



УКРАЇНА

(19) UA (11) 81482 (13) C2
(51) МПК (2006)
H02J 3/26

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ

ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД

(54) ПРИСТРІЙ ДЛЯ АВТОМАТИЧНОГО СИМЕТРУВАННЯ СТРУМІВ ТА НАПРУГ І СТАБІЛІЗАЦІЇ ЗАДАНОГО КОЕФІЦІЄНТА ПОТУЖНОСТІ ТРИФАЗНОЇ СИСТЕМИ

1

2

(21) а200510891

(22) 17.11.2005

(24) 10.01.2008

(72) БУРБЕЛО МИХАЙЛО ЙОСИПОВИЧ, UA,
ТЕРЕШКЕВИЧ ЛЕОНІД БОРИСОВИЧ, UA,
БАБЕНКО ОЛЕКСІЙ ВІКТОРОВИЧ, UA

(73) ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ, UA

(56) SU 811404, H02J 3/26, 07.03.1981
SU 1737621, H02J 3/26, 30.05.1992
SU 1686601, H02J 3/26, 23.10.1991
UA 64831, H02J 3/26, 17.02.2003
SU 920959, H02J 3/26, 18.04.1982

(57) Пристрій для автоматичного симетрування струмів та напруг і стабілізації заданого коефіцієнта потужності трифазної системи, що містить трифазну систему, що складається з трифазного джерела та трифазного навантаження, блок симетрування, до складу якого входять три керовані реактивні елементи, які приєднані на лінійні напруги трифазної системи, масштабний перетворювач фазної напруги, масштабний перетворювач струмів фаз в напруги, квазірівноважений вимірювальний перетворювач, однокристальний мікроконтролер, задавач коефіцієнта реактивної потужності, причому до трифазного джерела через масштабний перетворювач струмів фаз в напруги приєднане трифазне навантаження, три виходи масштабного перетворювача струмів фаз в напруги і вихід масштабного перетворювача фазної напруги приєднані до входів квазірівноваженого

вимірювального перетворювача, а виходи останнього приєднані до входу однокристального мікроконтролера, два виходи керування якого з'єднані з двома входами керування квазірівноваженого вимірювального перетворювача та трьома входами блока симетрування, а до входу керування однокристального мікроконтролера приєднаний вихід задавача коефіцієнта реактивної потужності, який відрізняється тим, що в нього введені симетрувальний трансформатор, другий та третій масштабні перетворювачі фазної напруги, другий квазірівноважений вимірювальний перетворювач, блок пофазового регулювання симетрувальним трансформатором, три входи якого приєднані до виходів однокристального мікроконтролера, а три його виходи приєднані до входів керування симетрувального трансформатора, входи якого приєднані до трифазного джерела, а виходи через масштабний перетворювач струмів фаз в напруги - до трифазного навантаження, входи масштабних перетворювачів фазної напруги приєднані на відповідну фазну напругу симетрувального трансформатора, а їх виходи з'єднані з входами другого квазірівноваженого вимірювального перетворювача, до виходу якого приєднаний вхід однокристального мікроконтролера, два входи керування другого квазірівноваженого вимірювального перетворювача з'єднані з двома виходами керування однокристального мікроконтролера.

Винахід відноситься до електротехніки і може бути застосований для симетрування струмів навантаження і стабілізації заданого коефіцієнта реактивної потужності в трифазних електричних мережах споживачів.

Відомі пристрої для симетрування електричних навантажень і регулювання реактивної потужності в трифазних електричних мережах:

[А.с. СРСР №920959, М. Кл.³ H02J3/26, Б.И., 1982, №14], що містить: блок симетрування, який складається з трьох керованих реактивних елементів, з'єднаних в трикутник і ввімкнених на лінійні напруги, датчики активної потужності фаз та реактивної потужності трифазної системи, квадратичний датчик напруги та три операційних блоки, причому три виходи датчика активної потужності попарно з'єднані з кожною парою операційних блоків, вихід датчика реактивної

(13) C2

(11) 81482

(19) UA

потужності і вихід квадратичного датчика напруги приєднані до входів трьох операційних блоків, виходи яких з'єднані з входами блоку симетрування.

