



ДЕРЖАВНА СЛУЖБА  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ  
УКРАЇНИ

УКРАЇНА

(19) **UA**

(11) **84563**

(13) **U**

(51) МПК

**H02J 3/18** (2006.01)

## (12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

(21) Номер заявки: **u 2013 05041**

(22) Дата подання заявки: **19.04.2013**

(24) Дата, з якої є чинними  
права на корисну  
модель: **25.10.2013**

(46) Публікація відомостей  
про видачу патенту: **25.10.2013, Бюл.№ 20**

(72) Винахідник(и):

**Сокіл Анатолій Миколайович (UA),  
Карлик Євгеній Павлович (UA),  
Бялобржеський Олексій Володимирович  
(UA),  
Кушніренко Олександр Володимирович  
(UA)**

(73) Власник(и):

**КРЕМЕНЧУЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ  
УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ МИХАЙЛА  
ОСТРОГРАДСЬКОГО,  
вул. Першотравнева, 20, м. Кременчук,  
Полтавська обл., 39600 (UA)**

## (54) СПОСІБ РЕГУЛЮВАННЯ ПОТОКІВ РЕАКТИВНОЇ ПОТУЖНОСТІ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ПРОМИСЛОВОГО ПІДПРИЄМСТВА

(57) Реферат:

Спосіб регулювання потоків реактивної потужності системи електропостачання промислового підприємства включає регулювання реактивної потужності конденсаторної установки шляхом перемикання її ступенів, визначають розрахунковим шляхом на підставі вказаного еквівалента величину оптимальної потужності конденсаторної установки для нового режиму електроспоживання. На шинах понижуючої підстанції встановлюють регульовану конденсаторну установку. Перемикають рівні регулювання конденсаторної установки за критерієм рівня найчастішої появи реактивної потужності. Встановлюють нерегульовану конденсаторну установку в оптимальну точку системи електропостачання, яка компенсує реактивну потужність у місці її генерування.

**U  
UA 84563**



Корисна модель належить до галузі електротехніки, а саме до обладнання електричних мереж і може бути використана для підвищення економічних показників ліній електропередач змінного струму, а також в системах електропостачання промислових підприємств.

Відомий аналог [патент UA 55125, H02J3/12, 10.10.2010 Бюл. № 23. Спосіб оптимального регулювання потоків реактивної потужності промислового підприємства, Шестеренко В.Є., Білько О.В.], який передбачає регулювання потужності джерел реактивної потужності, в якому об'єднують всі джерела реактивної потужності в єдину систему і підключають окремі джерела за рекомендацією математичної оптимізаційної моделі, при цьому враховують втрати енергії в кожному типі джерела реактивної потужності і забезпечують мінімум втрат енергії в системі електропостачання промислового підприємства.

Суттєві ознаки, що збігаються з запропонованою корисною моделлю, є такі: регулюють реактивну потужність на підставі добового графіка навантаження; підключають окремі джерела реактивної потужності за результатами розрахунків.

Недоліками даного аналога є: не передбачають роботу конденсаторної установки для різкозмінного навантаження; компенсують реактивну потужність за допомогою синхронних двигунів, що призводить до збільшення питомих втрат.

Відомий аналог [патент UA 70551 A, G05F1/62, H02J3/18, 15.10.2004 Бюл. № 10. Спосіб регулювання реактивної потужності конденсаторної установки, Сулейманов В.М., Симоненко Л.В., Вакуленко С.Є., Мозирський В.І.], що включає регулювання реактивної потужності конденсаторної установки шляхом перемикання її ступенів регулювання, за яким перехід з  $i$ -го ступеня регулювання на  $j$ -ий ступінь регулювання ( $i=0,1\dots n$ , де  $n$  - кількість ступенів регулювання) і роботу на  $j$ -му ступені при даному електричному навантаженні об'єкта, на якому встановлена конденсаторна установка, здійснюють, коли сума активного навантаження об'єкта та повного сумарного економічного еквівалента реактивної потужності для цього ж об'єкта в точці встановлення приладів обліку споживаної електричної енергії на  $j$ -му ступені регулювання менша, ніж на  $i$ -му.

Суттєві ознаки, що збігаються з запропонованою корисною моделлю, є: регулюють змінний рівень реактивної потужності з допомогою регульованої конденсаторної установки; перемикають ступені регульованої конденсаторної установки за критерієм оцінки доцільності.

Недоліками даного аналога є: перемикають конденсаторні батареї з появою піків реактивної потужності, що є економічно недоцільно, відсутня конденсаторна батарея для компенсації сталого рівня реактивної потужності у системі електропостачання для зменшення питомих втрат активної потужності.

