



УКРАЇНА

(19) UA (11) 36292 (13) A

(51) 6 G05F1/70

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ  
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ

## ОПИС

ДО ДЕКЛАРАЦІЙНОГО ПАТЕНТУ  
НА ВИНАХІДвидається під  
відповідальність  
власника  
патенту

## (54) АВТОМАТИЧНИЙ РЕГУЛЯТОР КОНДЕНСАТОРНИХ БАТАРЕЙ

(21) 99116486

(22) 30.11.1999

(24) 16.04.2001

(33) UA

(46) 16.04.2001, Бюл. № 3, 2001 р.

(72) Рогальський Броніслав Станіславович, Непийвода Василь Мусійович, Вознюк Сергій Іванович

(73) Вінницький державний технічний університет

(57) Автоматичний регулятор конденсаторних батарей, що складається з  $n$  давачів реактивної потужності, які встановлені у вузлах навантаження, та  $m$ - $n$  давачів реактивної потужності встановлених на вводах підприємства, виходи давачів підключені до відповідних входів обчислювального

пристрою, до двох інших входів якого підключені вихід задавача уставок вхідної реактивної потужності та вихід задавача еквівалентного активного опору ліній, що відходять, а виходи обчислювального пристрою підключені до входів виконавчих органів, який відрізняється тим, що в нього введений задавач уставок вхідної реактивної потужності  $i$ -го вузла при  $j$ -му режимі електроспоживання, задавач еквівалентного сумарного активного опору мережі споживача, задавач встановленої потужності конденсаторних установок в  $i$ -му вузлі, виходи введених задавачів з'єднані з трьома відповідними інформаційними входами обчислювального пристрою.

Винахід відноситься до електроенергетики і може бути використаний на будь-якому підприємстві для автоматичного управління конденсаторними установками (КУ).

Відомо цілий ряд автоматичних регуляторів КУ:

- за величиною реактивної потужності та напруги (МКИ G 05 F 1/70, а.с. № 941969);
- за величиною  $\cos \varphi$  (МКИ G 05 F 1/70, а.с. № 1108420);
- який реалізує спеціальний закон управління (МКИ G 05 F 1/70, а.с. № 1096628);
- за мінімумом втрат (МКИ G 05 F 1/70, а.с. № 144979).

Загальним недоліком відомих пристроїв є те, що після виконання управляючих дій (включення, відключення секцій КУ) для виконання вимог енергосистеми до споживання реактивної потужності з її мереж та оптимального (за мінімумом втрат активної потужності та енергії) поточкорозподілення некомпенсованої частини реактивної потужності по мережі підприємства, не здійснюється контроль: наскільки отримане поточкорозподілення відповідає тому найкращому (оптимальному за мінімумом втрат) поточкорозподіленню, яке може бути досягнуто в даний момент часу в даній мережі.

Прототипом даного автоматичного регулятора конденсаторних батарей є пристрій - "Автоматичний регулятор конденсаторних батарей" (МК2 G05F1/70, патент РФ № 2052215), який складається з  $n$  давачів реактивної потужності  $Q_{\phi i}$ , які вста-

новлені у вузлах навантаження, виходи яких підключені до входів обчислювального пристрою, до двох других входів обчислювального пристрою підключені виходи задавача уставок вхідної реактивної потужності  $Q_e$  та задавача опору ліній, що відходять  $R_{ei}$ , а виходи обчислювального пристрою підключені до входів виконавчих органів, а також в пристрої є  $m$ - $n$  давачів реактивної потужності, які встановлені на вводах підприємства, і задавач признака вузлів, виходи яких підключені до входів обчислювального пристрою.

Даний пристрій дозволяє підтримувати значення вхідної реактивної потужності на вводі споживача, задане енергосистемою, з точністю до величини потужності секції КУ, та близький до оптимального (по мінімуму втрат) поточкорозподіл некомпенсованої частини реактивної потужності.

Але в ньому відсутня оцінка - наскільки фактичний поточкорозподіл реактивної потужності відхиляється від того оптимального, який може мати місце при даних параметрах розподільчої мережі споживача та режиму електроспоживання, і, відповідно, не виконуються ніякі операції, направлені на зменшення цього відхилення. Крім того, прототип при визначенні оптимальних уставок по вхідній реактивній потужності не враховує того факту, що в мережі споживача може скластись режим електроспоживання, коли в одному або декількох вузлах потужність КУ, яка має бути ввімкнена в даний момент часу, перевищує встановлену (номінальну потужність КУ). Це призводить до того, що обчис-

лені уставки для вузлів не є оптимальними, і на ввіді споживача значення фактичної реактивної потужності, що споживається в даний момент часу, буде відмінне від заданого енергосистемою. Крім того, оскільки уставки для вузлів визначаються в процесі циклу управління і в ньому присутній ітераційний процес для коригування значення еквівалентного активного опору лінії, це значно збільшує час циклу управління, а це є негативним фактором, оскільки управління КУ відбувається в темпі реального часу.

