

Для організації та координації всього комплексу питань, пов'язаних із забезпеченням екологічної безпеки в нафтогазовому комплексі, доцільно було б створити в Україні „Національний центр екологічного менеджменту та чистого виробництва для нафтогазової галузі”, як це зроблено в багатьох нафтогазових країнах світу.

Література

1. Закон України „Про основи національної безпеки України” // Відомості Верховної Ради. – 2003. – № 39. – С. 351.
2. Журавльов Е.П., Гетьман В.В. Сучасний погляд на технологічну безпеку // Проблеми національної безпеки. – 2006. – № 1. – С. 1-8.
3. Закон України „Про екологічний аудит” від 24.06.2004 р., № 18962-IV.

У [1] наведено результати аналітичних та експериментальних досліджень режимів спожи-

4. Про організацію роботи щодо впровадження екологічних міжнародних стандартів ISO серії 14000: Наказ Міністерства охорони навколишнього природного середовища України від 13.10.2004 р., № 392.

5. ISO 14031 – Директиви з оцінки стану навколишнього природного середовища.

6. ISO 14011 – Директиви з екологічного аудиту. Аудит системи охорони навколишнього природного середовища, 1996 р.

7. ISO 14004 – Системи управління охороною навколишнього середовища.

8. Барановський В.А., Тищенко П.Г., Дмитрук О.Ю. Україна. Техногенна безпека. – К., 2004. – 35 с. ISBN 966-96-017-5-4 УДК 910.1:528.94

9. Барановський В.А., Тищенко П.Г. Агро-екологічна оцінка ґрунтів. – К., 2002. – 35 с. УДК 910.1:528.94

УДК 621.316.1

ЗНИЖЕННЯ СПОЖИВАННЯ РЕАКТИВНОЇ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ ЕЛЕКТРОПРИВОДАМИ ШТАНГОВИХ ГЛИБИННИХ НАСОСІВ ШЛЯХОМ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ КОМПЕНСАЦІЇ

О.В.Соломчак, У.М.Маскевич, О.С.Возняк

ІФНТУНГ; 76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15, тел. (03422) 48003;
e-mail: epeo@iung.edu.ua

Проанализирована эффективность технологической компенсации реактивной нагрузки асинхронного электродвигателя привода штанговых глубинных насосов, зависимость оптимальной мощности конденсаторной батареи, которая должна быть подключена к двигателю, и коэффициентами, которые характеризуют график нагрузки этого двигателя. Произведено выбор оптимальной мощности конденсаторной батареи для индивидуальной компенсации в зависимости от характеристик нагрузки и режима напряжений.

Постановка проблеми, актуальність та доцільність досліджень. Змінний режим роботи та недовантаження асинхронних електродвигунів призводять до погіршення їх характеристик, зниження середнього коефіцієнта потужності і як результат надмірного споживання реактивної електроенергії.

Аналіз результатів останніх досліджень. Практика вибору конденсаторних батарей (КБ) за номінальною реактивною потужністю електродвигунів є невіправданою, оскільки при змінному навантаженні це призводить до генерування реактивної потужності, а згідно з діючою методикою оплати за перетоки реактивної електроенергії плата за генерування втричі більша за споживання реактивної електроенергії. Це зводить нанівець ефективність такої компенсації.

In the article the efficiency of technological compensation of the reactive power of barbell deep pump asynchronous electric drives, dependence of optimum power of capacitor battery which must be connected to the engine and by coefficients which characterized graphs of loading of this engine have been analyzed. The choice of optimum power of capacitor battery for individual compensation depending on loading graphs and mode of voltages has been made.

вання реактивної потужності асинхронними електродвигунами електропривода штангових глибинних насосів, показано можливість застосування індивідуальної (технологічної) компенсації шляхом з'єднання конденсаторної батареї з електродвигуном.