Відомий найближчий аналог [Спосіб регулювання реактивної потужності конденсаторної установки, патент UA 10387, G05F1/62, H02J3/18., бюл. № 11, 15.11.2005., Сулейманов В.М., Симоненко Л.В., Вакуленко С.Є.], згідно з яким після зміни навантаження промислового підприємства і перед переходом з попереднього ступеня регулювання на оптимальний наступний ступінь регулювання фіксують потужність конденсаторної установки на попередньому ступені регулювання, активні та реактивні потужності підприємства в точці встановлення приладів обліку споживаної електричної енергії та з конденсаторною установкою довільної потужності в новому режимі електроспоживання, визначають питомі прирости активного та реактивного навантаження при вказаній зміні потужності конденсаторної установки через абсолютну зміну споживання активної та реактивної потужності формують еквівалент споживаної активної потужності промисловим підприємством в функції потужності конденсаторної установки з урахуванням початкового навантаження нового режиму без конденсаторної установки та питомих пристроїв активного та реактивного навантаження в цьому режимі і визначають розрахунковим шляхом на підставі вказаного еквівалента величину оптимальної потужності конденсаторної установки для нового режиму електроспоживання, яка забезпечує мінімальне значення згаданого еквівалента.

Суттєві ознаки, що збігаються з запропонованою корисною моделлю, є: регулюють реактивну потужність конденсаторної установки шляхом перемикання її ступенів для забезпечення мінімального значення еквівалента споживаної активної потужності промисловим підприємством в точці встановлення приладів обліку споживаної активної потужності промислового підприємства, визначають розрахунковим шляхом на підставі вказаного еквівалента величину оптимальної потужності конденсаторної установки для нового режиму електроспоживання.

Недоліками даного найближчого аналога є: не розглядаються інші способи підключення конденсаторної установки в систему електропостачання; компенсація лише піків реактивної потужності.

В основу корисної моделі поставлено задачу зменшити втрати активної потужності в системі електропостачання встановивши нерегульовану конденсаторну установку в оптимальній точці системи електропостачання, встановлюють регульовану конденсаторну установку, яка компенсує найчастіші рівні появи реактивної потужності на шині низької напруги понижувальної підстанції.

Задачу вирішують тим, що у способі регулювання потоків реактивної потужності системи електропостачання промислового підприємства передбачає регулювання реактивної потужності конденсаторної установки шляхом перемикання її ступенів для забезпечення мінімального значення еквівалента споживаної активної потужності промисловим підприємством в точці установлення приладів обліку споживаної активної потужності промислового підприємства; визначають розрахунковим шляхом на підставі вказаного еквівалента величину оптимальної потужності конденсаторної установки для нового режиму електроспоживання згідно з корисною моделлю, на шинах понижуючої підстанції встановлюють регульовану конденсаторну установку, перемикають рівні регулювання конденсаторної установки за критерієм рівня найчастішої появи реактивної потужності, який визначають миттєвими діаграмами найчастіших появ рівнів реактивної потужності за певний інтервал часу, додатково встановлюють нерегульовану конденсаторну установку в оптимальну точку системи електропостачання, яка компенсує реактивну потужність у місці її генерування.

Все це зумовлює зменшення питомих втрат активної потужності у системі електропостачання а також зниження рівня реактивної потужності промислового підприємства.

Спосіб пояснюється наступними кресленнями, де на фіг. 1 наведено алгоритм визначення оптимального місця підключення нерегульованої конденсаторної установки, на фіг. 2 - алгоритм регулювання конденсаторної установки, на фіг. 3 - добовий графік навантаження реактивної потужності підприємства, де  $Q_{KY \text{ не рег.}}$  - рівень реактивної потужності нерегульованої конденсаторної установки;  $Q_{KY \text{ рег.}i}$  - рівень реактивної потужності, яку компенсує регульована конденсаторна установка;  $Q_{\max}$ ,  $Q_{\min}$  - максимальне і мінімальне значення реактивної потужності на добовому графіку, на фіг. 4 наведено діаграму найчастішої появи рівня реактивної потужності за добу, на якій  $Q_{KY \text{ не рег.}}$  - рівень реактивної потужності нерегульованої конденсаторної установки;  $Q_{KY \text{ рег.}1}$ ,  $Q_{KY \text{ рег.}2}$ ,  $Q_{KY \text{ рег.}3}$  - рівні реактивної потужності, яку компенсує регульована конденсаторна установка, на фіг. 5 представлена діаграма найчастішої появи рівня реактивної потужності за інтервал часу, на фіг. 6 наведено блок-схему системи електропостачання промислового підприємства з встановленими конденсаторними установками, де джерело живлення - 1, вимірювальний блок - 2, шина низької напруги трансформаторної підстанції - 3, навантаження - 4, нерегульована конденсаторна установка - 5, блок керування - 6, комутаційний пристрій - 7, регульована конденсаторна установка - 8.

