566	0.628	0.707	0.690	0.663	0.657	0.656	0.665	0.646	0.683	0.714	0.741	0.791	0.792	0.777	0.772	0.745	0.703	0.643
Научная Т1 - Q	0.128	0.121	0.118	0.125	0.138	0.113	0.117	0.135	0.130	0.129	0.130	0.134	0.131	0.131	0.139	0.132	0.127	0.118	0.117	0.123	0.122	0.109	0.116	0.113
Ш.Балка.2.6 - Р	0.324	0.328	0.326	0.317	0.330	0.326	0.336	0.325	0.301	0.234	0.221	0.251	0.244	0.246	0.252	0.247	0.286	0.305	0.304	0.311	0.318	0.317	0.277	0.270
Ш.Балка.2.6 - Q	0.114	0.122	0.125	0.125	0.127	0.125	0.122	0.113	0.109	0.073	0.060	0.070	0.065	0.071	0.077	0.074	0.095	0.113	0.107	0.109	0.110	0.112	0.097	0.078
Ш.Балка.2.35 - Р	5.702	5.479	5.324	5.357	5.439	5.828	6.313	6.609	6.350	6.384	6.313	6.174	6.292	6.279	6.237	6.378	6.722	7.140	7.098	7.102	7.184	7.073	6.701	6.304
Ш.Балка.2.35 - Q	1.069	1.052	1.035	1.050	1.067	1.103	1.180	1.241	1.168	1.220	1.233	1.174	1.226	1.239	1.216	1.203	1.222	1.279	1.250	1.245	1.273	1.277	1.216	1.145

Таблиця 3. Графіки добових навантажень літнього мінімуму

Позначення / год	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Васильєвка Т1 - Р	0.233	0.203	0.190	0.185	0.196	0.203	0.235	0.270	0.259	0.280	0.298	0.278	0.276	0.265	0.260	0.282	0.286	0.280	0.281	0.322	0.369	0.406	0.385	0.308
Васильєвка Т1 - Q	0.157	0.164	0.167	0.167	0.167	0.163	0.155	0.158	0.157	0.156	0.170	0.167	0.170	0.163	0.172	0.167	0.170	0.170	0.164	0.163	0.157	0.154	0.158	0.163
Выгода Т1 - Р	0.506	0.443	0.435	0.419	0.422	0.490	0.581	0.544	0.584	0.601	0.638	0.657	0.600	0.676	0.716	0.687	0.701	0.734	0.767	0.800	0.785	0.877	0.813	0.687
Выгода Т1 - Q	0.304	0.312	0.333	0.321	0.326	0.314	0.326	0.268	0.298	0.300	0.319	0.347	0.324	0.350	0.398	0.380	0.379	0.380	0.388	0.367	0.293	0.300	0.308	0.331
Дачная Т1 - Р	0.110	0.103	0.101	0.103	0.101	0.103	0.119	0.131	0.130	0.137	0.136	0.223	0.204	0.134	0.128	0.120	0.125	0.131	0.137	0.144	0.139	0.157	0.145	0.117
Дачная Т2 - Р	1.300	1.115	1.011	0.996	1.000	1.058	1.253	1.360	1.392	1.390	1.412	1.552	1.482	1.454	0.884	1.297	1.486	1.501	1.597	1.783	1.957	2.161	2.000	1.603