Мета досліджень. Метою роботи є аналіз ефективності технологічної компенсації реактивного навантаження асинхронного електродвигуна привода штангових глибинних насосів (ШГН) та вибір оптимальної потужності КБ для індивідуальної компенсації залежно від характеристик навантаження і режиму напруг.

Оптимальна потужність конденсаторної батареї повинна вибиратись [2] за умовою сумарних дисконтованих затрат

Таблиця 1 – Визначення залежності між $K\phi$ і Q_{opt} (при $K_{вик}=0,1$)

$K_{вик}=0,1 (I_c=2,9 \text{ A})$				
$K\phi$	I_{max}/I_{min}	$\cos \varphi$ (сер)	$Q_{opt}, \text{вар}$	$Q^*, \text{в.о.}$
1,000	2,9/2,9	0,446	1708,065	0,209
1,001	3,1/2,7	0,446	1706,473	0,209
1,003	3,3/2,5	0,446	1709,939	0,209
1,007	3,5/2,3	0,446	1701,584	0,208
1,012	3,7/2,1	0,446	1702,898	0,209
1,019	3,9/1,9	0,446	1694,84	0,208
1,028	4,1/1,7	0,445	1700,883	0,208
1,039	4,3/1,5	0,443	1675,71	0,205
1,049	4,5/1,3	0,445	1717,21	0,210
1,061	4,7/1,1	0,446	1730,381	0,212
1,078	4,9/0,9	0,445	1683,749	0,206
1,087	5,1/0,7	0,447	1769,092	0,217
1,105	5,3/0,5	0,442	1681,492	0,206
1,120	5,5/0,3	0,443	1730,442	0,212
1,146	5,7/0,1	0,440	1691,505	0,207

Коефіцієнт кореляції між $K\phi$ і Q_{opt} становить $K_{кор}=0,113$, середнє відносне значення оптимальної потужності КБ $Q^*=0,209$.

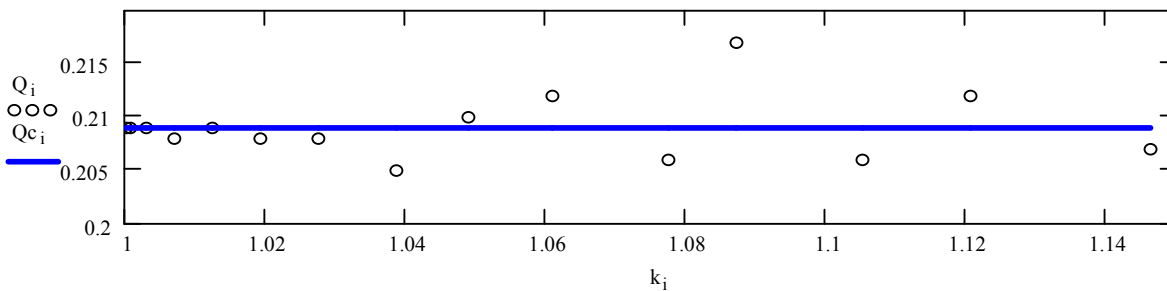


Рисунок 1 – Графік залежності Q_{opt} від $K\phi$ при $K_{вик}=0,1$

$$3_{\partial c} = (K - L) + \frac{B_{et} + B_{втр} + P_Q}{E}, \quad (1)$$

де: K – капітальні вкладення в засоби КРП, грн.;

L – ліквідна (залишкова) вартість демонтованого обладнання, грн.;

B_{et} – річні витрати на експлуатацію засобів КРП, грн.;

$B_{втр}$ – вартість річних втрат електроенергії, грн.;

P_Q – річна плата за споживання і генерацію реактивної електроенергії, грн.;

E – норма дисконту (0,1-0,2).

Завдання досліджень. Завдання даного дослідження: визначити, чи існує залежність між оптимальною потужністю конденсаторної батареї, яку необхідно приєднати до двигуна, і коефіцієнтами, що характеризують графік навантаження цього двигуна.