Спосіб реалізують наступним чином. Визначають оптимальну точку підключення нерегульованої конденсаторної установки (фіг. 1). Критерієм оптимальності вибору точки підключення не регульованої конденсаторної установки - 8 (фіг. 6) є  $\Delta P \rightarrow \min$ . В блоці навантаження - 4 n-на кількість вузлів, в кожному з яких можна встановити конденсаторну установку, їхню потужність позначають як  $Q_{k1}$ ,  $Q_{k2}$ ,  $Q_{k3} \dots Q_{kn}$ . Конденсаторні установки розміщують у вузлах  $H_1$ ,  $H_2$ ,  $H_3 \dots H_n$ . Це дискретні змінні, кожна з яких може приймати два значення 0 або  $Q_k$ . Вибір значення  $Q_k$  проводиться за допомогою діаграми найчастішої появи рівня реактивної потужності побудованої за досліджуваний період часу (доба). Діаграму будують за допомогою математичного виразу Штюргеса і Стерджесса (фіг. 4):

$$p = \frac{Q_{\max} - Q_{\min}}{1 + 3,2 \cdot \ln b} \quad (1)$$

де  $p$  - коефіцієнт частоти появи рівня реактивної потужності,  $Q_{\max}$ ,  $Q_{\min}$  - максимальне і мінімальне значення реактивної потужності на добовому графіку (фіг. 3),  $b$  - кількість розрахункових точок за період часу.

Кожній змінній  $Q_{k1}$ ,  $Q_{k2}$ ,  $Q_{k3} \dots Q_{kn}$  ставлять у відповідності двійкову змінну  $\delta_1$ ,  $\delta_2$ ,  $\delta_3 \dots \delta_n$ .

Цільова функція, представляє собою втрати активної потужності у вибраній ділянці системи електропостачання

$$\begin{aligned} \Delta P = & a_1 \cdot (Q_1 + Q_2 + Q_3 + \dots + Q_n - Q_{k1} \cdot \delta_1 - Q_{k2} \cdot \delta_2 - Q_{k3} \cdot \delta_3 - \dots - Q_{kn} \cdot \delta_n)^2 + \\ & + a_2 \cdot (Q_2 + Q_3 + \dots + Q_n - Q_{k2} \cdot \delta_2 - Q_{k3} \cdot \delta_3 - \dots - Q_{kn} \cdot \delta_n)^2 + \\ & + a_3 \cdot (Q_3 + \dots + Q_n - Q_{k3} \cdot \delta_3 - \dots - Q_{kn} \cdot \delta_n)^2 + a_n \cdot (Q_n - Q_{kn} \cdot \delta_n)^2 \rightarrow \min, \quad (2) \end{aligned}$$

де  $a_i = Z_i^2 / U^2$ , ( $i=1,2,3 \dots n$ ),  $Z$  - повний опір i-го вузла блоку навантаження - 4 (фіг. 6),  $U$  - номінальна напруга системи електропостачання.

Вираз для втрат активної потужності передбачає встановлення конденсаторної установки у кожному  $H_n$ -му вузлі. Проте залежно від величини двійкової змінної  $\delta_1, \delta_2, \delta_3 \dots \delta_n$  конденсаторну установку в  $i$ -му вузлі встановлюють при  $\delta_i=1$  ( $i=1,2,3 \dots n$ ) або не встановлюють при  $\delta_i=0$ .

Оскільки конденсаторну установку встановлюють в одному вузлі - сума всіх двійкових змінних повинна дорівнювати 1,  $\delta_1+\delta_2+\delta_3+\dots+\delta_n=1$

Величина дискретної змінної  $Q_{ki}$  ( $i=1,2,3 \dots n$ ) залежить від значення відповідної двійкової змінної  $\delta_i$ . Змінній  $Q_{ki}$  присвоюється значення змінної  $Q_k$  при  $\delta_i=1$   $Q_{ki}=Q_k$  і  $Q_{ki}=0$  при  $\delta_i=0$ . Таким чином отримують  $Q_{k1}=Q_k \cdot \delta_1, Q_{k2}=Q_k \cdot \delta_2, Q_{k3}=Q_k \cdot \delta_3 \dots Q_{kn}=Q_k \cdot \delta_n$ .

