

4 . № 1.TSN.0014 -99 on 26.07.99 . Statement of Test to verify the effectiveness of the channel TQ12 routine and emergency discouragement .

5. Integrity steam plant with reactors VVER -1000 type : Sat. scientific. tr. ▯ / - N: IAEA , 1997 . - ISSN 1025-2762.

6. Khmel'nitsky NPP . Unit number 1. Substantiation of technical construction and operation of nuclear power plants. Book 2 .

7. Operating Instructions of routine and emergency rasholazhivaniya active zone (active part) low pressure number 1.RTS. 0066.IE -95.

8 . № 1.TSN.0012 -99 on 23.07.99 . Statement of Test to verify the effectiveness of channels TQ22, 32 of the planned and emergency discouragement .

УДК 621.039-78

**К.Н. Коба**, канд. техн. наук; **Д.А. Кривко**, **А.И. Головей**

**Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт»  
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПЛАНОВЫХ СИСТЕМ БЕЗОПАСНОСТИ В АЛЬТЕРНАТИВНЫХ  
РЕЖИМАХ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ АЭС**

*Объект исследования - система аварийного и планового отвода теплоты от активной зоны - TQ12 , система отвода теплоты от бассейна выдержки - TG.*

*Цель работы - анализ возможности использования альтернативных режимов работы данных систем, для повышения надежности эксплуатации энергоблока.*

*Метод исследования - результаты анализа расчетов, которые были получены с помощью ручного моделирования, кода CONTAIN , моделирования на полномасштабном тренажере , программного пакета SolidWorks.*

*Результаты расчета были получены в виде графиков на которых детально изображены изменения температуры теплоносителя в бассейне выдержки, в реакторе , и в системах безопасности за период протекания переходного процесса.*

*При выполнении детального анализа результатов можно сказать, что температура теплоносителя в бассейне выдержки, а также в реакторе не превысила заданной нормы, что свидетельствует о целесообразности использования альтернативных схем в промышленной эксплуатации.*

*Результаты работы использованы для технических решений на энергоблоках АЭС с реакторной установкой В-320 для использования систем безопасности в альтернативных режимах.*

**Ключевые слова:** теплообменник CAOЗ, коллектор TQ -40, безопасность, АЗ, бассейн выдержки, альтернативная схема, переключатель TQ -TG, CONTAIN, SolidWorks.

Надійшла 10.05.2014

Received 10.05.2014

УДК 621.316.1.017

**В.В. Зорін**, д-р техн. наук, професор; **О.М. Майстренко**

**Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт»**

**ПІДВИЩЕННЯ ПРОПУСКНОЇ ЗДАТНОСТІ КАБЕЛЬНИХ ЛІНІЙ  
ЕЛЕКТРОПЕРЕДАЧ НАПРУГОЮ 6-10 КВ ЗА ДОПОМОГОЮ  
КОМПЕНСАЦІЇ РЕАКТИВНОЇ ПОТУЖНОСТІ**

*Наведено науково-технічне порівняння заходів щодо підвищення пропускної здатності існуючих кабельних ліній: за допомогою компенсації реактивної потужності та заміни перерізу жил кабелів, в умовах фізичної та моральної зношеності електричних мереж України, зміни структури електроспоживання та прогнозованого поступового зростання обсягів споживання електричної енергії усіма групами споживачів. Питання генерування реактивної потужності мають велике значення, оскільки потреба в ній зростає у зв'язку з широким застосуванням електроприймачів з досить низьким коефіцієнтом потужності. Баланс реактивної потужності повинен забезпечуватися при всіх режимах роботи системи електропостачання: нормальному, післяаварійному, ремонтному. При післяаварійному*

і ремонтному режимі використовуються всі засоби генерації реактивної потужності незалежно від їх економічності. Компенсуючі пристрої використовуються також в якості одного із засобів регулювання напруги з метою забезпечення оптимального режиму напруг в електричних мережах.

**Ключові слова:** пропускна здатність кабельних ліній, реактивна потужність, переріз кабелів, режим роботи, опір.

В попередній статті «Підвищення пропускної здатності по ряду критеріїв кабельних ліній електропередач напругою 6-10 кВ» були розглянуті питання по підвищенню пропускної здатності електричних розподільних мереж шляхом заміни перерізу жил кабелю на одну та дві стандартні ступені, отримані результати, які в подальшому будуть використовуватись в розрахунках наведені в таблиці 1 та таблиці 2. Подібні розрахунки по підвищенню пропускної здатності повітряних ліній електропередач розглянуті в статті[1].