Виклад основного матеріалу. Для вибору оптимальної потужності конденсаторної батареї при заданні графіків навантажень асинхронного

двигуна випадковим процесом авторами написано програму ОРТУМ1 на мові QBASIC, яка дала змогу змодельовати графік активного навантаження асинхронного електродвигуна марки 4AP16054У3 номінальною потужністю 15 кВт випадковим процесом, на його основі побудувати графік реактивного навантаження з урахуванням зміни $\cos \varphi$, обчислити коефіцієнти використання і форми цього графіка, а також визначити оптимальну потужність конденсаторної батареї за умовою (1).

Результати обчислень наведено в таблицях 1-3, на основі яких отримано залежності оптимальної потужності конденсаторної батареї від коефіцієнта форми $Q_{opt}=f(K\phi)$ при різних коефіцієнтах використання. Відносне значення потужності КБ $Q^* = Q_{opt} / Q_{ном.ад}$.

Як видно з отриманих результатів, помітної залежності між оптимальною потужністю конденсаторної батареї і коефіцієнтом форми графіка навантаження за струмом не простежується. З достатньою впевненістю можна говорити лише про наявну залежність між оптимальною потужністю КБ і коефіцієнтом викорис-

Таблиця 2 – Визначення залежності між $K\phi$ і Q_{opt} (при $K_{вик}=0,3$)

$K_{вик}=0,3 (I_c=8,7 A)$				
$K\phi$	I_{max}/I_{min}	$\cos \varphi$ (сер)	Q_{opt} , вар	Q^* , в.о.
1,000	8,7/8,7	0,678	4210,53	0,516
1,000	9/8,4	0,678	4219,546	0,517
1,001	9,3/8,1	0,677	4222,545	0,517
1,002	9,6/7,8	0,678	4218,576	0,517
1,003	9,9/7,5	0,676	4208,484	0,515
1,005	10,2/7,2	0,676	4192,801	0,513
1,007	10,5/6,9	0,676	4218,177	0,517
1,010	10,8/6,6	0,675	4190,911	0,513
1,013	11,1/6,3	0,675	4209,007	0,515
1,015	11,4/6	0,676	4222,479	0,517
1,020	11,7/5,7	0,673	4182,923	0,512
1,023	12/5,4	0,675	4240,195	0,519
1,028	12,3/5,1	0,671	4191,992	0,513
1,032	12,6/4,8	0,670	4192,46	0,513
1,037	12,9/4,5	0,669	4190,197	0,513
1,043	13,2/4,2	0,668	4185,345	0,513
1,049	13,5/3,9	0,667	4178,077	0,512
1,055	13,8/3,6	0,665	4168,519	0,510
1,061	14,1/3,3	0,664	4156,824	0,509
1,068	14,4/3	0,662	4199,12	0,514
1,075	14,7/2,7	0,660	4184,108	0,512
1,082	15/2,4	0,658	4167,358	0,510
1,090	15,3/2,1	0,657	4148,982	0,508
1,098	15,6/1,8	0,655	4187,266	0,513
1,106	15,9/1,5	0,653	4166,536	0,510
1,115	16,2/1,2	0,650	4144,53	0,508
1,124	16,5/0,9	0,648	4181,085	0,512
1,133	16,8/0,6	0,646	4157,355	0,509
1,142	17,1/0,3	0,643	4193,422	0,514
1,152	17,4/0	0,641	4168,35	0,510

Коефіцієнт кореляції між $K\phi$ і Q_{opt} становить $K_{кор}=-0,695$, середнє відносне значення оптимальної потужності КБ $Q^* = 0,513$.

