



МІНІСТЕРСТВО
ЕКОНОМІЧНОГО
РОЗВИТКУ І ТОРГІВЛІ
УКРАЇНИ

УКРАЇНА

(19) UA

(11) 117186

(13) U

(51) МПК

H02J 3/18 (2006.01)

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

(21) Номер заявки: **u 2016 10817**

(22) Дата подання заявки: **28.10.2016**

(24) Дата, з якої є чинними
права на корисну
модель: **26.06.2017**

(46) Публікація відомостей
про видачу патенту: **26.06.2017, Бюл.№ 12**

(72) Винахідник(и):

**Жуйков Валерій Якович (UA),
Вербицький Євген Володимирович (UA)**

(73) Власник(и):

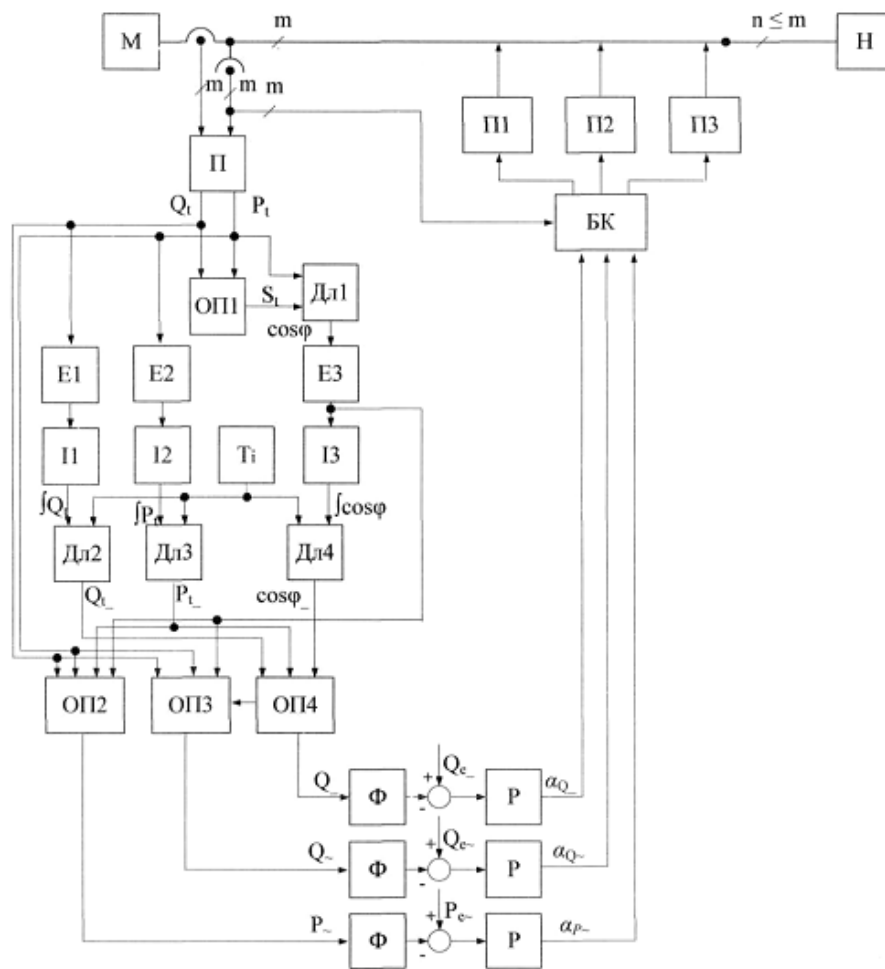
**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ "КИЇВСЬКИЙ
ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ",
просп. Перемоги, 37, Київ-56, 03056 (UA)**

(54) ПРИСТРІЙ КОМПЕНСАЦІЇ РЕАКТИВНОЇ ПОТУЖНОСТІ У ПЕРЕХІДНИХ І УСТАЛЕНИХ РЕЖИМАХ

(57) Реферат:

Пристрій компенсації реактивної потужності у перехідних і усталених режимах складається з блока вимірювання потужності, в якому на основі вимірюваних миттєвих значень напруги і струму мережі формуються складові потужності P_t і Q_t та подаються на вхід передавачів, на інший вхід яких подаються вектори гармонічних функцій $F = [\cos(k\omega\alpha); \sin(k\omega\alpha)]$, $k=0, 1, 2, \dots$, які формує генератор, на виході передавачів формуються коефіцієнти розкладу складових потужності у ряд Фур'є P^T і Q^T , які підсумовуються і подаються на вхід фільтра для фільтрування від завад, відфільтровані сигнали P^T і Q^T віднімаються від еталонних значень Q_e^T і P_e^T та подаються на вхід регулятора, на виході якого формується опорний сигнал керування в частотній області, який складається з коефіцієнтів $[\Delta Q^T, \Delta P^T]$, сигнал керування подається на передавач, на інший вхід якого подаються вектори гармонічних функцій $F = [\cos(k\omega\alpha); \sin(k\omega\alpha)]$, що призводить до формування на виході сигналу керування перетворювачем $\alpha = \Delta P_t + \Delta Q_t$, який в блоці керування ділиться на значення фазних напруг і подається на перетворювач, який компенсує реактивну енергію, з генеровану навантаженням. Додатково містить перетворювачі П1-П3, призначені для компенсації відповідної складової потужності.

UA 117186 U



Фиг. 1

Корисна модель належить до електротехніки і може бути використана в мережах з комутацією навантажень для компенсації реактивної потужності в перехідних режимах, які виникають після кожного приєднання і від'єднання навантаження.

Відомий такий спосіб компенсації реактивної потужності, який полягає у вимірюванні значень напруги на шинах змінного струму, порівнянні з уставками нижнього і верхнього рівня, на основі яких формується струм статичного компенсатора з гармоніками, які протифазні гармонікам струму тиристорно-реакторної групи.

Недоліком цього способу є те, що струм компенсатора формується із затримкою мінімум один період напруги мережі, що робить незадовільною якість компенсації реактивної потужності в перехідних режимах [1].

Також відомий пристрій, який складається з трансформатора, перетворювача електричної енергії і ємнісного накопичувача, який компенсує реактивну потужність на основі неперервного визначення амплітуд векторів напруг в площині нерухомих координат та формує опорний сигнал як різницю виміряних і необхідних значень векторів струмів та напруг і розрахунку фазового зсуву напруг, які формуються перетворювачем на основі імпульсів керування його ключовими елементами.

Недоліком відомого пристрою є значний обсяг математичних операцій, необхідних для переходу в нерухому систему координат [2].

Відомий спосіб компенсації реактивної потужності, сутність якого полягає у вимірюванні миттєвих значень струму навантаження та напруги мережі, перемноженні цих значень для розрахунку миттєвої потужності, її усередненні на інтервалах, де вона має знак, який визначається на основі перетину нуля значень струму і напруги мережі, та визначенні значень обмінної потужності, за допомогою якої також визначається реактивна потужність.

Недоліком способу є велика інерційність [3].

Найбільш близьким до корисної моделі, що заявляється, є пристрій динамічної компенсації реактивної потужності [4]. У відомому пристрої вимірюються миттєві значення напруги u і струму i мережі, за виміряними значеннями в блоці розрахунку складових потужностей розраховують миттєві значення активної потужності p

$$p = u_{13}i_1 + u_{23}i_2 \quad (1)$$

та реактивної потужності q , ортогональної до неї

$$q = \frac{1}{\sqrt{3}}(u_{13}(2i_2 + i_1) - u_{23}(2i_1 + i_2)), \quad (2)$$

де індексами 1, 2, 3 позначено можливі номери фаз.

Виміряні значення активної потужності p та реактивної потужності q формують у масиви P_t і Q_t відповідно, які надходять у передавачі віконного перетворення Фур'є.