Таблиця 1

Збільшення пропускної здатності при заміні кабельної лінії на один переріз  $n = 1$

Переріз	Збільшення пропускної здатності за умовами нагріву у.о	Збільшення пропускної здатності за умовами зниження втрат активної потужності у.о	Збільшення пропускної здатності за умовами режиму напруги у.о
50-70	0,238	0,29	0,393
70-95	0,192	0,26	0,323
95-120	0,193	0,21	0,214
120-150	0,135	0,20	0,176
150-185	0,119	0,19	0,187
185-240	0,148	0,23	0,21

Таблиця 2

Збільшення пропускної здатності при заміні кабельної лінії на два перерізи  $n = 2$ .

Переріз	Збільшення пропускної здатності за умовами нагріву у.о	Збільшення пропускної здатності за умовами зниження втрат активної потужності у.о	Збільшення пропускної здатності за умовами режиму напруги у.о
50-95	0,476	0,474	0,844
70-120	0,423	0,417	0,607
95-150	0,354	0,367	0,428
120-185	0,27	0,351	0,397
150-240	0,285	0,375	0,437

Обґрунтування пропускної здатності — це складна багатопланова задача. Пропускна здатність електропередачі визначається призначенням та роллю електропередачі в системі.

Один із методів підвищення пропускної здатності кабельних ліній є застосування засобів компенсації реактивної потужності. Його використання обґрунтоване тим, що дає змогу не лише підвищити пропускну здатність, а й зменшити втрати при передачі електроенергії, підвищити якість електроенергії та надійність.

Проблема компенсації реактивної потужності завжди займала важливе місце в загальному комплексі питань підвищення ефективності передачі, розподілу та споживання електричної енергії. Правильне рішення таких задач в значній мірі визначає економію грошових засобів та матеріальних ресурсів, підвищення якості електроенергії. Основні питання компенсації реактивної потужності повинні розглядатися з врахуванням сучасних поглядів та нових технологічних рішень [2].

Втрати, які можуть виникнути в системах електропостачання при збільшенні перетоків реактивної потужності (для порівняння будемо спів ставляти випадок, коли  $Q = 0$ ,  $\cos \varphi = 1,0$ ,  $tg \varphi = 0$  та випадок  $\cos \varphi = 0,7$ ,  $tg \varphi = 1,0$ ).

1. Збільшення перетоків реактивної потужності приводить до збільшення величини повного струму.

$$I = P \cdot \sqrt{1 + tg^2 \varphi} / \sqrt{3}U. \quad (1)$$

При збільшенні  $Q$  до  $tg \varphi = 1,0$ , струм в лінії збільшився б в 1,41 разів. Це призвело б до зменшення пропускної здатності лінії електропередач за нагрівом, необхідності збільшення перерізу проводів та жил

кабелів на одну та дві ступені стандартного перерізу, а в ряді випадків виникає необхідність спорудження нових ліній електропередач та заміни трансформаторів на більшу потужність.

2. Збільшення перетоків реактивної потужності пов'язано зі зростанням активних  $\Delta P$  та реактивних  $\Delta Q$  втрат потужності.

$$\Delta P = P^2(1 + \operatorname{tg}^2 \varphi)R / U^2, \Delta Q = P^2(1 + \operatorname{tg}^2 \varphi)X / U^2. \quad (2)$$

При зростанні перетоків реактивної потужності до значення  $\operatorname{tg} \varphi = 1,0$  величина втрат може подвоїтись. Це, в свою чергу, призведе до перевитрат електроенергії, збільшення тарифів на електроенергію та перевитрати енергетичного палива.

3. Збільшення перетоків реактивної потужності викликає додаткові втрати напруги:

$$\Delta U = (P \cdot R - Q \cdot X) / 10U_n^2 = P \cdot (R - \operatorname{tg} \varphi \cdot X) / 10U_n^2. \quad (3)$$

При цьому збільшується ковзання  $s$  асинхронних двигунів, знижується *освітлювальність робочих місць, що призводить до зниження продуктивності праці. Зниження рівня напруги впливає на статичну стійкість електроенергетичної системи і на стійкість вузла навантаження в результаті виникнення явища «лавини напруги».*

На рисунку 1 схематично в виді блок-схеми представлені види збитків від перетоків реактивної потужності.