Недоліком такого пристрою є те, що в його основу покладений закон керування, що не враховує несиметрію реактивних навантажень. Крім того, за несиметрії напруг виникають значні помилки симетрування навантажень.

[А.с. СССР №1686601А1, Кл. Н02J3/26, Б.И., 1991, №39], що містить: датчик фазних напруг, датчик лінійних струмів, три датчики активних струмів та три датчики реактивних струмів, три суматори, шість порогових елементів і виконавчий орган, який складається з двох секцій, в кожній з яких три конденсаторних батареї, що з'єднані в трикутник і приєднані на лінійні напруги трифазної мережі та шести комутаційних апаратів, які ввімкнені послідовно до кожної конденсаторної батареї в кожній секції, причому три входи датчика фазних напруг приєднані до фаз лінії живлення, а входи датчика лінійних струмів підключені в розсічку фаз А, В, С лінії живлення, до кожного з трьох виходів датчика фазних напруг та датчика лінійних струмів попарно приєднані входи датчиків активних та реактивних струмів, виходи датчиків реактивних струмів приєднані до входів трьох суматорів, вихід першого датчика активного струму приєднаний до першого та третього суматорів, вихід другого датчика активного струму - до першого та другого суматорів і вихід третього датчика активного струму - до другого і третього суматорів а до виходу кожного суматора приєднані входи пари порогових елементів, виходи яких з'єднані із входами комутаційних апаратів кожної конденсаторної батареї виконавчого органу.

Недоліками цього пристрою є те, що використання прямого перетворення миттєвих струмів, що виконується за допомогою двотактних фазових детекторів, на основі яких реалізовані датчики активних та реактивних струмів, істотно знижує точність симетрування. Крім того, за несиметрії напруг джерела виникають істотні помилки симетрування навантажень

Найбільш близьким по технічній суті до винаходу, що заявляється, є [патент України №64831, М. Кл.⁷ Н02J3/26, Бюл. №3, 2004р.], що містить: блок симетрування, до складу якого входять три керовані реактивні елементи, які приєднані на лінійні напруги трифазної системи, масштабний перетворювач фазної напруги, масштабний перетворювач струмів фаз в напруги, квазірівноважений вимірювальний перетворювач, який містить три перемикачі, фазообертач, цифровий подільник напруги, пристрій віднімання, фазочутливий детектор, а також однокристальний мікроконтролер, задавач коефіцієнта реактивної потужності, причому три виходи масштабного перетворювача струмів фаз в напруги і вихід масштабного перетворювача фазної напруги приєднані до входів квазірівноваженого вимірювального перетворювача, а виходи останнього приєднані до входу однокристального мікроконтролера, два виходи керування якого з'єднані з двома входами керування

квазірівноваженого вимірювального перетворювача та трьома входами блоку симетрування, а до входу керування однокристального мікроконтролера приєднаний вихід задавача коефіцієнта реактивної потужності.

Недоліком даного пристрою є недостатня точність симетрування за умови несиметрії напруг джерела, оскільки в основу його дії покладено закон керування, який забезпечує симетрування навантажень за симетричної системи напруг трифазного джерела.

В основу винаходу поставлено задачу створення пристрою для автоматичного симетрування струмів та напруг і стабілізації заданого коефіцієнта потужності трифазної системи, в якому за рахунок додаткового введення контролю симетрування напруг досягається зменшення помилок симетрування навантажень.