Змінюють  $\delta_i$ , для кожного вузла і проводять розрахунок втрат активної потужності (2). У вузлі, де втрати активної потужності будуть мінімальними встановлюють нерегульовану конденсаторну установку - 5 (фіг. 6).

Регулюють рівень компенсації реактивної потужності наступним чином (фіг. 2). З вимірювального блока - 2 (фіг. 6) подається інформація про активну та реактивну потужність на блок управління - 6. Якщо у системі електропостачання відсутнє навантаження або рівень реактивної потужності системи електропостачання не перевищує потужності нерегульованої конденсаторної установки - 5 то конденсаторну установку - 8 вимикають комутуючим пристроєм - 7, а при наявності активного навантаження конденсаторна установка - 8 працює у сталому режимі компенсації реактивної потужності. Для зменшення частоти перемикання рівня регулювання конденсаторної установки, налаштовують рівень нечутливості та витримки часу. Якщо у системі електропостачання відбувається зміна реактивної потужності на більше значення, ніж налаштована зона нечутливості і триває довше витримки часу, то проводиться побудова діаграми найчастішої появи рівня реактивної (фіг. 5) потужності вибраного інтервалу часу за допомогою математичного виразу (1). Другий стовпчик діаграми (фіг. 5) вказує на необхідний рівень перемикання регульованої конденсаторної установки - 8. Конденсаторну установку перемикають на потрібний рівень і конденсаторна установка працює в усталеному режимі. Якщо значення реактивної потужності за період витримки часу повертається до раніше встановленого рівня нечутливості, то регульована конденсаторна установка - 8 надалі працює в усталеному режимі.

## 30 ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

Спосіб регулювання потоків реактивної потужності системи електропостачання промислового підприємства, що включає регулювання реактивної потужності конденсаторної установки шляхом перемикання її ступенів для забезпечення мінімального значення еквівалента споживаної активної потужності промисловим підприємством в точці встановлення приладів обліку споживаної активної потужності промислового підприємства, визначають розрахунковим шляхом на підставі вказаного еквівалента величину оптимальної потужності конденсаторної установки для нового режиму електроспоживання, який **відрізняється** тим, що на шинах понижуючої підстанції встановлюють регульовану конденсаторну установку, перемикають рівні регулювання конденсаторної установки за критерієм рівня найчастішої появи реактивної потужності, який визначають миттєвими діаграмами найчастіших появ рівнів реактивної потужності за певний інтервал часу, додатково встановлюють нерегульовану конденсаторну установку в оптимальну точку системи електропостачання, яка компенсує реактивну потужність у місці її генерування.

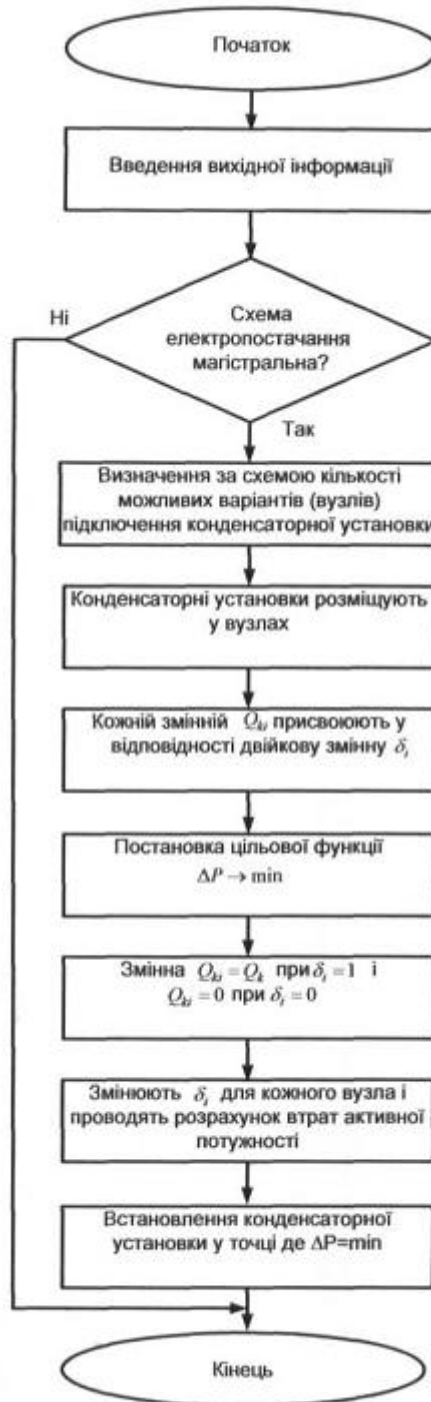
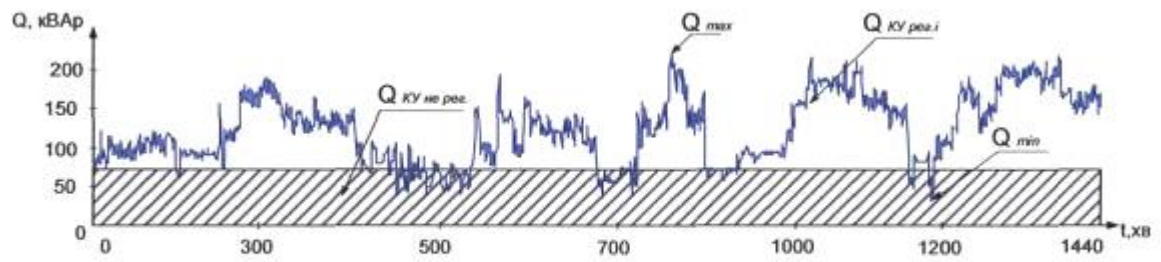