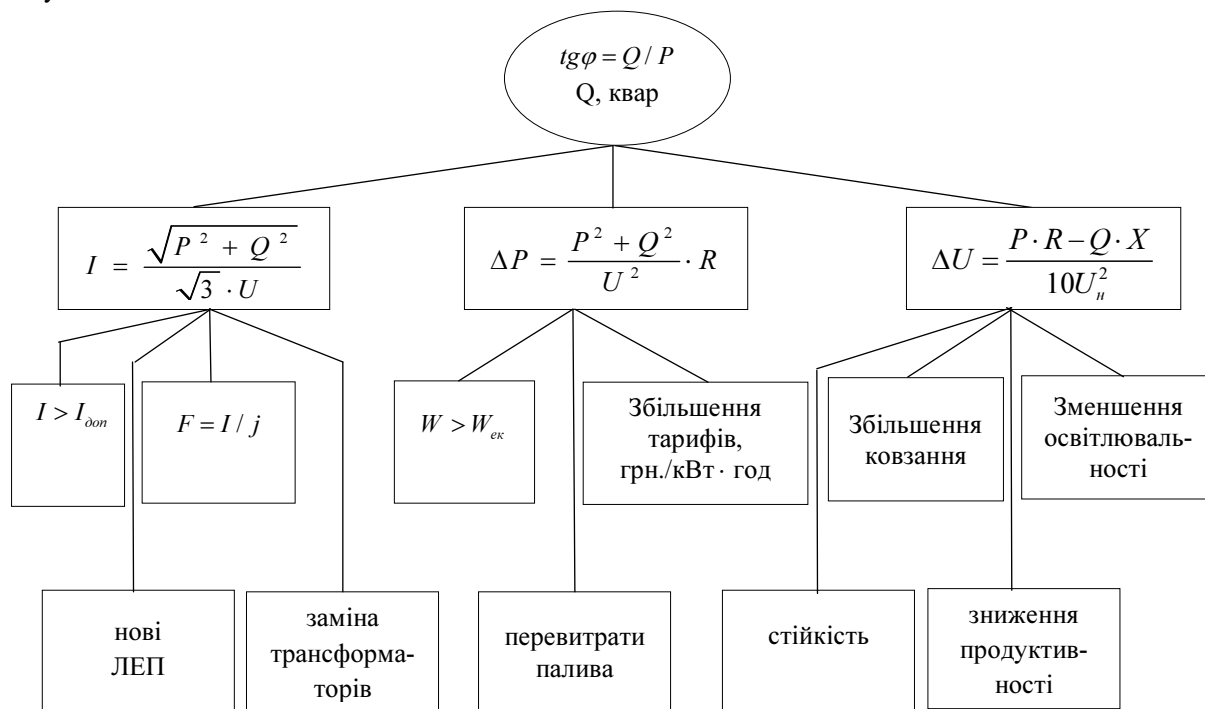


Рис. 1 Види збитків від перетоків реактивної потужності

Звідси видно, що проблема компенсації реактивної потужності в системах електропостачання представляється важливою та першочерговою, тобто актуальною.[2]

### 1. Підвищення пропускної здатності кабельних ліній за допомогою компенсації реактивної потужності:

1.1 За умовами нагрівання.

Активна потужність, що передається по лініях без компенсації реактивної потужності, рівна  $P_1 = \sqrt{3}UI \cos \varphi_1$ , а при використанні компенсації  $P_2 = \sqrt{3}UI \cos \varphi_2$ , тоді збільшення пропускної здатності:

$$\delta P = \frac{P_2}{P_1} = \frac{\sqrt{3}UI \cos \varphi_2}{\sqrt{3}UI \cos \varphi_1} = \frac{\cos \varphi_2}{\cos \varphi_1}, \quad (4)$$

$$\cos \varphi_2 = \delta P \cos \varphi_1. \quad (5)$$

де,  $\delta P$  - збільшення пропускної здатності при заміні перерізу кабельної лінії  $F_1$  на новий  $F_2$ .

Розглянемо кабель ААШв-10, з параметрами  $F_1 = 50$ ,  $I_0 = 105A$ ,  $\cos \varphi = 0,8$  який був замінений на ААБл-10, та досягнемо того ж ефекту за допомогою компенсації реактивної потужності. Визначимо активну та реактивну потужність:

$$P_1 = \sqrt{3}UI \cos \varphi = \sqrt{3} \cdot 10 \cdot 105 \cdot 0,8 = 1455 \text{ кВт},$$

$$Q_1 = \sqrt{3}UI \sin \varphi = \sqrt{3} \cdot 10 \cdot 105 \cdot 0,6 = 1091 \text{ квар}.$$

Тоді при заміні перерізу кабеля ААШв-10 на одну ступінь з  $F_1 = 50 \text{ мм}^2$  на  $F_2 = 70 \text{ мм}^2$ ,  $\delta P = 1,238$ ,  $\cos \varphi_2 = 1,238 \cdot \cos \varphi_1 = 1,238 \cdot 0,8 = 0,99$ , скомпенсована реактивна потужність рівна:

$$Q_2 = P_1 \tan \varphi_2 = 1455 \cdot 0,139 = 201 \text{ квар}. \quad (6)$$

Тоді потужність конденсаторних батарей буде рівна:

$$Q_k = Q_1 - Q_2 = 1091 - 201 = 890 \text{ квар}. \quad (7)$$

При заміні на дві ступені  $F_1 = 50 \text{ мм}^2$  на  $F_2 = 95 \text{ мм}^2$ ,  $\delta P = 1,476$ ,  $\cos \varphi_2 = 1,476 \cdot \cos \varphi_1 = 1,476 \cdot 0,8 \approx 1$ , так як перекомпенсація недопустима:

$$Q_2 = P_1 \tan \varphi_2 = 1372 \cdot 0 = 0 \text{ квар}$$

Виходячи з цього потужність конденсаторної установки рівна:

$$Q_k = Q_1 - Q_2 = 1372 - 0 = 1372 \text{ квар}.$$

При цьому пропускна можливість зменшиться та буде рівна:

$$\delta P = \frac{\cos \varphi_2}{\cos \varphi_1} = \frac{1}{0,8} = 1,25. \quad (8)$$

Отримані розрахунки заносимо до таблиці 4 та таблиці 5.