В основу винаходу поставлено задачу створення автоматичного регулятора конденсаторних батарей, в якому за рахунок введення уставок вхідної реактивної потужності (ВРП) кожного і-го вузла для кожного j-го режиму (зони) електропостачання та введення оптимальності поточкорозподілення некомпенсованої частини реактивної потужності досягається зменшення часу циклу управління та підвищується ефективність управління КУ.

Поставлена задача вирішується шляхом введення в автоматичний регулятор конденсаторних батарей, що складається з n давачів реактивної потужності, які встановлені у вузлах навантаження, та m-n давачів реактивної потужності, встановлених на вводах підприємства, виходи давачів підключені до обчислювального пристрою, до двох інших входів якого підключені вихід задавача уставок вхідної реактивної потужності та вихід задавача еквівалентного активного опору ліній, що відходять, а виходи обчислювального пристрою підключені до входів виконавчих органів; додаткових блоків задавача уставок ВРП кожного і-го вузла для кожного j-го режиму електропостачання; задавача еквівалентного сумарного активного опору мережі споживання; задавача значень номінальних потужностей КУ для кожного і-го вузла, виходи кожного з цих задавачів під'єднані до трьох відповідних інформаційних входів обчислювального пристрою.

На фігурі представлена структурна схема автоматичного регулятора конденсаторних батарей, що містить n та m-n давачів реактивної потужності виходи, яких під'єднані до відповідних інформаційних входів обчислювального пристрою 2, до інших інформаційних входів під'єднані виходи: задавача 3 уставок ВРП на ввіді підприємства; задавача 4 еквівалентних опорів ліній; задавача 5 уставок для вузлів ВМР; задавача 6 еквівалентного сумарного активного опору мережі споживача; задавача 7 номінальних потужностей КУ, встановлених у вузлах мережі споживача. Керуючі виходи обчислювального пристрою 2 підключені до входів відповідних виконуючих пристроїв 8<sub>1÷8<sub>n</sub></sub>.

Пристрій працює таким чином. Величини фактичних значень ВРП, що споживається в кожному і-му вузлі в даний момент часу,  $Q_{\Phi i}(t)$  з давачів 1<sub>1÷1<sub>n</sub></sub> надходять до обчислювального пристрою 2, де вони порівнюються з відповідними величинами  $Q_{ejj}$ , які зчитуються з давача 5. На основі цього порівняння визначається потужність КУ і-го вузла для даного моменту часу

$$Q_{ki}(t) = Q_{ki}(t-1) + (Q_{\Phi i}(t) - Q_{ejj}), \quad (1)$$

де  $Q_{ki}(t-1)$  - потужність КУ в попередній момент часу.

Оскільки потужність КУ змінюється ступінчасто, в залежності від величини потужності секції  $Q_c$ , то далі визначається величина реактивної потужності, яка буде дійсно генеруватися і-ю КУ, для чого визначається кількість секцій які будуть включені в даний момент часу, за виразом:

$$N_{ei}(t) = \text{round}\left(\frac{Q_{ki}(t)}{Q_c}\right), \quad (2)$$

тоді значення фактичної потужності КУ буде рівне:

$$Q_{ki}(t) = N_{ei}(t) \cdot Q_c \quad (3)$$

Необхідно відмітити, якщо потужність КУ змінюється ступінчасто, то і ВРП на ввіді споживача буде також змінюватися ступінчасто і, очевидно, що найбільша різниця між фактичним значенням ВРП на ввіді споживача в даний момент часу та заданою енергосистемою не повинна перевищувати  $Q_c/2$ .

Далі визначається сумарна фактична потужність КУ:

- для попереднього моменту часу:

$$Q_{K\Sigma}(t-1) = \sum_{i=1}^n Q_{ki}(t-1)$$

- для теперішнього моменту часу:

$$Q_{K\Sigma}(t) = \sum_{i=1}^n Q_{ki}(t)$$

та визначається їх різниця

$$\Delta Q_{K\Sigma}(t) = Q_{K\Sigma}(t) - \Delta Q_{K\Sigma}(t-1),$$

яка порівнюється з фактичною реактивною потужністю, що споживається в даний момент часу на ввіді споживача, і визначається за показниками  $Q_{\Phi i}(t)$  давачів 1<sub>n+1÷1<sub>m</sub></sub>, встановлених на вводах споживача:

$$Q_{\Phi\Sigma}(t) = \sum_{i=n+1}^m Q_{\Phi i}(t), \quad (5)$$

далі визначається різниця цих величин, яка відповідає фактичному значенню ВРП на ввіді споживача в даний момент часу:

$$Q'_{ej}(t) = Q_{\Phi\Sigma}(t) - \Delta Q_{K\Sigma}(t), \quad (6)$$

далі визначається відхилення між фактичним значенням ВРП в даний момент часу на ввіді споживача з заданим енергосистемою для j-го режиму (зони) електроспоживання  $Q_{ej}$ :

$$\delta(t) = Q_{ej} - Q'_{ej}(t), \quad (7)$$

і якщо величина цього відхилення відповідає наступній умові

$$|\delta(t)| \leq \frac{Q_c}{2}, \quad (8)$$

то відбувається перехід на визначення коефіцієнта оптимальності поточкорозподілення реактивної потужності.

Якщо умова (8) не виконується, то визначають втрати активної потужності в лінії в даний момент часу, яка живить і-й вузол:

$$\Delta P_i(t) = (Q_{\Phi i}(t) - Q'_{Ki}(t))^2 \cdot R_{ei} \quad (9)$$

$$i \in 1, \dots, n$$

де  $R_{ei}$  - еквівалентний опір лінії, яка живить і-й вузол, ця величина зчитується з задавача 4;

При  $\delta(t) > 0$  визначають вузол, передача реактивної потужності в який супроводжується найменшими втратами активної потужності, і в цьому вузлі проводять відключення секції КУ:

$$Q'_{Ki}(t) := Q'_{Ki}(t) - Q_c$$

або

$$N_{ei}(t) := N_{ei}(t) - 1 \quad (10)$$

При  $\delta(t) < 0$  визначають вузол, передача реактивної потужності в який супроводжується найбільшими втратами активної потужності, і в цьому вузлі проводять включення секції КУ:

$$Q'_{Ki}(t) := Q'_{Ki}(t) + Q_c$$

або

$$N_{ei}(t) := N_{ei}(t) + 1 \quad (11)$$

Ці операції повторюються до тих пір, поки не буде виконуватись умова (8).

При виконанні умови (8) визначають коефіцієнт оптимальності поточкорозподілення реактивної потужності для даного моменту часу  $K_0(t)$ , для чого попередньо визначають еквівалентний опір за втратами активної потужності для даного моменту часу за виразом:

$$R_{eb}(t) = \frac{\sum_{i=1}^n \Delta P_i(t)}{Q_{\Phi \Sigma}^2(t)} = \frac{\sum_{i=1}^n (Q_{\Phi i}(t) - Q'_{Ki}(t))^2 \cdot R_{ei}}{Q_{\Phi \Sigma}^2(t)}, \quad (12)$$

$$\Delta P(t) = \sum_{i=1}^n [Q_{\Phi i}(t) - p_i \cdot (f_i \cdot Q_{Ki}(t) + (1-f_i) \cdot Q_{КУНОМ i})]^2 \cdot R_{ei} \rightarrow \min \quad (15)$$

та виконання умови балансу на вводі підприємства

$$\sum_{i=1}^n Q'_{eij} = Q_{ei}$$

або

$$\sum_{i=1}^n [Q_{\Phi i}(t) - p_i \cdot (f_i \cdot Q_{Ki}(t) + (1-f_i) \cdot Q_{КУНОМ i})] - Q_{ei} = 0 \quad (16)$$

Застосувавши для розв'язання метод невизначених множників Лагранжа, отримаємо

тоді значення коефіцієнта оптимальності поточкорозподілення визначається за виразом:

$$K_0(t) = \frac{R_{eb}(t)}{R_{e\Sigma}}, \quad (13)$$

значення  $R_{e\Sigma}$  зчитується із задавача 6.

Якщо значення  $K(t)$  лежить в межах

$$1,0 \leq K_0(t) \leq 1,05, \quad (14)$$

то цикл управління закінчується і значення обчислені за виразом (10) або (11) виводяться на виконуючі органи  $8_1, \dots, 8_n$ .

Якщо умова (14) не виконується то проводиться додатковий цикл управління, який полягає в перерахунку уставок ВРП і-го вузла для j-го режиму. Для чого визначають значення признаков:  $p_i$  - признак наявності або відсутності КУ в і-му вузлі;  $f_i$  - признак керуваності КУ в і-му вузлі.

Значення признака  $p_i$  дорівнює 0 або 1, при відсутності КУ в і-му вузлі  $p_i=0$ , при наявності КУ  $p_i=1$ . Значення признака  $f_i$  дорівнює 0 або 1, при відсутності керування КУ в і-му вузлі  $f_i=0$ , під цим підрозумівається, що може виникнути ситуація коли потрібно збільшити потужність КУ, а вона вся досягла свого номінального значення, і збільшити свою потужність не має змоги, і скільки б ми не подавали сигнал на збільшення потужності КУ в і-му вузлі, ми цього збільшення не отримаємо, тобто, КУ стає некерованою. Такі випадки можуть трапитись, коли наступають нестационарні або нестабільні режими роботи споживачів, наприклад, робота споживача з систематичним або аварійним перевантаженням. А при наявності керування КУ в і-му вузлі  $f_i=1$ .