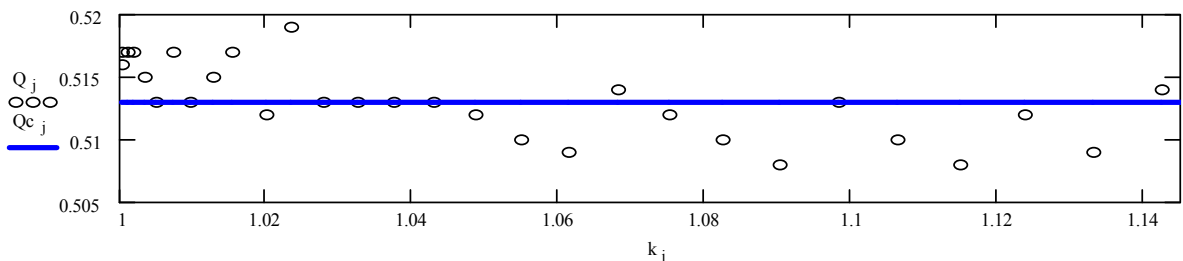


Рисунок 2 – Графік залежності Q_{opt} від $K\phi$ при $K_{вик}=0,3$

тання навантаження (із збільшенням $K_{вик}$ середнє значення Q_{opt} збільшується). Дана залежність, побудована за результатами усіх трьох таблиць, зображена на рис. 4.

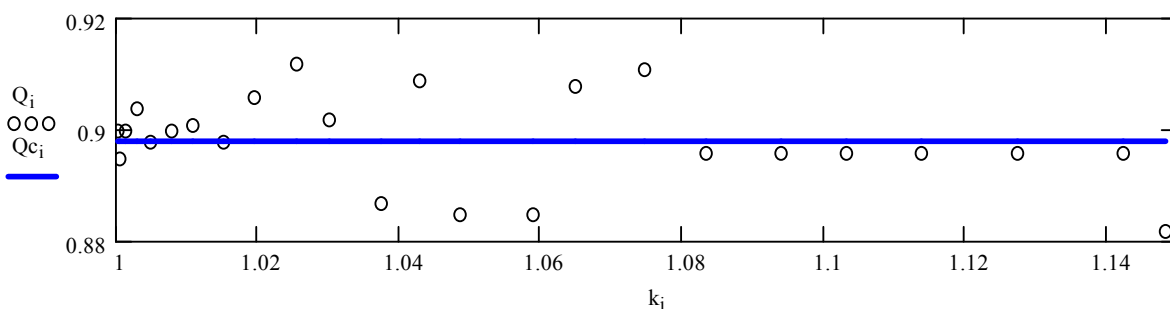
Вибір оптимальної потужності конденсаторної батареї з використанням експериментальних графіків навантажень. Для ана-

лізу було використано ряд експериментальних графіків навантажень електроприводів штангових глибинних насосів різної форми і потужності. За допомогою розробленої програми ОРТУМ2 було підібрано оптимальну потужність КБ для індивідуальної компенсації та обчислено характеристики графіків навантажень.

Таблиця 3 – Визначення залежності між $K\phi$ і Q_{opt} (при $K_{вик}=0,8$)

$K_{вик}=0,8$ ($I_c=23,2$ А)				
$K\phi$	I_{max}/I_{min}	$\cos \varphi$ (сер)	Q_{opt} , вар	Q^* , в.о.
1,000	23,2/23,2	0,877	7346,986	0,900
1,000	24,2/22,2	0,876	7309,956	0,895
1,001	25,2/21,2	0,876	7348,055	0,900
1,003	26,2/20,2	0,875	7384,734	0,904
1,005	27,2/19,2	0,874	7331,593	0,898
1,008	28,2/18,2	0,873	7349,391	0,900
1,011	29,2/17,2	0,871	7355,382	0,901
1,015	30,2/16,2	0,869	7337,043	0,898
1,019	31,2/15,2	0,867	7400,939	0,906
1,025	32,2/14,2	0,864	7447,887	0,912
1,030	33,2/13,2	0,862	7364,587	0,902
1,037	34,2/12,2	0,857	7243,359	0,887
1,043	35,2/11,2	0,856	7422,826	0,909
1,048	36,2/10,2	0,853	7229,007	0,885
1,059	37,2/9,2	0,847	7223,52	0,885
1,065	38,2/8,2	0,844	7414,311	0,908
1,075	39,2/7,2	0,840	7435,283	0,911
1,083	40,2/6,2	0,835	7319,105	0,896
1,094	41,2/5,2	0,830	7319,107	0,896
1,103	42,2/4,2	0,825	7319,076	0,896
1,114	43,2/3,2	0,819	7319,105	0,896
1,127	44,2/2,2	0,811	7319,105	0,896
1,142	45,2/1,2	0,804	7319,105	0,896
1,148	46,2/0,2	0,800	7202,92	0,882