Досягнення ефекту підвищення пропускної здатності, отриманого при заміні кабельної лінії на два стандартні перерізи за допомогою конденсаторних установок неможливо, так як має місце перекомпенсація. Збільшення реактивної потужності впливає так само як і недокомпенсація, так як при розрахунку втрат використовують значення реактивної потужності в квадраті. Виходячи з цього максимальний ефект підвищення пропускної здатності який можливо досягти рівний  $\delta P = 1,25$ .

1.2 За умовами режиму напруги.

В подальших розрахунках будемо використовувати потужність розраховану за подвоєним значенням економічної густини струму. Згідно ПУЕ [3] при виборі перерізу за економічною густиною струму розрахункова формула має вигляд  $I = F \cdot j_{ек}$ . Для запобігання збільшення кількості ліній допускається дворазове перевищення струму, розрахованого згідно цього методу  $I_1 = 2 \cdot F \cdot j_{ек}$ . Значення  $j_{ек}$  для кабелю марки ААБл-10 та числа годин використання максимуму навантаження  $T_m = 3000$  розрахуємо виходячи з граничних струмів [4]:

$$I_{зрм} = \sqrt{\frac{E_n + P_a}{3 \cdot (r_{0i-1} - r_{0i}) \cdot \tau}} \cdot \sqrt{\frac{K_{i+1} - K_i}{c_0}}. \quad (9)$$

Наведена формула дозволяє проводити ефективний аналіз впливу окремих складових витрат на обґрунтований вибір перерізів. Метод економічних інтервалів може бути корисним під час вибору номінальних напруг електричних систем і мереж.

Метод економічних інтервалів дозволяє:

- враховувати дискретність шкали стандартних перерізів проводів та жил кабелів;
- враховувати нелінійність залежності  $K = f(F)$ ;
- однозначно вибирати переріз, враховуючи невизначеність інформації;
- врахувати фактичні значення основних складових витрат ( $K, c_0, E_n, P_a, \tau$  та ін.), беручи до уваги кон'юктурні умови для певних періодів часу;
- проводити аналіз впливу різних факторів на величину економічних інтервалів [4].

Розрахунок граничного струму для кабелю ААБл-10 перерізом  $50 \text{ мм}^2$ :

$$I_{зрм} = \sqrt{\frac{E_n + P_a}{3 \cdot (r_{0i-1} - r_{0i}) \cdot \tau}} \cdot \sqrt{\frac{K_{i+1} - K_i}{c_0}} = \sqrt{\frac{0,12 + 0,04}{3 \cdot (0,641 - 0,443) \cdot 1575}} \cdot \sqrt{\frac{85,82 - 72,34}{0,51 \cdot 10^{-6}}} = 67,23 \text{ А}$$

Розрахувавши граничні струми визначимо економічну густину для кожного перерізу за формулою:

$$j_{ек} = \frac{I_{зрм}}{F}. \quad (10)$$

$$j_{ек} = \frac{67,23}{50} = 1,34 \text{ А/мм}^2.$$

Отримані результати занесемо до таблиці 3.

Економічна густина кабелю марки ААБл-10							
Переріз	50	70	95	120	150	185	240
К, тис. грн/км	72340	85820	100860	112360	132710	155510	181590
$r_0$ , Ом/км	0,641	0,443	0,32	0,253	0,206	0,164	0,125
$C_0$ , грн/кВт·год	0,51						
Ігрн, А	0 – 67,23	67,23 – 90,1	90,1 – 106,7	106,7 – 169,5	169,5 – 189,8	189,8 – 210,7	210,7 – .....
жек, А/мм <sup>2</sup>	0 – 1,34	1,34 – 1,28	1,28 – 1,12	1,12 – 1,41	1,41 – 1,26	1,26 – 1,13	1,13 – .....

В розрахунках використовуємо середнє значення густини струму на інтервалі для кожного відповідного перерізу.

Для кабелю ААБл-10 перерізом  $F_1 = 50 \text{ мм}^2$ ,  $I_1 = 2 \cdot 50 \cdot 0,67 = 67$ ,  
 $P_1 = \sqrt{3}UI \cos \varphi = \sqrt{3} \cdot 10 \cdot 67 \cdot 0,8 = 928 \text{ кВт}$ ,  $Q_1 = \sqrt{3}UI \sin \varphi = \sqrt{3} \cdot 10 \cdot 67 \cdot 0,6 = 696 \text{ квар}$ .