Дачная Т1 - Q	0.067	0.070	0.071	0.074	0.073	0.073	0.080	0.085	0.079	0.077	0.083	0.157	0.147	0.077	0.077	0.074	0.076	0.077	0.076	0.072	0.070	0.059	0.061	0.063
Дачная Т2 - Q	0.706	0.733	0.743	0.751	0.752	0.724	0.730	0.766	0.745	0.728	0.742	0.807	0.757	0.707	0.473	0.652	0.728	0.736	0.743	0.733	0.720	0.676	0.697	0.719
Зирка Т1 - Р	0.384	0.313	0.287	0.278	0.276	0.354	0.429	0.449	0.438	0.440	0.464	0.465	0.488	0.486	0.482	0.482	0.504	0.531	0.553	0.640	0.682	0.779	0.689	0.496
Зирка Т1 - Q	0.288	0.284	0.282	0.288	0.272	0.282	0.287	0.284	0.282	0.263	0.270	0.267	0.286	0.286	0.296	0.287	0.281	0.295	0.304	0.293	0.282	0.272	0.281	0.293
Зирка Т2 - Р	0.076	0.070	0.064	0.064	0.070	0.064	0.078	0.090	0.081	0.080	0.078	0.081	0.082	0.088	0.091	0.091	0.090	0.093	0.094	0.104	0.104	0.108	0.104	0.091
Зирка Т2 - Q	0.072	0.074	0.072	0.073	0.073	0.076	0.075	0.079	0.073	0.068	0.069	0.066	0.070	0.073	0.079	0.074	0.073	0.074	0.075	0.075	0.071	0.066	0.071	0.074
Научная Т1 - Р	0.263	0.218	0.196	0.189	0.197	0.243	0.273	0.326	0.307	0.316	0.320	0.314	0.315	0.319	0.313	0.330	0.344	0.334	0.342	0.373	0.435	0.491	0.462	0.338
Научная Т1 - Q	0.143	0.146	0.148	0.146	0.155	0.158	0.159	0.171	0.153	0.153	0.160	0.157	0.169	0.166	0.169	0.168	0.171	0.170	0.159	0.159	0.161	0.158	0.157	0.152
Ш.Балка.2.6 - Р	2.057	2.048	2.046	2.048	2.051	2.046	2.053	0.336	0.317	0.362	0.361	0.800	0.868	0.875	0.919	0.715	0.430	0.628	0.962	0.889	0.442	0.400	0.384	0.836
Ш.Балка.2.6 - Q	0.709	0.730	0.740	0.743	0.746	0.738	0.738	0.190	0.197	0.210	0.214	0.462	0.508	0.504	0.532	0.418	0.253	0.366	0.560	0.521	0.259	0.227	0.223	0.500
Ш.Балка.2.35 - Р	2.804	2.446	2.289	2.243	2.272	2.474	2.879	3.085	3.083	3.125	3.238	3.452	3.333	3.293	2.797	3.146	3.383	3.478	3.623	3.971	4.213	4.626	4.290	3.478
Ш.Балка.2.35 - Q	1.076	1.161	1.205	1.212	1.210	1.161	1.134	1.138	1.113	1.065	1.118	1.216	1.202	1.120	1.021	1.098	1.132	1.162	1.162	1.100	0.974	0.867	0.943	1.054