У передавачах віконного перетворення Фур'є, з'єднаних з генератором, який формує вектор гармонічних функцій

$$F = [\cos(k\omega t); \sin(k\omega t)],$$

де k - номер гармоніки, $k=0, 1, 2, \dots, \omega$ - кутова частота першої гармоніки, накопичують розраховані значення миттєвих потужностей і коефіцієнти розкладання в ряд Фур'є за формулами:

$$P_{nc} = \frac{2n}{T} \int_{t-T/n}^t p(\tau) \cos(n\omega\tau) d\tau; \quad (3),$$

$$P_{ns} = \frac{2n}{T} \int_{t-T/n}^t p(\tau) \sin(n\omega\tau) d\tau; \quad (4),$$

$$Q_{nc} = \frac{2n}{T} \int_{t-T/n}^t q(\tau) \cos(n\omega\tau) d\tau; \quad (5),$$

$$Q_{ns} = \frac{2n}{T} \int_{t-T/n}^t q(\tau) \sin(n\omega\tau) d\tau; \quad (6),$$

де $n=1, 2, \dots, k$, $\omega=2\pi/T$.

Для постійної складової реактивної потужності Q_0 використовується формула:

$$Q_0 = \frac{m}{T} \int_{t-T/m}^t q(\tau) d\tau; \quad (7)$$

з параметром $m=1$ або $m=2$.

3) розраховані значення формують у вектори:

$$Q^T = \begin{pmatrix} Q_0 \\ Q_{nc} \\ Q_{ns} \end{pmatrix}; \quad P^T = \begin{pmatrix} 0 \\ P_{nc} \\ P_{ns} \end{pmatrix}. \quad (8)$$

Отримані значення фільтрують і віднімають від еталонних значень реактивної і активної потужності Q_e^T і P_e^T , за допомогою регулятора утворюються сигнали помилки ΔQ^T і ΔP^T . До сигналів різниці застосовують обернене перетворення Фур'є і отримують сигнал помилки у часовій області α :

$$\alpha = \Delta P_i + \Delta Q_i, \quad (9)$$

який у блоці керування перетворювача електричної енергії ділять на значення напруги мережі. Утворений сигнал керування подають на ключові елементи перетворювача, який компенсує реактивну потужність.

Недоліком вказаного пристрою є виконання значного обсягу обчислень при розрахунку коефіцієнтів ряду Фур'є та недостатньо ефективна компенсація реактивної потужності під час перехідного процесу одним перетворювачем.

Задачею корисної моделі є удосконалення пристрою компенсації реактивної потужності шляхом зменшення інерційності та введенням до його структури додаткових перетворювачів.

Поставлена задача вирішується тим, що сигнали складових потужності P_i і Q_i з виходу блока вимірювання потужності подаються на вхід обчислювального пристрою, на виході якого формується миттєве значення повної потужності S_i , яке подається на вхід дільника, на інший вхід якого подається складова потужності P_i , в результаті чого на його виході формується миттєве значення коефіцієнта потужності $\cos\varphi$, отримані дані екстраполюються в екстраполяторі, подаються на вхід інтегратора і дільника, на інший вхід якого подається значення періоду інтегрування, у результаті чого на виході дільника формується середнє значення коефіцієнта потужності $\cos\varphi_{-}$, за допомогою екстраполяторів, інтеграторів, дільників формуються середні значення складових потужності P_{i-} і Q_{i-} , отримані дані подаються на входи обчислювальних пристроїв, на виході яких формуються сигнали складових потужності, розділених на три окремих канали Q_{-} , Q_{-} , P_{-} , які віднімаються від еталонних значень Q_{e-} , Q_{e-} , P_{e-} , і подаються на регулятори, на виході яких формуються сигнали керування перетворювачами α_{Q-} , α_{Q-} , α_{P-} , які в блоці керування діляться на фазні напруги з отриманням сигналів керування, які подаються на ключові елементи перетворювачів, призначених для компенсації відповідної складової потужності.