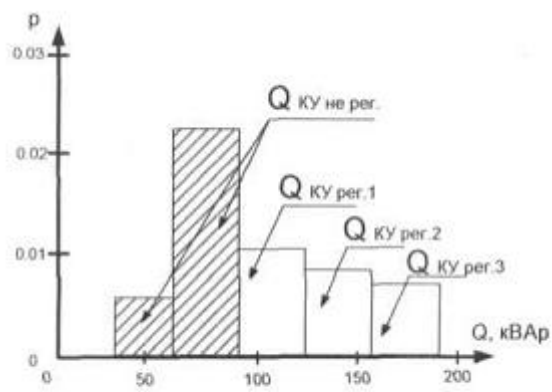
Fig. 1



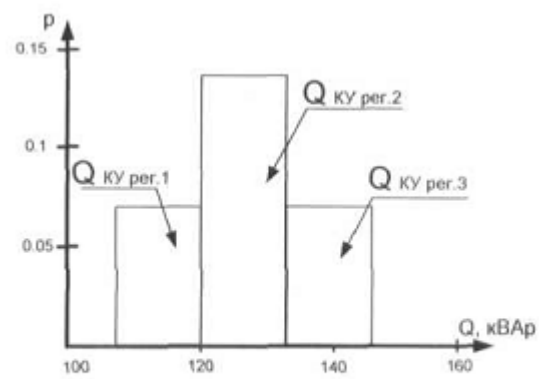
Фіг. 2



Фиг. 3

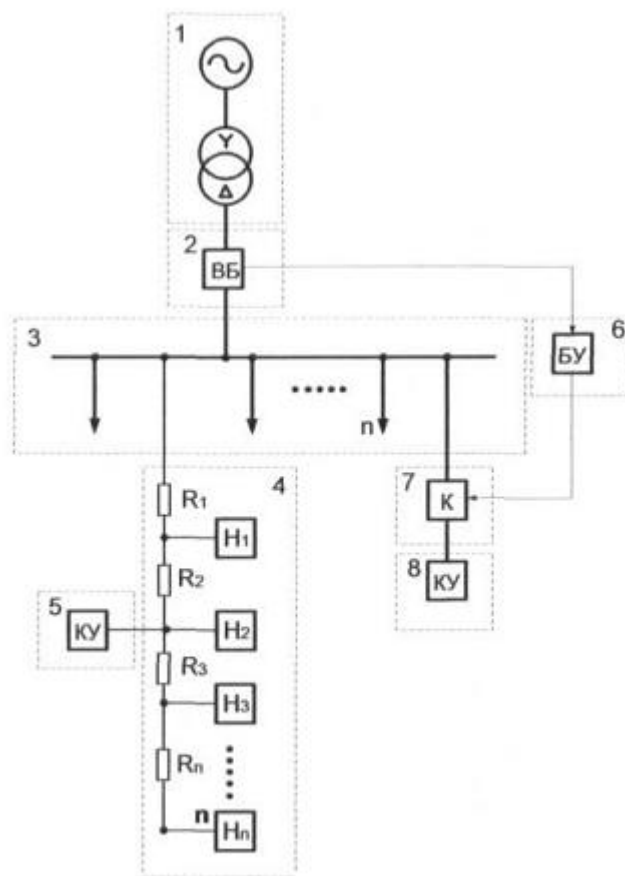


Фиг. 4



Фиг. 5





Фиг. 6