Коефіцієнт кореляції між $K\phi$ і Q_{opt} становить $K_{кор}=-0,341$, середнє відносне значення оптимальної потужності КБ $Q^*=0,898$.

Рисунок 3 – Графік залежності Q_{opt} від $K\phi$ при $K_{вик}=0,8$

На основі результатів обчислень отримано залежності оптимальної потужності КБ (в.о.) залежно від коефіцієнта використання електродвигуна та крайніх значень коефіцієнта форми графіка навантаження за струмом (рис. 5). Враховуючи дискретність стандартних потужностей конденсаторних батарей і невелику розбіжність між залежностями при різних коефіцієнтах форми, для практичних розрахунків впливом форми графіка навантаження можна знехтувати. Аналітичні розрахунки свідчать, що при зростанні коефіцієнта форми графіка навантаження зростає термін окупності КБ.

Аналіз впливу напруги на режим компенсації реактивної потужності. Для дослідження впливу напруги на потужність конденсаторної батареї та режим споживання реактивної потужності використано експериментальні дані [1].

Для індивідуальної компенсації реактивної потужності асинхронного двигуна (30 кВт) штангово-глибинного насоса було вибрано КБ 0,4 кВ номінальною потужністю 13 кВАр, яка є оптимальною для даного графіка навантаження. Потужність КБ, підключеної до двигуна, не

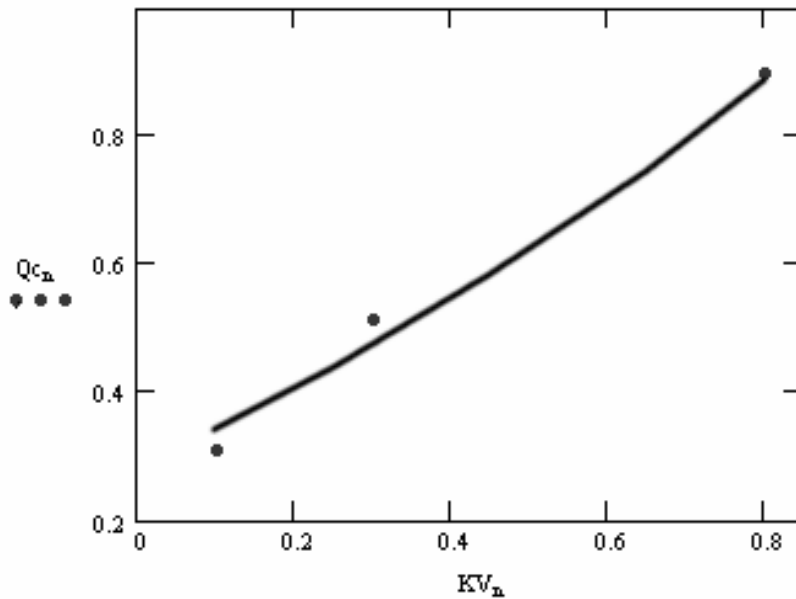


Рисунок 4 – Залежність відносного значення оптимальної потужності КБ від $K_{вн}$ при заданні графіка навантаження випадковим процесом

