



УКРАЇНА

(19) UA (11) 90801 (13) C2
(51) МПК (2009)
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 ТРИФАЗНОЇ СИСТЕМИ

1

2

(21) а200812833

(22) 03.11.2008

(24) 25.05.2010

(46) 25.05.2010, Бюл.№ 10, 2010 р.

(72) БУРБЕЛО МИХАЙЛО ЙОСИПОВИЧ, КУЗЬ-МЕНКО МАРИНА ВАСИЛІВНА

(73) ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

(56) UA 81482 C2, 10.01.2008

UA 64831 C2, 17.02.2003

SU 729748 A1, 25.04.1980

SU 888268 A2, 09.12.1981

SU 905941 A1, 15.02.1982

SU 964853 A1, 07.10.1982

(57) Пристрій для автоматичного симетрування струмів та напруг трифазної системи, що містить трифазну систему, яка 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 струмів фаз в напруги, перший масштабний перетворювач фазної напруги, перший квазірівноважений вимірювальний перетворювач, однокристальний мікроконтролер, причому до трифазного джерела через масштабний перетворювач струмів фаз в напруги приєднане трифазне навантаження, вхід першого масштабного перетворювача фазної напруги приєднаний на першу фазу напругу трифазного джерела, а вихід першого квазірівнова-

женого вимірювального перетворювача - до першого входу однокристального мікроконтролера, виходи керування якого з'єднані з трьома входами блока симетрування, який відрізняється тим, що введено другий і третій масштабні перетворювачі фазної напруги, перший і другий комутатори, перший і другий пристрої віднімання, другий квазірівноважений вимірювальний перетворювач, причому три виходи масштабного перетворювача струмів фаз в напруги приєднані до входів першого комутатора, перший вихід якого приєднаний до першого входу першого квазірівноваженого вимірювального перетворювача, а другий і третій виходи комутатора через перший пристрій віднімання приєднані до першого входу другого квазірівноваженого вимірювального перетворювача, входи другого і третього масштабних перетворювачів фазної напруги приєднані на другу і третю фазні напруги трифазного джерела, а виходи трьох масштабних перетворювачів фазної напруги приєднані до входів другого комутатора, перший вихід якого приєднаний до другого входу першого квазірівноваженого вимірювального перетворювача, а другий і третій виходи комутатора через другий пристрій віднімання приєднані до другого входу другого квазірівноваженого вимірювального перетворювача, а вихід останнього приєднаний до другого входу однокристального мікроконтролера, вихід керування якого з'єднаний із входами керування комутаторів.

Винахід відноситься до електротехніки і може бути застосований для симетрування струмів та напруг несиметричного навантаження в трифазних електричних мережах споживачів.

Відомо пристрій для автоматичного симетрування струмів і стабілізації заданого коефіцієнта потужності трифазної системи (А.с. СРСР №920959, М.Кл.³ H02J3/26, Б.И. №14, 1982), 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'єд-

нані з кожною парою операційних блоків, вихід датчика реактивної 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.

Відомо пристрій для автоматичного симетрування струмів і стабілізації заданого коефіцієнта потужності трифазної системи (А.с. СССР №1686601 A1, Кл. H02J3/26, Б.И. №39, 1991), що містить: датчик фазних напруг, датчик лінійних струмів, три датчики активних струмів та три датчики реактивних струмів, три суматори, шість по-

(19) UA (11) 90801 (13) C2

рогових 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, входи 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.