Суть пристрою, який заявляється, представлена на фіг. 1, і полягає у наступному. Миттєві значення складових потужності p і q використовуються для формування векторів складових потужності P_i і Q_i , які передаються на обчислювальний пристрій ОП1, на виході якого формуються значення модуля повної потужності S_i , яке подається на один вхід дільника ДЛ1, на його інший вхід подаються значення активної потужності P_i , в результаті чого на виході дільника ДЛ1 формується миттєве значення коефіцієнта потужності $\cos\varphi$, значення якого екстраполюється екстраполятором Е1. Сигнал миттєвого значення $\cos\varphi$ подається на вхід інтегратора І1, вихідний сигнал якого надходить на вхід дільника ДЛ2, де він ділиться на період інтегрування T_i і на його виході формується сигнал середнього значення коефіцієнта потужності $\cos\varphi_{-}$ за період T_i . Одночасно з цим аналогічно формують середні значення складових потужності P_{i-} і Q_{i-} , за період T_i , послідовно під'єднаними екстраполяторами Е2 і Е3, інтеграторами І2 і І3 і дільниками ДЛ3 і ДЛ4. Отримані сигнали P_{i-} , Q_{i-} , P_{i-} , Q_{i-} , $\cos\varphi_{-}$, $\cos\varphi_{-}$ подаються на обчислювальні блоки ОП2-ОП4 для розрахунку середнього Q_{-} і змінного Q_{-} значень реактивної потужності та значення змінної складової активної потужності P_{-} у часовій області за формулами:

$$Q_{-} = \sqrt{P_{i-}^2 + Q_{i-}^2} \cdot \sqrt{1 - \cos^2\varphi_{-}}; \quad (10)$$

$$Q_- = \sqrt{P_t^2 + Q_t^2} \cdot \sqrt{1 - \cos^2 \varphi} - Q; \quad (11)$$

$$P_- = \sqrt{P_t^2 + Q_t^2} \cdot \cos \varphi - P_{t-}. \quad (12)$$

Значення складових потужності Q_- , Q_{e-} і P_- передаються по трьох окремих каналах в часовій області, що усуває необхідність у використанні передавачів прямого і зворотного віконного перетворення Фур'є.

Отримані значення складових потужності Q_- , Q_{e-} , P_- віднімаються від еталонних значень в часовій області Q_e , Q_{e-} і P_{e-} та передаються по трьох каналах керування α_{Q_-} , $\alpha_{Q_{e-}}$, α_{P_-} , на вхід блока керування перетворювачами, де вони діляться на значення напруги мережі та подаються на ключові елементи відповідного перетворювача, який компенсує відповідну складову потужності.

На фіг. 2 представлена схема пристрою з диференціаторами Д, які під'єднано до блока вимірювання потужності, на виході яких формуються прирости складових потужності ΔP_t і ΔQ_t , які подаються на екстраполятори Е1 і Е2 для підвищення точності екстраполяції складових потужності P_t і Q_t .

Джерела інформації:

1. Патент РФ 2280934, МПК H02J 3/18. "Способ управления устройством компенсации реактивной мощности" // Дайновский Р.А., Краснова Б.П., Мазуров М.И., Николаев А.В. - опубл. 27.07.2007.

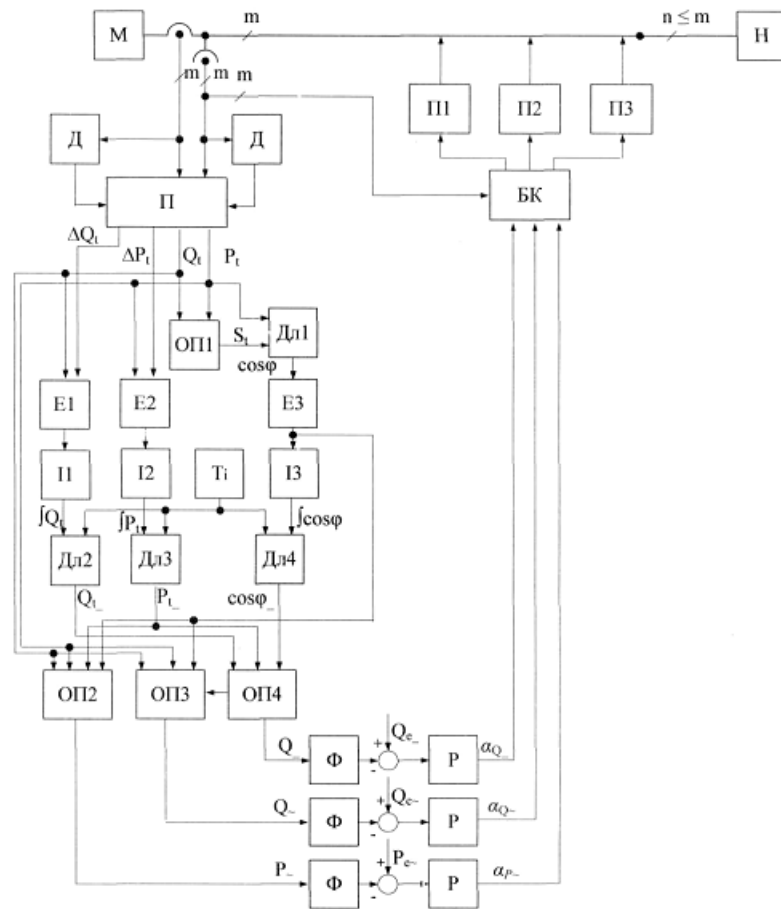
2. Патент US 6025701, МПК G05F 1/70. "Static and Dynamic Mains Voltage Support by a Static Power Factor Correction Device Having a Self-commutated Converter" // Michael Weinhold. - опубл. 10.11.1997.