Поставлена задача вирішується тим, що в пристрій для автоматичного симетрування струмів та напруг і стабілізації заданого коефіцієнта потужності трифазної системи, що містить блок симетрування, до складу якого входять три керовані реактивні елементи, які приєднані на лінійні напруги трифазної системи, масштабний перетворювач фазної напруги, масштабний перетворювач струмів фаз в напруги, квазірівноважений вимірювальний перетворювач, однокристальний мікроконтролер, задавач коефіцієнта реактивної потужності, причому три виходи масштабного перетворювача струмів фаз в напруги і вихід масштабного перетворювача фазної напруги приєднані до входів квазірівноваженого вимірювального перетворювача, а вихід останнього приєднаний до входу однокристального мікроконтролера, два виходи керування якого з'єднані з двома входами керування квазірівноваженого вимірювального перетворювача, а три виходи однокристального мікроконтролера з'єднані з трьома входами блоку симетрування, до входу керування однокристального мікроконтролера приєднаний вихід задавача коефіцієнта реактивної потужності, введені симетрувальний трансформатор, блок пофазового регулювання симетрувальним трансформатором, три входи якого приєднані до виходів однокристального мікроконтролера, а три його виходи приєднані до входів керування симетрувального трансформатора, другий та третій масштабні перетворювачі фазної напруги, другий квазірівноважений вимірювальний перетворювач, причому виходи трьох масштабних перетворювачів фазної напруги з'єднані з входами другого квазірівноваженого вимірювального перетворювача, до виходу якого приєднаний вхід однокристального мікроконтролера, два входи керування другого квазірівноваженого вимірювального перетворювача з'єднані з двома входами керування однокристального мікроконтролера.

На кресленні подана структурна схема пристрою для автоматичного симетрування струмів та напруг і стабілізації заданого коефіцієнта потужності трифазної системи.

На кресленні позначені: трифазне джерело - 1, симетрувальний трансформатор - 2, масштабний перетворювач струмів фаз в напруги - 3, трифазне навантаження - 4, блок пофазового регулювання симетрувальним трансформатором - 5, перший масштабний перетворювач фазної напруги - 6, другий масштабний перетворювач фазної напруги - 7, третій масштабний перетворювач фазної напруги - 8, перший квазірівноважений вимірювальний перетворювач - 9, другий квазірівноважений вимірювальний перетворювач - 10, однокристальний мікроконтролер - 11, задавач коефіцієнта реактивної потужності - 12, блок симетрування - 13, до складу якого входять три керовані реактивні елементи. При цьому до трифазного джерела 1 через симетрувальний трансформатор 2 і масштабний перетворювач струмів фаз в напруги 3 приєднане трифазне навантаження 4, а три виходи блоку пофазового регулювання симетрувальним трансформатором 5 з'єднані з входами симетрувального трансформатора 2, три виходи масштабного перетворювача струмів фаз в напруги 3 і вихід масштабного перетворювача фазної напруги 6 з'єднані з входами першого квазірівноваженого вимірювального перетворювача 9, до входів другого квазірівноваженого вимірювального перетворювача 10 приєднані виходи першого масштабного перетворювача фазної напруги - 6, другого масштабного перетворювача фазної напруги - 7 та третього масштабного перетворювача фазної напруги - 8, виходи першого квазірівноваженого вимірювального перетворювача 9 і другого квазірівноваженого вимірювального перетворювача 10 приєднані до входу однокристального мікроконтролера 11, вихід задавача коефіцієнта реактивної потужності 12 з'єднаний з входом керування однокристального мікроконтролера 11, три виходи якого з'єднані з входами блоку симетрування 13 і входами блоку пофазового регулювання симетрувальним трансформатором 5, до входів керування першого квазірівноваженого вимірювального перетворювача 9 і другого квазірівноваженого вимірювального перетворювача 10 приєднані два виходи керування однокристального мікроконтролера 11.