Для встановлення значень признава  $p_i$  та  $f_i$  послідовно зчитується, переглядається та порівнюється інформація із задавача 8. А саме, - переглядається і, якщо  $Q_{КУНОМ i} = Q$ , то  $p_i=0$ , інакше  $p_i=1$ , порівнюється з величинами обчисленими за виразами (10) та (11), якщо  $Q'_{Ki}(t) > Q_{КУНОМ i}$  то  $f_i=0$ , інакше  $f_i=1$ .

Оскільки управління здійснюється за мінімумом втрат, то математична модель для визначення нових уставок ВРП для і-го вузла при j-му режимі  $Q'_{eij}$  буде мати вигляд:

$$Q'_{eij} = (1 - p_i \cdot f_i) \cdot Q_{\Phi_i}(t) - \frac{P_i \cdot f_i \cdot \lambda}{2 \cdot R_{ei}} - p_i \cdot (1 - f_i) \cdot Q_{КУНОМі} \quad (17)$$

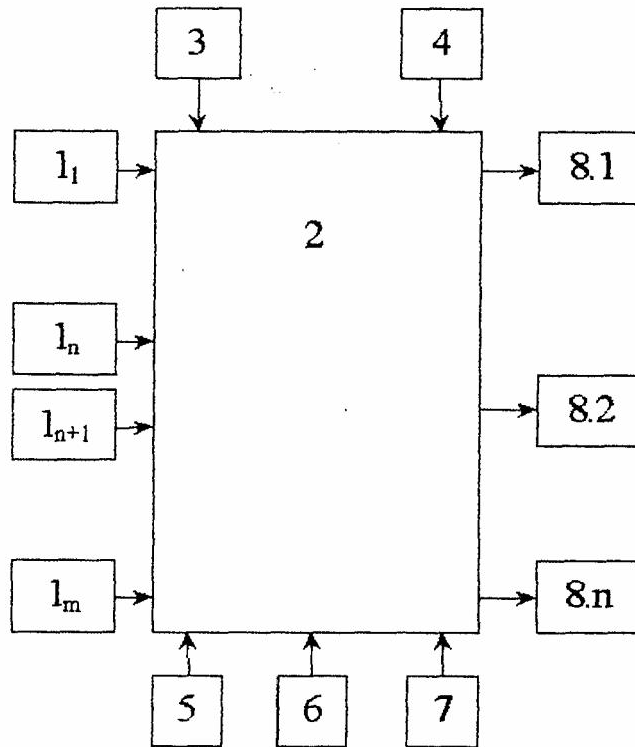
де  $\lambda$ - множник Лагранжа

$$\lambda = \frac{2 \cdot \left\{ \sum_{i=1}^n \left[ (1 - p_i \cdot f_i) \cdot Q_{\Phi_i}(t) - Q_{ej} - \sum_{i=1}^n [p_i \cdot (1 - f_i) \cdot Q_{КУНОМі}] \right] \right\}}{\sum_{i=1}^n \frac{p_i \cdot f_i}{R_{ei}}} \quad (18)$$

Далі за виразами (1) і (2) знаходяться скориговані значення потужності КУ і-го вузла для даного моменту часу, проводять перевірку (8) і при необхідності проводять обчислення за виразами (9), (10) або (11), на цьому весь цикл управління закінчується.

Таким чином, введення додаткових блоків 6, 7, 8, ознак наявності та керування КУ в даному вузлі та коефіцієнта оптимальності поточкороз-

поділення підвищує швидкість та ефективність управління, за рахунок використання раніше визначених уставок ВРП для вузлів, оцінки відхилення фактичного поточкорозподілення від оптимального і при значному відхиленні, використання другого циклу управління, в якому враховуються нові оптимальні уставки по ВРП для вузлів з бракуванням реального, в даний момент часу, стану параметрів розподільчої мережі споживача.



Фіг.

---

ДП "Український інститут промислової власності" (Укрпатент)  
Україна, 01133, Київ-133, бульв. Лесі Українки, 26  
(044) 295-81-42, 295-61-97

---

Підписано до друку \_\_\_\_\_ 2001 р. Формат 60x84 1/8.  
Обсяг \_\_\_\_\_ обл.-вид. арк. Тираж 50 прим. Зам. \_\_\_\_\_

---

УкрІНТЕІ, 03680, Київ-39 МСП, вул. Горького, 180.  
(044) 268-25-22

---