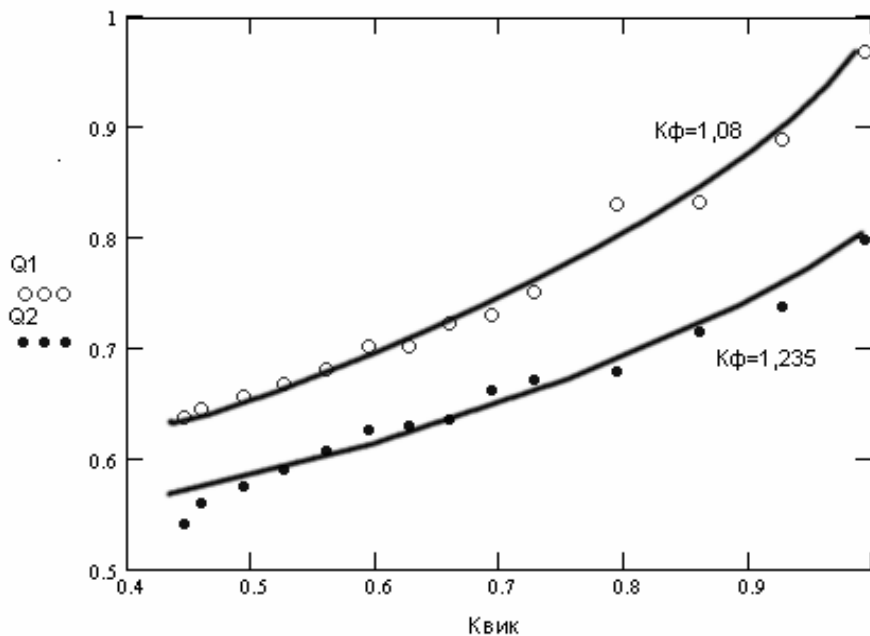


Рисунок 5 – Залежності оптимальної потужності конденсаторної батареї від коефіцієнта використання асинхронного двигуна 4AP16054У3 при різних коефіцієнтах форми

буде сталою, вона також буде змінюватися залежно від зміни напруги за законом

$$Q_{KB} = Q_{KB}^{НОМ} \cdot \left(\frac{U}{U_{НОМ}} \right)^2, \quad (2)$$

де: Q_{KB} – номінальна потужність конденсаторної батареї, кВАр;

U – фактична напруга на затискачах двигуна, В;

$U_{НОМ}$ – номінальна напруга двигуна, В.

На рис. 6 наведено графіки реактивного навантаження електродвигуна, фактичної по-

тужності КБ, а також результуючий скомпенсований графік споживання реактивної потужності. Як видно з рисунка, графік зміни потужності конденсаторної батареї фактично огинає графік споживання реактивної потужності АД, в результаті чого компенсація здійснюється значно ефективніше. Це спричинено взаємозв'язком напруги, активного та реактивного навантаження. Таким чином, можна зробити висновок, що використання нерегульованої конденсаторної батареї цілком виправдане.

Використання схеми індивідуальної компенсації потребує економічного обґрунтування

