

Міністерство освіти і науки України

Національний гірничий університет

Методичні вказівки
до виконання лабораторної роботи ЕЗ-2

*“Дослідження впливу компенсації реактивної потужності на питомі
витрати електроенергії в системах електроспоживання”*
з дисципліни “Енергозбереження”
для студентів напрямку 0906 “Електротехніка”,
спеціальності 7.000008 „Енергетичний менеджмент”

Рекомендовано до видання науково-методичною радою академії
(протокол №18 від 14.12.2000 р.)

Дніпропетровськ
НГУ
2002

Методичні вказівки до виконання лабораторної роботи “Дослідження впливу компенсації реактивної потужності на питомі витрати електроенергії в системах електроспоживання” з дисципліни “Енергозбереження” для студентів напрямку 0906 “Електротехніка”, спеціальності 7.000008 „Енергетичний менеджмент” / Упорядн.: Л.В.Жиров, Ю.Т.Розумний, О.І.Хованська. – Дніпропетровськ: Національний гірничий університет, 2002.— 10 с.

Упорядники:

Л.В.Жиров, канд. техн. наук, доц.

Ю.Т.Розумний, д-р техн. наук, проф.

О.І.Хованська, канд. техн. наук, доц.

Відповідальний за випуск заст. завідувача кафедри систем електропостачання
С.І. Випанасенко, д-р. техн. наук, проф.

Лабораторна робота ЕЗ-2

Дослідження впливу компенсації реактивної потужності на питомі витрати електроенергії в системах електроспоживання

1. Мета роботи

Вивчити:

- основні заходи, що застосовуються в системах електроспоживання для зберігання електричної енергії;
- шляхи зменшення витрат електричної енергії у системах електричного привода;
- фізичне значення компенсації реактивної потужності;
- методи компенсації реактивної потужності;
- вплив конденсаторних батарей та загрузки двигуна на споживання реактивної потужності.

Виконавши лабораторну роботу, студент повинен знати:

- заходи з енергозбереження в системах електроспоживання;
- методи компенсації реактивної потужності;
- джерела реактивної потужності;
- методи зменшення споживання реактивної потужності;
- можливі заходи щодо енергозбереження стосовно умов, досліджених на лабораторній установці.

2. Методичні вказівки

Надійне електропостачання спільно з міжнародними конкурентоспроможними цінами на електроенергію має важливе значення для успішного розвитку сучасної економіки. Для України це набуває особливого сенсу, тому що її економіка здебільшого заснована на виробництві, а в цьому секторі економіки провідне положення займають енергоємні отрасли, відповідальні за виробництво сталі, хімічних продуктів, будівельних матеріалів. Тому вивчення заходів, що сприяють економії енергоресурсів й тим самим підвищують ефективність виробництва — необхідна та актуальна задача.

Одним з елементів систем електроспоживання є системи електричного привода. До шляхів підвищення ефективності роботи цих систем належать:

- скорочення або знищення проміжних передач;
- впровадження енергоефективних електродвигунів (двигунів з покращеними енергетичними характеристиками);
- підвищення ефективності роботи двигунів;
- використання регуляторів напруги.

Ефективна робота двигунів може бути отримане шляхами:

- підвищення завантаження двигунів;
- використання обмежувачів холостого ходу;
- заміни незавантажених двигунів двигунами меншої потужності.

Більшість приймачів змінного струму — споживачі реактивної потужності. До них належать асинхронні двигуни, трансформатори, зварювальні трансформатори, перетворювачі, реактори, електричні мережі. В асинхронних двигунах, які за балансом споживаємої підприємством реактивної потужності складають 60 % при повному завантаженні, реактивна потужність, що призначена на створення магнітного потоку, складає 50-70 % від активної потужності. Зі зміною споживання активної потужності реактивна змінюється незначно.

Реактивна потужність, що споживається асинхронними двигунами при номінальному навантаженні та номінальній напрузі:

$$Q_n = P_n \cdot \operatorname{tg} \varphi_n / \eta, \text{ квар,}$$

де P_n - номінальна потужність двигуна , кВт; η -номінальний ККД; $\operatorname{tg} \varphi_n$ -відповідає номінальному $\cos \varphi_n$ двигуна.

Реактивна потужність, що споживається в режимі холостого ходу

$$Q_0 = \sqrt{3} \cdot U_n \cdot I_0 \cdot 10^{-3}, \text{ квар,}$$

де I_0 - струм холостого ходу двигуна.

Головними причинами збільшеного споживання реактивної потужності на підприємствах є недовантаження та холостий хід асинхронних двигунів. Передача реактивної потужності по системі енергопостачання від електростанції до споживача призводить до ряду негативних наслідків.

1. Завантаження всіх елементів системи енергопостачання реактивною потужністю знижує пропускну спроможність трансформаторів, ліній , тому що при незмінній повній потужності зменшується її активна складова.