Найбільш близьким є пристрій для автоматичного симетрування струмів і стабілізації заданого коефіцієнта потужності трифазної системи (Патент України № 64831, М.Кл.7 H02J3/26, Бюл. №3, 2004), 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, перший та другий перемикачі, фазообертач, однокристальний мікроконтролер, задавач коефіцієнта реактивної потужності, квазірівноважений вимірювальний перетворювач (в подальшому перший квазірівноважений вимірювальний перетворювач), який містить цифровий подільник напруги, перемикач, пристрій віднімання та фазочутливий детектор, причому до трифазного джерела через масштабний перетворювач струмів фаз в напруги приєднане трифазне навантаження, три виходи масштабного перетворювача струмів фаз в напруги через перший перемикач приєднані до першого входу квазірівноваженого вимірювального перетворювача, а вихід масштабного перетворювача фазної напруги через другий перемикач приєднаний до другого входу квазірівноваженого вимірювального перетворювача, а виходи останнього приєднані до входу однокристального мікроконтролера, два виходи керування якого з'єднані з входами керування першого і другого перемикачів та квазірівноваженого вимірювального перетворювача, а також трьома входами блоку симетрування, а до входу керування однокристального мікроконтролера приєднаний вихід задавача коефіцієнта реактивної потужності.

Недоліком пристрою є недостатня точність симетрування навантажень за умов несинусоїдності. Це пояснюється тим, що в пристрої передбачено використання перетворення фазового зсуву на кут $\frac{\pi}{2}$, що за умов несинусоїдності може приз-

вести до значних похибок. Для здійснення такого перетворення необхідні так звані спектральні фазозсуваючі пристрої, реалізація яких надзвичайно складна.

В основу винаходу поставлено задачу створення пристрою для автоматичного симетрування струмів та напруг трифазної системи, в якому за рахунок використання активних провідностей в системі координат (α, β) , визначених відносно фаз А, В та С, досягається збільшення точності симетрування струмів і напруг навантажень за умов несинусоїдності.

Поставлена задача вирішується тим, що в пристрій для автоматичного симетрування струмів та напруг трифазної системи, що містить трифазну систему, яка 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 струмів фаз в напруги, масштабний перетворювач фазної напруги, перший квазірівноважений вимірювальний перетворювач, однокристальний мікроконтролер, причому до трифазного джерела через масштабний перетворювач струмів фаз в напруги приєднане трифазне навантаження, вхід масштабного перетворювача фазної напруги приєднаний на фазну напругу трифазного джерела, а вихід квазірівноваженого вимірювального перетворювача - до входу однокристального мікроконтролера, виходи керування якого з'єднані з трьома входами блоку симетрування, додатково введені другий і третій масштабні перетворювачі фазної напруги, перший і другий комутатори, перший і другий пристрої віднімання, другий квазірівноважений вимірювальний перетворювач, причому три виходи масштабного перетворювача струмів фаз в напруги приєднані до входів першого комутатора, перший вихід якого приєднаний до першого входу першого квазірівноваженого вимірювального перетворювача, а другий і третій виходи комутатора через перший пристрій віднімання приєднані до першого входу другого квазірівноваженого вимірювального перетворювача, входи другого і третього масштабних перетворювачів фазної напруги приєднані на другу і третю фазні напруги трифазного джерела, а виходи трьох масштабних перетворювачів фазної напруги приєднані до входів другого комутатора, перший вихід якого приєднаний до другого входу першого квазірівноваженого вимірювального перетворювача, а другий і третій виходи комутатора через другий пристрій віднімання приєднані до другого входу другого квазірівноваженого вимірювального перетворювача, а вихід останнього приєднаний до другого входу однокристального мікроконтролера, вихід керування якого з'єднаний із входами керування комутаторів.

На кресленні подана структурна схема пристрою для автоматичного симетрування струмів та напруг трифазної системи.