Втрати напруги в мережі до встановлення конденсаторних батарей рівна:

$$\Delta U_1 = \frac{PR - QX}{10U_n^2}, \quad (11)$$

А після встановлення:

$$\Delta U_2 = \frac{\delta P \cdot PR - (Q - Q_k)X}{10U_n^2}. \quad (12)$$

Виходячи з цих двох рівнянь та приймаючи умову, що  $\Delta U_1 = \Delta U_2$ , отримаємо вираз за яким знайдемо потужність конденсаторних батарей яка необхідна для досягнення ефекту збільшення пропускної здатності отриманого при заміні перерізу кабельних ліній:

$$Q_k = P_1 \frac{r_0}{x_0} (\delta P - 1). \quad (13)$$

Знаходимо значення потужності конденсаторних батарей:

- заміна перерізу на одну ступінь з  $F_1 = 50 \text{ мм}^2$  на  $F_2 = 70 \text{ мм}^2$ :

$$Q_k = P_1 \frac{r_0}{x_0} (1,394 - 1) = 928 \cdot \frac{0,641}{0,08} \cdot 0,394 = 2930 \text{ квар}$$

- заміна перерізу на дві ступінь з  $F_1 = 50 \text{ мм}^2$  на  $F_2 = 95 \text{ мм}^2$ :

$$Q_k = P_1 \frac{r_0}{x_0} (1,845 - 1) = 928 \cdot \frac{0,641}{0,08} \cdot 0,845 = 6285 \text{ квар}$$

Отримані розрахунки заносимо до таблиці 4 та таблиці 5.

За критерієм умов режиму напруги неможливо досягти ефекту збільшення пропускної здатності кабельних ліній при застосуванні конденсаторних батарей, ні при порівнянні з заміною перерізу кабельної лінії на один переріз, ні на два, в обох випадках має місце перекомпенсація.

1.3 За умовами зниження втрат потужності.

Втрати активної потужності в кабельних лініях без компенсації реактивної потужності:

$$\Delta P_1 = \frac{P^2 + Q^2}{U^2} \cdot R \cdot 10^{-3}, \quad (14)$$

з компенсацією реактивної потужності:

$$\Delta P_2 = \frac{P^2 + (Q - Q_k)^2}{U^2} \cdot R \cdot 10^{-3}, \quad (15)$$

тоді збільшення пропускної здатності кабельних ліній буде рівна:

$$\delta \Delta P = \Delta P_1 - \Delta P_2 = \frac{R \cdot 10^{-3}}{U^2} \cdot (P^2 + Q^2 - P^2 - Q^2 + 2Q \cdot Q_k - Q_k^2) = \frac{R \cdot 10^{-3}}{U^2} (2Q \cdot Q_k - Q_k^2) = k_3 \cdot \Delta P_1 \quad (16)$$

Після перетворення отримаємо вираз:

$$2Q \cdot Q_k - Q_k^2 - k_3 (P_1^2 + Q_1^2) = 0. \quad (17)$$

Виконаємо розрахунок для кабельної лінії ААШв-10, заміна перерізу на одну ступінь з  $F_1 = 50 \text{ мм}^2$  на  $F_2 = 70 \text{ мм}^2$ :

$$2Q \cdot Q_k - Q_k^2 - 0,29 \cdot (P_1^2 + Q_1^2) = 0,$$

Розрахувавши квадратне рівняння та вибравши найменший з двох коренів, знайдемо значення  $Q_k = 542$  квар.

Виконаємо розрахунок заміни перерізу на дві ступені з  $F_1 = 50 \text{ мм}^2$  на  $F_2 = 95 \text{ мм}^2$ :

$$2Q \cdot Q_k - Q_k^2 - 0,474 \cdot (P_1^2 + Q_1^2) = 0.$$

З рівняння отримуємо  $Q_k = 1179$  квар.

Отримані розрахунки заносимо до таблиці 4 та таблиці 5.

Таблиця 4

Потужність конденсаторних батарей(КБ) при досягненні збільшення ефекту пропускної здатності кабельної лінії при заміні перерізу на одну ступінь

Переріз	Потужність КБ за умовами нагріву, квар	Потужність КБ за умовами зниження втрат активної потужності, квар	Потужність КБ за умовами режиму напруги, квар
50-70	890	542	1905
70-95	891	685	2389
95-120	1155	706	3142
120-150	1251	851	4146
150-185	1458	998	4614
185-240	1815	1173	5686

Таблиця 5

Потужність конденсаторних батарей(КБ) при досягненні збільшення ефекту пропускної здатності кабельної лінії при заміні перерізу на дві ступені

Переріз	Потужність КБ за умовами нагріву, квар	Потужність КБ за умовами зниження втрат активної потужності, квар	Потужність КБ за умовами режиму напруги, квар
50-95	1091	1179	2389
70-120	1351	1288	3142
95-150	1610	1435	4146
120-185	1922	1706	4614
150-240	2182	2052	5686

Отримання збільшення пропускної здатності кабельних ліній при застосуванні конденсаторних батарей можливе за критеріями умов нагріву та умов зниження втрат активної потужності, але за критерієм умов нагріву лише при порівнянні з ефектом досягнутому при заміні перерізу кабельної лінії на один переріз, в випадку заміни перерізу на дві ступені має місце перекомпенсація. А за критерієм умов режиму напруги присутня перекомпенсація в обох випадках.