Для збільшення пропускну спроможності системи з активної потужності необхідно компенсувати реактивну потужність або встановити необхідне обладнання. Останнє пов'язане з новими капітальними витратами.

2. Передача реактивної потужності викликає додаткові втрати в мережах та інших елементах системи.

3. Реактивні навантаження викликають додаткові втрати напруги в елементах мережі(лініях, трансформаторах).

При виборі засобів компенсації реактивної потужності навантажень початковими є наступні дані, отримані з енергосистеми:

- найбільша величина реактивної потужності, яка може бути передана з енергосистеми в режимі її найбільших активних навантажень;
- найбільша величина реактивної потужності, яка може бути передана з енергосистеми в режимі її найменших активних навантажень;

- найбільша величина реактивної потужності, яка може бути передана з енергосистеми в післяаварійних режимах.

Усі дії щодо компенсації реактивної потужності можна розподілити на дві групи:

- що не потребують спеціальних компенсуючих пристроїв;
- пов'язані з застосуванням компенсуючих пристроїв, установка яких повинна бути обгрунтована техніко-економічними розрахунками.

До першої групи засобів належать:

- збільшення навантаження асинхронних двигунів ;
- зменшення холостого ходу асинхронних двигунів методом широкого застосування обмежувачів холостого ходу;
- заміна асинхронних двигунів, навантажених менше ніж на 60% на двигуни меншої потужності;
- при можливості заміна асинхронних двигунів синхронними;
- відключення або заміна трансформаторів, завантажених менше, ніж на 30%.

Синхронні електродвигуни, які використовуються як компенсатори реактивних навантажень, можуть виконувати роль генератора реактивного струму та при перезбудженні здатні гасити дефіцит реактивної потужності.

Джерелом реактивної потужності є також статичні конденсатори. Конденсатори, призначені для компенсації реактивних навантажень, складаються з секцій, які в залежності від робочої напруги та необхідної реактивної потужності з'єднуються паралельно, або паралельно-послідовно.

Реактивна потужність, вироблена конденсатором у систему, визначається як

$$Q = \omega \cdot C \cdot U^2 \cdot 10^{-3}, \text{ квар,}$$

де ω - кутова частота; C - ємність конденсатора; U - напруга мережі.

Таким чином, компенсація реактивної потужності — це переніс джерела реактивної потужності до шин споживача.

3.Описання лабораторної установки

На стенді змонтовані вимірювальні прилади (амперметр, фазометр, лічильники активної та реактивної потужності), комутаційні апарати, два асинхронних двигуни різної потужності, активне навантаження, три різні за потужністю групи батарей статичних конденсаторів для компенсації реактивних навантажень.

На передній панелі лабораторної установки розташовані вимірювальні прилади, комутаційні апарати та сигнальні лампочки.

4. Порядок виконання роботи

1. Увімкнути двигун АД1 на холостий хід, знімати показання лічильників протягом $T_x = 1$ хв, потім приєднати активне навантаження та продовжувати знімати показання ще протягом $T_m = 5$ хв.

2. Виконати такі ж самі вимірювання, як у пункті 1, для двигуна АД2.

3. Увімкнути двигун АД1. Після обчислення обертів лічильників за термін $T_x = 1$ хв., увімкнути активне навантаження та КУ, знімати показники впродовж терміну T_m .

4. Виконати дослідження пункту 3 для АД2.

5. Заповнити табл.1, використовуючи наведені нижче розрахункові співвідношення та вихідні дані з табл.2.

6. Провести аналіз залежності очікуваного зменшення питомих витрат енергії від коефіцієнта завантаження та коефіцієнта використання. Зробити висновок щодо заходів з енергозбереження.

5. Розрахункові співвідношення

1. Витрати активної енергії

$$W = n'_w \cdot W' / 1750 = n'_w \cdot K_I \cdot K_U / 1750, \text{ кВт} \cdot \text{год},$$

де $n'_w = (n_w \cdot 10) \cdot T_{cm}$;

$T_{cm} = 8$ год.

2. Витрати реактивної енергії

$$V = n'_v \cdot V' / 1750 = n'_v \cdot K_I \cdot K_U / 1750, \text{ квар} \cdot \text{год},$$

де $n'_v = (n_w \cdot 10) \cdot T_{cm}$; K_I, K_U - коефіцієнти трансформації струму та напруги (відповідно варіанта завдання з табл. 2); n_w, n_v - кількість обертів диска лічильників активної та реактивної енергії.