3. Авторське свідоцтво SU 1480014, H02J 3/18. "Способ компенсации обменной и реактивной мощности" // Тонкаль В.Е., Жуйков В.Я., Денисюк С.П. - опубл. 15.05.1989.

4. Патент DE 3308560 C2, МПК H02J 3/18. "Verfahren und Schaltungsanordnung zur dynamischen Blindleistungskompensation und Symmetrierung von unsymmetrischen Netzen und Lasten mit Blindleistungsstromrichtern" // Hans-Peter Beck. - опубл. 05.10.1989.

ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

1. Пристрій компенсації реактивної потужності у перехідних і усталених режимах, що складається з блока вимірювання потужності, в якому на основі вимірюваних миттєвих значень напруги і струму мережі формуються складові потужності P_t і Q_t та подаються на вхід передавачів, на інший вхід яких подаються вектори гармонічних функцій $F = [\cos(k\omega\alpha); \sin(k\omega\alpha)]$, $k=0, 1, 2, \dots$, які формує генератор, на виході передавачів формуються коефіцієнти розкладу складових потужності у ряд Фур'є P^T і Q^T , які підсумовуються і подаються на вхід фільтра для фільтрування від завад, відфільтровані сигнали P^T і Q^T віднімаються від еталонних значень Q_e^T і P_e^T та подаються на вхід регулятора, на виході якого формується опорний сигнал керування в частотній області, який складається з коефіцієнтів $[\Delta Q^T, \Delta P^T]$, сигнал керування подається на передавач, на інший вхід якого подаються вектори гармонічних функцій $F = [\cos(k\omega\alpha); \sin(k\omega\alpha)]$, що приводить до формування на виході сигналу керування перетворювачем $\alpha = \Delta P_t + \Delta Q_t$, який в блоці керування ділиться на значення фазних напруг і подається на перетворювач, який компенсує реактивну енергію, згенеровану навантаженням, який **відрізняється** тим, що сигнали складових потужності P_t і Q_t з виходу блока вимірювання потужності П подаються на вхід обчислювального пристрою ОП1, на виході якого формується миттєве значення повної потужності S_t , яке подається на вхід дільника Дл1, на інший вхід якого подається складова потужності P_t , а на його виході - формується миттєве значення коефіцієнта потужності $\cos \varphi$, отримані дані якого екстраполюються в екстраполяторі Е3 та подаються на вхід інтегратора І3 і дільника Дл4, на інший вхід дільника Дл4 подається значення періоду інтегрування Т, а на виході дільника Дл4 формується середнє значення коефіцієнта потужності $\cos \varphi_-$, за допомогою екстраполяторів Е1 і Е2, інтеграторів І1 і І2, дільників Дл2 і Дл3 формуються середні значення складових потужності P_- і Q_- ; отримані дані подаються на входи обчислювальних пристроїв ОП2-ОП4, а на виході формуються сигнали складових потужності, розділених на три окремих канали Q_- , Q_{e-} , P_- , які віднімаються від еталонних значень Q_e , Q_{e-} , P_{e-} , і подаються на регулятори Р, де формуються сигнали керування перетворювачами



Фиг. 2