## 5. Розрахунок оптимальної потужності БСК

Всі розрахункові операції виконано у програмі РАОТВ (розрахунок, аналіз і оптимізація технологічних втрат) розробником якої є КПІ ім.Сікорського. Програма РАОТВ використовує стандартні моделі схем заміщення ліній і трансформаторів і загальновідомі алгоритми розрахунку усталених режимів. За допомогою програми РАОТВ готуються розрахункові схеми електропередавальних організацій України для обчислення економічних еквівалентів реактивної потужності.

За розрахунковою схемою живлення ПС 35/10 кВ "Дачна" і графіками навантажень АСКОЕ виконано погодинні розрахунки режимів зимового максимуму і літнього мінімуму. Положення РПН і ПБВ трансформаторів розрахункової схеми підбрані таким чином, щоб напруги всіх вузлів знаходились в припустимих межах (-5% ... +10%) у всіх режимах. Графіки втрат (кВт) в обох режимах показано на рис.7.

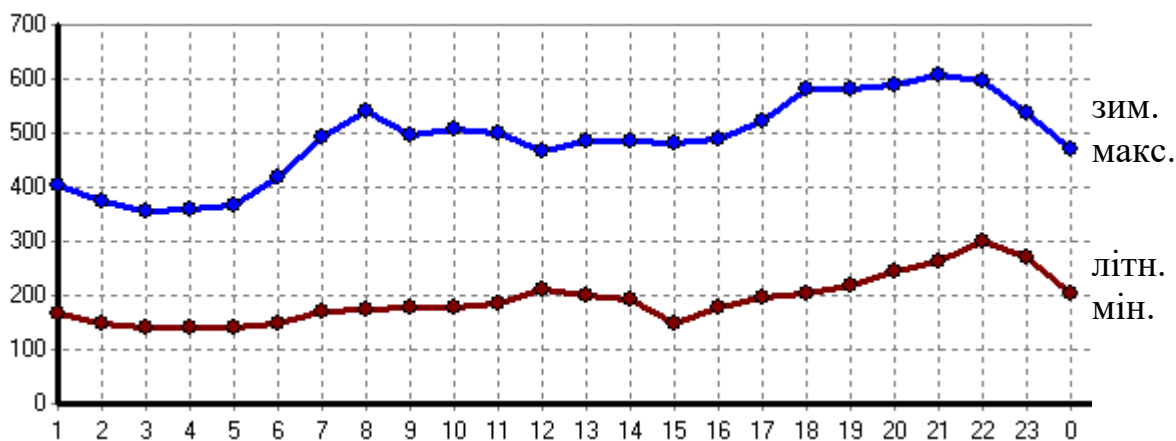


Рис.7. Графіки втрат режимів зимового максимуму і літнього мінімуму

Сумарні розрахункові добові втрати за графіками АСКОЕ у зимовий максимум і літній мінімум становлять відповідно **11708** і **4610** кВт\*год.

Погодинні розрахункові значення оптимальної потужності компенсуювальних пристроїв на стороні 35 і 10 кВ (з дискретністю 0.1 Мвар) у режимах зимового максимуму і літнього мінімуму показані в таблиці 4. В кінці таблиці обчислено середні значення оптимальних потужностей БСК за добу.

Таблиця 4. Значення оптимальної потужності (Мвар)

Год	25.12.2016		15.06.2016	
	35 кВ	10 кВ	35 кВ	10 кВ
1	1.5	1.4	1.4	1.2
2	1.5	1.4	1.4	1.2
3	1.5	1.4	1.4	1.2
4	1.5	1.4	1.4	1.2
5	1.5	1.4	1.4	1.2
6	1.6	1.4	1.4	1.2
7	1.8	1.6	1.5	1.2
8	1.9	1.6	1.5	1.4
9	1.8	1.6	1.4	1.2
10	1.8	1.6	1.4	1.2
11	1.8	1.6	1.5	1.4
12	1.6	1.4	1.7	1.6
13	1.7	1.6	1.6	1.4

год	25.12.2016		15.06.2016	
	35 кВ	10 кВ	35 кВ	10 кВ
14	1.7	1.6	1.5	1.4
15	1.7	1.6	1.3	1.2
16	1.7	1.4	1.4	1.2
17	1.6	1.4	1.5	1.6
18	1.7	1.6	1.5	1.4
19	1.8	1.8	1.6	1.4
20	1.7	1.8	1.6	1.4
21	1.8	1.8	1.6	1.4
22	1.8	1.6	1.6	1.4
23	1.7	1.6	1.6	1.4
24	1.6	1.4	1.6	1.4
<b>сер. знач.</b>	<b>1.679</b>	<b>1.542</b>	<b>1.499</b>	<b>1.335</b>

Остаточні значення середньодобових оптимальних потужностей БСК на стороні 35 і 10 кВ дорівнюють:

$$Q_{\text{БСК (35 кВ)}} = (1.679 + 1.499)/2 = 1.589 \approx 1.6 \text{ Мвар,}$$

$$Q_{\text{БСК (10 кВ)}} = (1.542 + 1.335)/2 = 1.439 \approx 1.4 \text{ Мвар.}$$

Розрахункове зниження втрат електроенергії за добу при встановленні БСК потужністю 1.6 Мвар на сторону 35 кВ дорівнює **966 кВт\*год** у зимовий максимум і **628 кВт\*год** у літній мінімум. Середньодобова економія втрат складає:

$$\Delta W_{\text{ДОБ (35 кВ)}} = (966 + 628)/2 = 797 \text{ кВт*год.}$$

Процент економії втрат порівняно з вихідними втратами складає:

$$\Delta P\% = (966 + 628) / (11708 + 4610) = 9.8\%.$$

Ефективність компенсації складає:  $797 / (1600 \cdot 24) = 0.0208 \text{ кВт/квар.}$

Відносне підвищення напруги (в процентах від номінальної напруги) в мережі 35 кВ показано в таблиці 5. Максимальне розрахункове збільшення напруги на секціях шин 35 кВ становить +3.4% на ПС "Дачна".