На кресленні позначені: трифазне джерело - 1, масштабний перетворювач струмів фаз в напруги - 2, трифазне навантаження - 3, перший масштабний перетворювач фазної напруги - 4, другий масштабний перетворювач фазної напруги - 5, третій масштабний перетворювач фазної напруги - 6, перший комутатор - 7, другий комутатор - 8, перший пристрій віднімання 9, другий пристрій віднімання 10, перший квазірівноважений вимірювальний перетворювач - 11, другий квазірівноважений вимірювальний перетворювач - 12, однокристальний мікроконтролер - 13, блок симетрування - 14, до складу якого входять три керовані реактивні елементи. При цьому до трифазного джерела 1 через масштабний перетворювач струмів фаз в напруги 2 приєднане трифазне навантаження 3, три виходи масштабного перетворювача струмів фаз в напруги 2 приєднані до входів першого комутатора 7, перший вихід якого приєднаний до першого входу першого квазірівноваженого вимірювального перетворювача 11, а другий та третій виходи комутатора 7 з'єднані з першим та другим входами першого пристрою віднімання 9, а до виходу останнього приєднаний перший вхід другого квазірівноваженого вимірювального перетворювача 12, входи масштабних перетворювачів фазної напруги 4, 5 та 6 приєднані на три фазні напруги трифазного джерела, а їх виходи - до входів другого комутатора 8, перший вихід якого приєднаний до другого входу першого квазірівноваженого вимірювального перетворювача 11, а другий та третій виходи комутатора 8 з'єднані з першим та другим входами другого пристрою віднімання 10, до виходу останнього приєднаний другий вхід другого квазірівноваженого вимірювального перетворювача 12, виходи квазірівноважених вимірювальних перетворювачів 11, 12 з'єднані з входами однокристального мікроконтролера 13, до виходів керування якого приєднані входи керування комутаторів 7 та 8 і три входи блоку симетрування 14.

В основу роботи пристрою покладено закон керування провідністю реактивних елементів блоку симетрування 14 у відповідності з формулами

$$b_{BC} = 0; b_{CA} = \frac{2\sqrt{3}}{3} k_2 g_{2(B)}; b_{AB} = -\frac{2\sqrt{3}}{3} k_2 g_{2(C)}, \quad (1)$$

$$b_{BC} = -\frac{2\sqrt{3}}{3} k_2 g_{2(B)}; b_{CA} = 0; b_{AB} = \frac{2\sqrt{3}}{3} k_2 g_{2(A)}, \quad (2)$$

$$b_{BC} = \frac{2\sqrt{3}}{3} k_2 g_{2(C)}; b_{CA} = -\frac{2\sqrt{3}}{3} k_2 g_{2(A)}; b_{AB} = 0, \quad (3)$$

де $g_{2(A)}$, $g_{2(B)}$, $g_{2(C)}$ - активні провідності навантаження зворотної послідовності в системах координат, визначених відносно фаз А, В та С.

Вибір однієї з трьох реалізацій закону керування провідністю реактивних елементів блоку симетрування 14 здійснюється за знаком активних провідностей $g_{2(A)}$, $g_{2(B)}$, $g_{2(C)}$. Якщо від'ємним є знак провідності $g_{2(A)}$, то керування здійснюється за формулами (1), якщо від'ємним є знак провідності $g_{2(C)}$, то - за формулами (2), якщо від'ємним є

знак провідності $g_{2(B)}$, то - за формулами (3). І, навпаки, якщо додатнім є знак провідності $g_{2(B)}$, $g_{2(C)}$, то керування здійснюється за формулами (1), якщо додатнім є знак провідностей $g_{2(B)}$, $g_{2(A)}$, то - за формулами (2), якщо додатнім є знак провідностей $g_{2(C)}$, $g_{2(A)}$, то - за формулами (3).

Визначення активної провідності зворотної послідовності полягає в отриманні інформації про провідності навантаження, які представлені в системі координат (α, β) ,

$$g_{\alpha} = \operatorname{Re} \left(\frac{i_{\alpha}}{U_{\alpha}} \right); g_{\beta} = \operatorname{Re} \left(\frac{i_{\beta}}{U_{\beta}} \right), \quad (4)$$