## 2. Підвищення пропускної здатності шляхом заміни існуючої лінії на один стандартний переріз та використання компенсації реактивної потужності, з отриманням ефекту збільшення пропускної здатності від заміни існуючої лінії на два стандартних перерізу:

2.1 За умовами нагрівання.

Розглянемо лінію виконану кабелем ААШв-10, при заміні на один стандартний переріз з  $F_1 = 50 \text{ мм}^2$  на  $F_2 = 70 \text{ мм}^2$   $\delta P_{n=1} = k_{1,n=1} P_1 = 0,238 P_1$ , а при заміні на два перерізи з  $F_1 = 50 \text{ мм}^2$  на  $F_2 = 95 \text{ мм}^2$   $\delta P_{n=2} = k_{1,n=2} P_1 = 0,476 P_1$ .

$$\Delta \delta P = (k_{1,n=2} - k_{1,n=1}) P_1, \quad (18)$$

$$\Delta \delta P = (0,476 - 0,238) P_1 = 0,238 P_1.$$

З отриманих даних визначимо  $\cos \varphi_2 = 1,238 \cdot \cos \varphi_1 = 1,238 \cdot 0,8 = 0,99$ ,  $Q_2 = P_1 \tan \varphi_2 = 1445 \cdot 0,139 = 201$  квар. Тоді потужність конденсаторної установки буде рівна:

$$Q_k = Q_1 - Q_2 = 1091 - 201 = 890 \text{ квар}.$$

Визначимо зниження необхідної потужності конденсаторних батарей:

$$\Delta Q_k = \frac{Q_{k,n=1} - Q_k}{Q_{k,n=1}} = \frac{890 - 890}{890} = 0. \quad (19)$$

Отримані данні занесемо до таблиці 6.

2.2 За умовами режиму напруги.

При заміні на один стандартний переріз з  $F_1 = 50 \text{ мм}^2$  на  $F_2 = 70 \text{ мм}^2$   $\delta P_{n=1} = k_{2,n=1} P_1 = 0,394 P_1$ , а при заміні на два з  $F_1 = 50 \text{ мм}^2$  на  $F_2 = 95 \text{ мм}^2$   $\delta P_{n=2} = k_{1,n=2} P_1 = 0,845 P_1$ .

$$\Delta \delta P = (k_{2,n=2} - k_{2,n=1}) P_1,$$

$$\Delta \delta P = (0,845 - 0,394) P_1 = 0,451 P_1.$$

З отриманих розрахунків визначимо:

$$Q_k = P_1 \frac{r_0}{x_0} (1,451 - 1) = 928 \cdot \frac{0,641}{0,08} \cdot 0,451 = 3354 \text{ квар}.$$

Отримані данні занесемо до таблиці 6.

2.3 За умовами зниження втрат потужності.

При заміні на один стандартний переріз з  $F_1 = 50 \text{ мм}^2$  на  $F_2 = 70 \text{ мм}^2$   $\delta P_{n=1} = k_{3,n=1} P_1 = 0,29 P_1$ , а при заміні на два з  $F_1 = 50 \text{ мм}^2$  на  $F_2 = 95 \text{ мм}^2$   $\delta P_{n=2} = k_{3,n=2} P_1 = 0,474 P_1$ .

$$\Delta \delta P = (k_{3,n=2} - k_{3,n=1}) P_1,$$

$$\Delta \delta P = (0,474 - 0,29) P_1 = 0,184 P_1.$$

З отриманих розрахунків визначимо:

$$2Q \cdot Q_k - Q_k^2 - 0,184 \cdot (P_1^2 + Q_1^2) = 0,$$

Розрахувавши квадратне рівняння та вибравши найменший з двох коренів, знайдемо значення  $Q_k = 607 \text{ квар}$ .

Визначимо зниження необхідної потужності конденсаторних батарей:

$$\Delta Q_k = \frac{Q_{k,n=1} - Q_k}{Q_{k,n=1}} = \frac{1179 - 697}{1179} = 0,485.$$

Отримані данні занесемо до таблиці 6.