В пристрої умовно можна виділити два контури регулювання - контур, що забезпечує симетрування напруг, та контур, що забезпечує симетрування навантаження. Останній включає в себе масштабний перетворювач струмів фаз в напруги 3, масштабний перетворювач фазної напруги 6, квазірівноважений вимірювальний перетворювач 9, однокристальний мікроконтролер 11, блок симетрування 13. В основі його роботи покладено закон керування потужністю реактивних елементів блоку симетрування 13 у відповідності з формулами

$b_{BC} = \frac{1}{2} [(b_1 - b_{bx}) - 2b'_2]$ $b_{CA} = \frac{1}{3} [(b_1 - b_{bx}) + b'_2 - \sqrt{3}g'_2]$	(1)
---	-----

$b_{AB} = \frac{1}{3} [(b_1 - b_{bx}) + b'_2 + \sqrt{3}g'_2]$	
---	--

де b_1 - реактивна провідність прямої послідовності трифазного навантаження, що дорівнює сумі реактивних провідностей трьох фаз; b_{bx} - задане значення вхідної реактивної провідності; g'_2 , b'_2 - активна та реактивна умовні провідності зворотної послідовності трифазного навантаження.

Контур симетрування напруг складається з масштабних перетворювачів фазних напруг 6, 7 та 8, квазірівноваженого вимірювального перетворювача 10, однокристального мікроконтролера 12, блоку пофазового регулювання симетрувальним трансформатором 5 та симетрувального трансформатора 2. Робота контуру симетрування напруг основана на використанні критерію

$\left(\frac{K_3}{K_1} \right)_H = \varepsilon = \frac{K_3 - K_1(\dot{U}_2/\dot{U}_1)}{K_1 - K_2(\dot{U}_2/\dot{U}_1)}$	(2)
--	-----

де ε - значення сигналу нерівноваги; \dot{U}_1 , \dot{U}_2 - комплексні значення напруг відповідно прямої та зворотної послідовності на вторинній обмотці симетрувального трансформатора 2;

$$K_1 = -\frac{1}{3}(k_A + k_B + k_C)$$

$$K_2 = -\frac{1}{3}(k_A + a^2k_B + ak_C)$$

$$K_3 = -\frac{1}{3}(k_A + ak_B + a^2k_C)$$

- коефіцієнти передавання відповідно прямої, зворотної та нульової послідовностей симетрувального трансформатора із схемою з'єднання обмоток Δ/Y з пофазним регулюванням напруг;

$a = e^{j120^\circ}$ - фазовий оператор; n - індекс, що означає наступне значення, яке необхідно установити; k_A , k_B , k_C - відносні коефіцієнти передавання фаз трансформатора.

Опишемо алгоритм роботи контуру симетрування навантажень. З масштабного перетворювача струмів фаз в напруги 3 та першого масштабного перетворювача фазної напруги 6 на вхід першого квазірівноваженого вимірювального перетворювача 9 поступають сигнали, пропорційні відповідно струму та напрузі фази А, на виході якого в першому такті формується величина, і що пропорційна активній провідності навантаження фази α'_A (як відношення синфазної складової струму до модуля напруги), а в другому такті - величина, що і пропорційна реактивній провідності навантаження фази β'_A (як відношення квадратурної складової струму до модуля напруги). Таким же чином відносно напруги фази А за наступних чотирьох тактів відбувається вимірювання синфазних та квадратурних складових α'_B , β'_B та α'_C , β'_C для фаз В та С.

Усі ці величини заносяться в комірки пам'яті однокристального мікроконтролера після чого

відбувається розрахунок складових провідностей прямої та зворотної послідовностей

$$g_1 = (\alpha'_A - 0,5\alpha'_B - 0,5\alpha'_C - 0,5\sqrt{3}\beta'_B + 0,5\sqrt{3}\beta'_C) / 3 ;$$

$$b_1 = (\beta'_A - 0,5\beta'_B - 0,5\beta'_C + 0,5\sqrt{3}\alpha'_B + 0,5\sqrt{3}\alpha'_C) / 3 ;$$

$$g_2 = (\alpha'_A - 0,5\alpha'_B - 0,5\alpha'_C + 0,5\sqrt{3}\beta'_B + 0,5\sqrt{3}\beta'_C) / 3 ;$$

$$b_2 = (\beta'_A - 0,5\beta'_B - 0,5\beta'_C - 0,5\sqrt{3}\alpha'_B + 0,5\sqrt{3}\alpha'_C) / 3 ;$$

необхідних для реалізації закону керування блоком симетрування 13.