Таблиця 5. Відносне підвищення напруги в мережі 35 кВ

Ш.Балка	Научна	Василівка	Вигода	Зірка	Дачна
+1.4	+1.4	+2.0	+2.6	+2.6	+3.4

Розрахункове зниження втрат електроенергії за добу при встановленні БСК потужністю 1.4 Мвар на сторону 10 кВ дорівнює **960 кВт\*год** у зимовий максимум і **653 кВт\*год** у літній мінімум. Середньодобова економія втрат складає:

$$\Delta W_{\text{ДОБ (10 кВ)}} = (960 + 653)/2 = 807 \text{ кВт*год.}$$

Процент економії втрат порівняно з вихідними втратами складає:  
 $\Delta P\% = (960 + 653) / (11708 + 4610) = 9.9\%$ .

Ефективність компенсації складає:  $807 / (1400 \cdot 24) = 0.0240$  кВт/квар.

З урахуванням максимуму активного навантаження (4000 кВт) і за відсутності реактивного навантаження, максимальне завантаження трансформатору складе:  $(\sqrt{4000^2 + (-1400)^2} / 4000) \cdot 100\% = 106\%$ .

Відносне підвищення напруги (в процентах від номінальної напруги) в мережі 35 і 10 кВ показано в таблиці 6. Максимальне розрахункове збільшення напруги на секціях шин 35 кВ становить +3.1% на ПС "Дачна". Підвищення напруги на секціях шин 10 кВ ПС "Дачна" складає +7%.

Таблиця 6. Відносне підвищення напруги в мережі 35 і 10 кВ

Ш.Балка	Научна	Василівка	Вигода	Зірка	Дачна 35 кВ (10 кВ)
+1.1	+1.4	+2.0	+2.3	+2.3	+3.1 (+7.0)

Практичне підтвердження зниження втрат може бути отримане шляхом порівняння добового споживання активної електроенергії по ПЛ 35 кВ "Научна" або по вводу 35 кВ Т2 ПС "Ш.Балка" до і після включення БСК.

## 6. Розрахунок орієнтовного терміну окупності

Розрахунок орієнтовного терміну окупності (кількість років) виконано за формулою:

$$t_{ок} = (K + П) / (E - B),$$

де **K** – капіталовкладення у засоби КРП, грн.;

**П** – вартість проектно-вишукувальних, будівельно-монтажних та налагоджувальних робіт;

**E** – економічний ефект від зниження втрат, грн./рік;

**B** – річні амортизаційні та експлуатаційні витрати у засоби КРП, грн./рік.

Інформація про капіталовкладення надається постачальником БСК або розраховуються за формулою:

$$K = Q_{БСК} \cdot K_{БСК}, \text{ де}$$

**Q<sub>БСК</sub>** – сумарна встановлена потужність БСК, квар;

**K<sub>БСК</sub>** – питома вартість БСК, грн./квар.

Значення вартості проектно-вишукувальних, будівельно-монтажних та налагоджувальних робіт надається постачальником БСК або розраховується за формулою:  $П = K \cdot Y$ , де значення **Y** знаходиться у межах 0.15 – 0.3.

Річний економічний ефект від зниження втрат розраховується за формулою:

$$E = (\Delta WP_{доб} - \Delta P_{БСК} \cdot Q_{БСК} \cdot 24) \cdot 365 \cdot T, \text{ де}$$

$\Delta WP_{доб}$  – середньодобове зниження втрат при встановленні БСК, кВт\*год;

$\Delta P_{БСК}$  – питомі втрати активної потужності в БСК, кВт/квар;

**T** – середня закупівельна оптова ринкова ціна на електроенергію з врахуванням ПДВ, грн/кВт\*год.

Річні амортизаційні та експлуатаційні витрати розраховуються за формулою:

$$B = K \cdot (A_a + A_e), \text{ де}$$

$A_a$  та  $A_e$  – коефіцієнти річних амортизаційних та експлуатаційних витрат.

Для розрахунків орієнтовних термінів окупності прийємо наступні значення:  $Y = 0.15$ ,  $\Delta P_{\text{БСК}} = 0.003$  кВт/квар,  $T = 1.7$  грн/кВт\*год,  $A_a = 0.08$ ,  $A_e = 0.02$ .