Таблиця 6

Потужність конденсаторних батарей(КБ) при досягненні збільшення ефекту пропускної здатності кабельної лінії при заміні перерізу на дві ступені, при застосуванні комбінованого методу

Переріз	Потужність КБ за умовами нагріву, квар	Потужність КБ за умовами зниження втрат активної потужності, квар	Потужність КБ за умовами режиму напруги, квар
50-95	890	607	2389
70-120	1033	428	3142
95-150	753	390	4146
120-185	739	335	4614
150-240	1058	292	5686

Можна зробити висновок, що за критерієм режиму напруги неможливо досягти ефекту збільшення пропускної здатності кабельних ліній, отриманого при заміні перерізу будь яким методом через те, що присутня перекомпенсація. А за умовами нагріву та умовами втрат активної потужності при комбінованому методі отримуємо необхідний ефект, а також маємо змогу зменшити потужність встановлюваних конденсаторних батарей.

#### Висновки:

1. З ростом щільності електричного навантаження та приєднанням нових споживачів електроенергії, виникає проблема обмеження пропускної здатності електричних мереж. В зв'язку з цим виникає необхідність здійснення заходів по підвищенню пропускної здатності, а поряд досягнення вищої якості електроенергії.

2. Технічні засоби компенсації реактивної потужності дозволяють підвищити пропускну здатність елементів електричних мереж, але рідко можна досягти відповідного ефекту який досяжний при заміні перерізу жил кабелів, покращити показники якості електроенергії, значно знизити втрати електричної енергії та потужності.

3. Зменшення перетоків реактивної потужності призведе до зменшення втрат активної та реактивної потужності, покращення режиму напруги, не призведе до підвищення тарифів безпосередньо для споживачів та зменшить перевитрати палива.

4. Критерієм економічності при виборі і розрахунку компенсуючих пристроїв є мінімум витрат. При визначенні величини витрат необхідно враховувати: затрати на встановлення КП і додаткового обладнання – комутаційних апаратів, пристроїв автоматики і т.п.; зниження вартості обладнання трансформаторних підстанцій і вартості спорудження живлячих та розподільних мереж, обумовленого

зменшенням струмових навантажень; зниження втрат електроенергії в постачальній та розподільній мережі; зменшення втрат активної потужності при максимумі навантаження енергосистеми.

**Список літератури**

1. Зорин В.В. Заходи по підвищенню ефективності режимів діючих розподільних електричних мереж / Зорин В.В. Буйний Р.А. Іванько Д.О. Енергетика: економіка, технології, екологія №2 - 2011 70-77с.
2. Зорин В.В., Тісленко В.В. Системи електропостачання загального призначення Чернігів 2005 - 341с.
3. Правила улаштування електроустановок, видання третє перероблене та доповнене УДК627.31(060.13), Мінпаливенерго України 2012р. 736с.
4. Зорин В.В., Штогрин С.А., Буйний Р.О. Електричні мережі та системи Ніжин 2011-248с.

V.V Zorin., O.M. Majstrenko

National Technical University of Ukraine «Kyiv Polytechnic Institute»

**RAISING THROUGHPUT CABLE LINES OF ELECTRICITY TRANSMISSION BY VOLTAGE  
6-10 KV USING REACTIVE POWER COMPENSATION**

*Given the scientific - technical comparison of measures to increase the capacity of existing cable lines: using reactive power compensation and replacement of cable cross sections, in terms of physical and moral deterioration of electrical networks in Ukraine, changing the structure of consumption and projected gradual growth of electricity consumption by all groups of consumers. Question by reactive power generation are of great importance, as the need for it is increasing due to extensive use of power consumers with sufficiently low power factor. Reactive power balance should be ensured in all operating modes of power supply system: normal, after the emergency, repair. When the post-accident and repair modes use all the means for generating reactive power, regardless of their efficiency. Compensating devices are also used as a means of regulating the voltage to ensure optimum voltages in electrical networks .*

**Key words:** throughput of transmission cable lines, power compensation, section of cables, mode of operation, power losses.

1. Zorin V.V. Measures to improve the efficiency of existing modes of distribution electric networks / Zorin V.V. Buyniy R.O. Ivanko D.O. Energy: economy, technology, ecology № 2 - 2011 70-77p.
2. Zorin V.V., Tislenko V.V. Power supply systems for general purpose Chernihiv2005 - 341 p.
3. Rules for Electrical Installation, third edition, revised and enlarged UDC 627.31 (060.13) Ministry of Energy of Ukraine, 2012. 736s.
4. Zorin V.V., Shtogrin E.A., Buyniy R.O. Electrical networks and systems Nizhin 2011-248p.