Алгоритм роботи контуру симетрування напруг аналогічний. В першому такті роботи з першого масштабного перетворювача фазної напруги 6 на два входи другого квазірівноваженого вимірювального перетворювача 10 поступають сигнали, що пропорційні відповідно напрузі фази А. На виході другого квазірівноваженого вимірювального перетворювача 10 формується її величина α''_A , яка пропорційна відношенню синфазної складової напруги фази А її до її модуля. В другому такті визначається величина β''_A , що пропорційна відношенню квадратурної складової напруги фази А до модуля цієї напруги. Ці величини дорівнюють відповідно одиниці та нулеві. В третьому та четвертому тактах роботи контуру симетрування напруг на вхід другого квазірівноваженого вимірювального перетворювача 10 з виходу другого масштабного перетворювача фазної напруги 7 подається сигнал, пропорційний напрузі фази В і відносно напруги фази А відбувається вимірювання синфазних та квадратурних складових α''_B та β''_B напруги фази В. Таким же чином в п'ятому та шостому тактах роботи з використанням третього масштабного перетворювача фазної напруги 8 відбувається вимірювання складових напруги фази С відносно напруги фази А - α''_C та β''_C . Отримані в шести тактах значення записуються в комірки пам'яті

однокристалного мікроконтролера 11, за допомогою якого у відповідності з виразами

$$u_1 = (\alpha''_A - 0,5\alpha''_B - 0,5\alpha''_C - 0,5\sqrt{3}\beta''_B + 0,5\sqrt{3}\beta''_C) / 3 ;$$

;

$$v_1 = (\beta''_A - 0,5\beta''_B - 0,5\beta''_C + 0,5\sqrt{3}\alpha''_B + 0,5\sqrt{3}\alpha''_C) / 3 ;$$

;

$$u_2 = (\alpha''_A - 0,5\alpha''_B - 0,5\alpha''_C + 0,5\sqrt{3}\beta''_B + 0,5\sqrt{3}\beta''_C) / 3 ;$$

;

$$v_2 = (\beta''_A - 0,5\beta''_B - 0,5\beta''_C - 0,5\sqrt{3}\alpha''_B + 0,5\sqrt{3}\alpha''_C) / 3$$

формуються сигнали, пропорційні складовим відносних значень напруг прямої та зворотної послідовності вторинної обмотки трансформатора. Далі на основі виразу (2) формується значення сигналу нерівноваги ϵ , яке заноситься в комірки пам'яті однокристалного мікроконтролера 11.

Закон керування у відповідності з критерієм (2) формується у вигляді залежностей відносних коефіцієнтів передавання симетрувального трансформатора, як функцій значення сигналу нерівноваги

$$k_A = 1 - \sqrt{3} \operatorname{Im} \epsilon + \operatorname{Re} \epsilon ;$$

$$k_B = 1 ;$$

$$k_C = 1 - 2\sqrt{3} \operatorname{Im} \epsilon .$$

На основі цих значень відбувається регулювання коефіцієнтів трансформації симетрувального трансформатора, а також визначаються нові значення K_1 , K_2 , K_3 , які заносяться в комірки пам'яті однокристалного мікроконтролера 11 (для випадку $k_A=k_B=k_C=1$ значення $K_1=1$, $K_2=K_3=0$).

Циклічна почергова дія обох контурів координується мікроконтролером. Спочатку відбувається регулювання в контурі симетрування напруг, а потім - в контурі симетрування струму.