### **Орієнтовний термін окупності для сторони 35 кВ:**

Ціна БСК для сторони 35 кВ (виробництво ZEZ Silko Чехія) потужністю 1500 квар складає:  $K = 7\,488$  тис. грн.

Для сторони 35 кВ також включено вартість реконструкції розподільчого пристрою 35 кВ, що складає:  $K_{\text{рек (35 кВ)}} = 15\,000$  тис. грн.

Вартість проектно-вишукувальних, будівельно-монтажних та налагоджувальних робіт:  $P = 7\,488 \cdot 0.15 = 1123.2$  тис. грн.

Річний економічний ефект складає:  $E = (797 - 0.003 \cdot 1500 \cdot 24) \cdot 365 \cdot 1.7 = 427.5$  тис. грн.

Річні амортизаційні та експлуатаційні витрати:  $B = 7\,488 \cdot (0.08 + 0.02) = 748.8$  тис. грн.

Орієнтовний термін окупності без врахування річних амортизаційних та експлуатаційних витрат для сторони 35 кВ складає:

$$t_{\text{ок (35 кВ)}} = (7\,488 + 15\,000 + 1123.2) / 427.5 = \mathbf{55 \text{ років.}}$$

### **Орієнтовний термін окупності для сторони 10 кВ:**

Ціна БСК для сторони 10 кВ (виробництво ZEZ Silko Чехія) потужністю 1400 квар складає 983.6 тис. грн.

Для сторони 10 кВ реконструкція розподільчого пристрою не потрібна.

Вартість проектно-вишукувальних, будівельно-монтажних та налагоджувальних робіт:  $P = 983.6 \cdot 0.15 = 147.5$  тис. грн.

Річний економічний ефект складає:  $E = (807 - 0.003 \cdot 1400 \cdot 24) \cdot 365 \cdot 1.7 = 438.2$  тис. грн.

Річні амортизаційні та експлуатаційні витрати:  $B = 983.6 \cdot (0.08 + 0.02) = 98.4$  тис. грн.

Орієнтовний термін окупності для сторони 10 кВ:

$$t_{\text{ок (10 кВ)}} = (983.6 + 147.5) / (438.2 - 98.4) = \mathbf{3.3 \text{ роки.}}$$

## **7. Висновки**

Середньодобовий обсяг КРП на стороні 35 кВ, розрахований за добовими графіками навантажень АСКОЕ режимів зимового максимуму і літнього мінімуму, становить **1600 квар**.

Очікуване середньодобове зниження втрат становить **797 кВт\*год**.

З урахуванням ціни БСК (виробництво ZEZ Silko Чехія) **7 488 тис. грн.**, вартості реконструкції розподільчого пристрою 35 кВ **15 000 тис. грн.** і вартості проектно-монтажних робіт **1123.2 тис. грн.** орієнтовний термін окупності складає **55 років**.

Максимальне розрахункове збільшення напруги в мережі 35 кВ становить **+3.1 %** на ПС "Дачна".

Середньодобовий обсяг КРП на стороні 10 кВ, розрахований за добовими графіками навантажень АСКОЕ режимів зимового максимуму і літнього мінімуму, становить **1400 квар.**

Максимальне завантаження трансформатору за відсутності реактивного навантаження складе:  $(\sqrt{4000^2 + (-1400)^2} / 4000) \cdot 100\% = 106\%$ .

Очікуване середньодобове зниження втрат становить **807 кВт\*год.**

З урахуванням ціни БСК (виробництво ZEZ Silko Чехія) **983.6 тис. грн.** і вартості проектно-монтажних робіт **147.5 тис. грн.** орієнтовний термін окупності складе **3.3 роки.**

Максимальне розрахункове збільшення напруги в мережі 35 кВ становить **+3.1%** на ПС "Дачна" і **+7%** на стороні 10 кВ ПС "Дачна".

Слід зазначити, що при використанні БСК інших виробників, наприклад, Усть-Каменогорського конденсаторного заводу (Казахстан) вартість БСК і терміни окупності можуть бути знижені у 3-4 рази.

При встановленні БСК також слід виконати аналіз наявності струмів вищих гармонік, що можуть призвести до передчасного виходу з ладу БСК, і необхідності встановлення додаткових пристроїв фільтрації цих гармонік.