3. Середня активна потужність

$$P_c = W / T_{cm}, \text{ кВт}.$$

4. Середня реактивна потужність

$$Q_c = V / T_{cm}, \text{ квар}.$$

5. Розрахунковий коефіцієнт потужності:

$$\text{tg}\varphi = Q_c / P_c = V / W,$$

$$\cos\varphi = W / \sqrt{W^2 + V^2}.$$

6. Потужність батарей статичних конденсаторів для повної компенсації реактивної потужності

$$Q_{ky} = Q_c = P_c \cdot \text{tg}\varphi.$$

7. Очікуване зменшення питомих витрат електроенергії

$$\Delta \Xi = \frac{1}{\eta_{м.н} k_H} \left(k_H + \frac{\alpha(1 - \eta_{м.н})}{k_T} \right)$$

де $\eta_{м.н}$ - ККД робочої машини при повному завантаженні;

$k_H = P_M / P_{мном}$ - коефіцієнт завантаження;

$P_M = P_C$ - середня потужність, отримана двигуном з мережі при завантаженні;

$P_{мном}$ - номінальна потужність електродвигуна, кВт;

$K_T = T_M / (T_M + T_X)$ - коефіцієнт використання робочої потужності;

T_M - термін роботи машини з навантаженням, год;

T_X - термін холостої роботи, год;

α - коефіцієнт, залежний від типу та конструкції робочої машини, який дорівнює 0,7...0,9.

Результати вимірів та розрахунків

Таблиця 1

Режими	Показання приладів						Розрахункові параметри				
	cosφ	I, А	Кількість обертів лічильника		Витрати електроенергії		Середня потужність		cosφ	tgφ	Q _c , квар
			n _w	n _v	W, кВт·год	V, квар·год	P _c , кВт	Q _c , квар			
АД1(XX)+ навантаження АД2(XX)+ навантаження АД1(XX)+ навантажен- ня+КУ АД2(XX)+ навантажен- ня+КУ											

6. Домашня підготовка до роботи

Використовуючи рекомендовану літературу, вивчити наступні питання:

1. Завантаження двигунів та його вплив на енергетичні показники системи електроспоживання.
2. Питомі витрати електроенергії в залежності від режиму роботи двигунів.
3. Причини та фізичне значення компенсації реактивних навантажень.
4. Трикутник потужностей, співвідношення між повною, активною та реактивною потужностями.
5. Джерела реактивної потужності.
6. Методи компенсації реактивних навантажень.

7. Зміст звіту

1. Заходи з енергозбереження, що використовуються у системах електроспоживання.
2. Призначення компенсації реактивної потужності та коротка характеристика методів компенсації.
3. Таблиця з даними вимірів та розрахунків.
4. Приклади розрахунків.
5. Аналіз отриманих результатів та висновки щодо заходів з енергозбереження.

8. Контрольні запитання

1. Для чого необхідна реактивна потужність?
2. Чому споживання індуктивного струму мало збільшується при зростанні навантаження на валу двигуна?
3. Які недоліки викликає низький $\cos\varphi$?
4. Що характеризує величина $\cos\varphi$ та її фізичне значення?
5. Що таке компенсація реактивної потужності?
6. Які заходи з енергозбереження рекомендовані щодо систем електропривода?
7. Якими засобами можливо підвищення ефективності роботи двигунів?
8. Як впливає завантаження двигунів на витрати електроенергії?

Вихідні дані для розрахунків

Таблиця 2

Варіант	$\eta_{1м.н},$ %	$\eta_{2м.н},$ %	$P_{1м.ном},$ кВт	K_I	K_U	α	$P_{2м.ном},$ кВт
1	2	3	4	5	6	7	8
1	0,5	0,6	400	20	60	0,7	580
2	0,5	0,5	350	40	3,8	0,75	600
3	0,4	0,6	420	60	6,6	0,7	604
4	0,7	0,55	330	80	100	0,8	590
5	0,8	0,45	410	20	60	0,9	620
6	0,45	0,7	430	40	3,8	0,8	500
7	0,35	0,4	350	60	6,6	0,7	612
8	0,4	0,6	400	80	100	0,8	588

Продовження табл..2

1	2	3	4	5	6	7	8
9	0,55	0,45	415	20	60	0,7	620
10	0,7	0,6	313	40	3,8	0,9	615
11	0,6	0,7	330	60	6,6	0,9	593
12	0,5	0,6	410	80	100	0,8	620
13	0,5	0,5	315	20	60	0,8	616
14	0,4	0,6	430	40	3,8	0,75	590
15	0,7	0,55	440	60	6,6	0,9	635
16	0,8	0,45	450	80	100	0,7	590
17	0,45	0,7	360	20	60	0,7	640
18	0,35	0,4	330	40	3,8	0,8	635
19	0,4	0,6	405	60	6,6	0,9	612
20	0,55	0,45	430	80	100	0,7	640

9. Список літератури

1. Ермилов А.А. Основы электроснабжения промышленных предприятий'. - М.: Энергоатомиздат, 1986. - С.144-157.
2. Справочник по электроснабжению и электрооборудованию./Под общ. ред. А.А. Федорова.-М.: Энергия, 1986.-С.221-248.
3. Инструктивные материалы главэнергонадзора: Минэнерго СССР.-М.: Энергоатомиздат, 1986.-С.276-339.
4. Копытов Ю.М., Чуланов Б.А. Экономия электроэнергии в промышленности: Справочник.- М.: Энергоатомиздат, 1989.-234с.