з використанням цифрової обробки яких отримують значення активної провідності зворотної послідовностей навантаження

$$g_2 = 0,5(g_{\alpha} - g_{\beta}). \quad (5)$$

Опишемо алгоритм роботи пристрою. В першому такті з першого виходу масштабного перетворювача струмів фаз в напруги 2 через перший комутатор 7 та з першого масштабного перетворювача фазної напруги 4 через другий комутатор 8 відповідно на перший та другий входи першого квазірівноваженого вимірювального перетворювача 11 поступають сигнали, які пропорційні відповідно струму фази А трифазного навантаження 3 та напрузі фази А трифазного джерела 1, на виході якого формується величина, що пропорційна активній провідності $g_{\alpha(A)}$ (як відношення синфазної складової струму до модуля напруги фази А), одночасно з другого і третього виходів масштабного перетворювача струмів фаз в напруги 2 та другого і третього масштабних перетворювачів фазної напруги 5 і 6 через перший та другий пристрої віднімання 9 і 10 відповідно на перший та другий входи другого квазірівноваженого вимірювального перетворювача 12 поступають сигнали, які пропорційні відповідно різниці струмів та різниці напруг фаз В, С, на виході якого в першому такті формується величина, що пропорційна активній провідності $g_{\beta(A)}$ (як відношення синфазної складової струму до модуля різниці струмів до модуля різниці напруг фаз В, С).

В другому такті з другого виходу масштабного перетворювача струмів фаз в напруги 2 через перший комутатор 7 та з другого масштабного перетворювача фазної напруги 5 через другий комутатор 8 відповідно на перший та другий входи першого квазірівноваженого вимірювального перетворювача 11 поступають сигнали, які пропорційні відповідно струму фази В трифазного навантаження 3 та напрузі фази В трифазного джерела 1, на виході якого формується величина, що пропорційна активній провідності $g_{\alpha(B)}$ (як відношення синфазної складової струму до модуля напруги фази В), одночасно з третього і першого виходів масштабного перетворювача струмів фаз в напруги 2 та третього і першого масштабних перетворювачів фазної напруги 6 і 4 через перший та другий пристрої віднімання 9 і 10 відповідно на перший та другий входи другого квазірівноваженого вимірювального перетворювача 12 поступають сигнали, які пропорційні відповідно різниці струмів та різниці напруг фаз С, А, на виході якого в другому такті формується величина, що пропор-

ційна активній провідності $g_{\beta(B)}$ (як відношення синфазної складової різниці струмів до модуля різниці напруг фаз С, А).

В третьому такті з третього виходу масштабного перетворювача струмів фаз в напруги 2 через перший комутатор 7 та з третього масштабного перетворювача фазної напруги 6 через другий комутатор 8 відповідно на перший та другий входи першого квазірівноваженого вимірювального перетворювача 11 поступають сигнали, які пропорційні відповідно струму фази С трифазного навантаження 3 та напрузі фази С трифазного джерела 1, на виході якого формується величина, що пропорційна активній провідності $g_{\alpha(C)}$ (як відношення синфазної складової струму до модуля напруги фази С), одночасно з першого і другого виходів масштабного перетворювача струмів фаз в напруги 2 та першого і другого масштабних перетворювачів фазної напруги 4 і 5 через перший та другий пристрої віднімання 9 і 10 відповідно на перший та другий входи другого квазірівноваженого вимірю-

вального перетворювача 12 поступають сигнали, які пропорційні відповідно різниці струмів та різниці напруг фаз А, В, на виході якого в третьому такті формується величина, що пропорційна активній провідності $g_{\beta(C)}$ (як відношення синфазної складової різниці струмів до модуля різниці напруг фаз А, В).

Усі ці величини заносяться в комірки пам'яті однокристального мікроконтролера 13, після чого відбувається розрахунок активних провідностей зворотної послідовностей $g_{2(A)}$, $g_{2(B)}$, $g_{2(C)}$ за формулою (5).

Зміна тактів вимірювання здійснюється однокристальним мікроконтролером 13 шляхом синхронного перемикання комутаторів 7 і 8. Вибір однієї з трьох реалізацій (1), (2) або (3) закону керування провідністю реактивних елементів блоку симетрування 14 здійснюється однокристальним мікроконтролером 13 за знаком активних провідностей $g_{2(A)}$, $g_{2(B)}$, $g_{2(C)}$.