УДК 621.316.1.017

**В.В. Зорин**, д-р техн. наук, професор; **О.М. Майстренко**

**Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт»**

**ПОВЫШЕНИЕ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ КАБЕЛЬНЫХ ЛИНИЙ  
ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧ НАПРЯЖЕНИЕМ 6-10 КВ С ПОМОЩЬЮ КОМПЕНСАЦИИ  
РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ**

*Приведено научно - техническое сравнение мероприятий по повышению пропускной способности существующих кабельных линий: с помощью компенсации реактивной мощности и замены сечения жил кабелей , в условиях физической и моральной изношенности электрических сетей Украины , изменения структуры электропотребления и прогнозируемого постепенного роста объемов потребления электрической энергии всеми группами потребителей. Вопросы генерирования реактивной мощности имеют большое значение, так как потребность в ней возрастает в связи с широким применением электроприемников с достаточно низким коэффициентом мощности. Баланс реактивной мощности должен обеспечиваться при всех режимах работы системы электроснабжения: нормальном, послеаварийном, ремонтном. При послеаварийном и ремонтном режимах используются все средства генерации реактивной мощности независимо от их экономичности. Компенсирующие устройства используются также в качестве одного из средств регулирования напряжения с целью обеспечения оптимального режима напряжений в электрических сетях.*

**Ключевые слова:** пропускная способность кабельных линий, реактивная мощность, сечение кабелей, режим работы.

Надійшла 21.02.2014

Received 21.02.2014



## АНАЛИЗ РАСЧЕТА МОЩНОСТИ ДОЗЫ ГАММА-ИЗЛУЧЕНИЯ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ЗАЩИТЫ

*Обеспечение ядерной и радиационной безопасности персонала на объектах использующих источники ионизирующего излучения и ядерные делящиеся материалы является одной из основных задач на всех этапах жизненного цикла этих объектов. Для минимизации доз облучения персонала, при проектировании основное внимание уделяют правильности выбора биологической защиты. Эффективность биологической защиты должна быть подтверждена расчетами мощности экспозиционной дозы в местах возможного нахождения персонала. Такие расчеты обычно не включают расчет «огибающего» многократно рассеянного гамма-излучения. Особый интерес представляет определение пространственного распределения полей «огибающего» многократно рассеянного гамма-излучения с помощью расчетных кодов. Результаты расчетов показали, что выбор оптимальной толщины стенки биологической защиты необходимо проводить с учетом расчетов «огибающего» многократно рассеянного гамма-излучения, для недопущения превышения допустимых дозовых нагрузок на персонал. Также, для надежной защиты персонала ядерно-физических объектов необходимо учитывать пространственное распределение мощности экспозиционной дозы.*

**Ключевые слова:** рассеянное гамма-излучение, биологическая защита, ионизирующее излучение, ядерная и радиационная безопасность.

### 1. Введение

Обеспечение ядерной и радиационной безопасности персонала на объектах использующих источники ионизирующего излучения и ядерные делящиеся материалы является одной из основных задач на всех этапах жизненного цикла этих объектов.

Одними из основных проектных решений по обеспечению ядерной и радиационной безопасности персонала являются установление контролируемых уровней и зонирование помещений объекта.

Для минимизации доз облучения персонала, при проектировании основное внимание уделяют правильности выбора биологической защиты. Для корректного проектирования необходимо установить критерий оптимальности биологической защиты.

Для того чтобы точно указать в проекте характеристики биологической защиты, необходимо определить характеристики и указать активность источников ионизирующего излучения, выполнить оценки мощности дозы и активности радиоактивных веществ в воздухе и плотности поверхностного загрязнения оборудования, конструкций и стен.

Эффективность биологической защиты установок, на которых планируется использование источников ионизирующего излучения, должна быть подтверждена расчетами мощности экспозиционной дозы в местах возможного нахождения персонала. Такие расчеты обычно не включают расчет «огибающего» многократно рассеянного гамма-излучения. Это компенсируют консерватизмом, заложенным в основу расчетов мощности дозы за биологической защитой, что достигается путем введения коэффициента запаса.

### 2. Анализ публикаций, исследований и нормативной литературы

Согласно [1], проектирование стационарной биологической защиты от внешнего облучения персонала необходимо проводить с коэффициентом запаса по годовой эффективной дозе равным 2.

В работе [2] представлены полученные экспериментальным путем данные по распределению «огибающего» многократно рассеянного гамма-излучения от ускорителя частиц мощностью 4 МВт при работе на мощности. Для регистрации «огибающего» многократно рассеянного гамма-излучения использовался специальный передвижной «щелевой» прибор, позволяющий определить интенсивность рассеянного гамма-излучения с разных направлений. Также показано, что доля «огибающего» многократно рассеянного гамма-излучения может иметь существенный вклад в мощность экспозиционной дозы облучения персонала. Экспериментальным путем подтверждено, что для снижения интенсивности в «пиках» распределения радиационного поля необходимо добиться более равномерного распределения рассеяния внутри защиты ускорителя.

Исследование путей оптимизации конструкций противорадиационной защиты промышленных установок представлено в работе [3]. Показано что с учетом механизмов формирования полей «огибающего» многократно рассеянного гамма-излучения можно получить более точные данные для