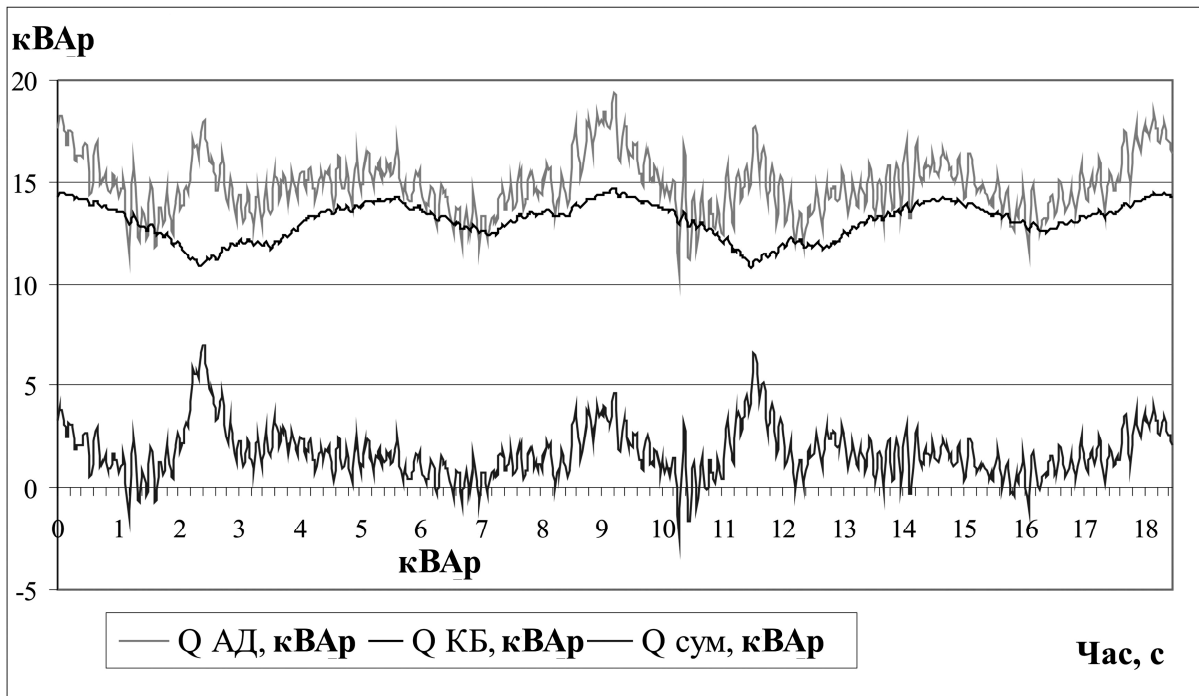


Рисунок 6 – Графіки споживання реактивної потужності до і після компенсації та потужності конденсаторної батареї

у кожному окремому випадку, оскільки при великій кількості електроприймачів і спільному обліку електроенергії може виявитись економічнішим варіант загальної компенсації автоматичними конденсаторними установками або груповими конденсаторними батареями.

ВИСНОВКИ

1. Оптимальна потужність конденсаторної батареї для індивідуальної компенсації залежить від середнього завантаження асинхронного електродвигуна та характеристики коефіцієнта потужності.

2. Від форми графіка навантаження електродвигуна залежить термін окупності індивідуальної компенсації.

3. З'єднана з асинхронним електродвигуном конденсаторна батарея змінює свою потужність прямо пропорціонально квадрату напруги, в результаті чого компенсація споживаної реактивної енергії здійснюється більш ефективно.

4. При розрахунках графіка реактивного навантаження електропривода необхідно враховувати фактичний коефіцієнт потужності електродвигуна та рівень напруги.

5. Для електродвигунів зі змінним навантаженням припустиме застосування індивідуальних нерегульованих конденсаторних батарей. Вибір оптимального варіанта компенсації необхідно виконувати на основі техніко-економічного порівняння та експериментального зняття графіка реактивного навантаження.

Література

1. Соломчак О.В., Ровінський В.А., Возняк О.С. Дослідження режимів споживання реактивної потужності асинхронними електродвигунами зі змінним навантаженням // Промислова електроенергетика та електротехніка. – 2005. – № 5. – С. 33-38.
2. Соломчак О.В. Методика вибору та порівняння варіантів компенсації реактивної потужності // Енергетика і електрифікація. – 2004. – № 9. – С. 23-26.
3. Соломчак О.В., Соломчак В.П., Нгуен Х.Н., Кіянюк О.І., Худа О.Б. Особливості компенсації реактивної потужності в електричних мережах нафтовидобувних підприємств // Розвідка і розробка нафтових і газових родовищ. – 2004. – № 2. – С. 97-100.