

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

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

А.с. СССР №486418, МПК H02J3/26 Устройство для регулирования реактивной мощности. /А.В.Панин и В.Н.Панченко.- Оpubл. в Б.И., 1976, №36, що містить: трифазні перетворювачі зі штучною комутацією, датчик струму, згладжувальний дросель, блок керування, датчик трифазної мережі, силовий трансформатор, однофазні двопівперіодні керовані випрямлячі, керовані вентиля, блок штучної комутації, вихід кожного однофазного двопівперіодного випрямляча для обмеження генерування струму третьої гармоніки шунтується керованим вентилям або блоком штучної комутації, наприклад, мостовим;

А.с. СССР №488281, МПК H02J3/26 Устройство для регулирования реактивной мощности и симметрирования режима многофазной сети. /В.Н.Панченко.- Оpubл. в Б.И., 1976, №38, що містить: датчик струму, блок керування, силовий трансформатор, до виводів вторинних обмоток якого приєднані багатофазні перетворювачі, послідовно з'єднані на стороні постійного струму через згладжувальний дросель, виконані із каскадно з'єднаних і шунтованих керованими вентилями однофазних двопівперіодних керованих випрямлячів, і мостові блоки штучної комутації, що містять конденсатори, а до точок з'єднання силових і шунтувальних керованих вентилів однофазних двопівперіодних керованих випрямлячів з виводами вторинної обмотки трансформатора приєднані зустрічно додаткові керовані вентиля, до спільних точок силових і шунтувальних керованих вентилів приєднані блоки штучної комутації.

Загальним недоліком цих пристроїв є низька точність, а самі пристрої є джерелом вищих гармонік, оскільки для регулювання використовуються багатофазні силові перетворювачі із штучною комутацією керованих вентилів.

Найбільш близьким по технічній суті до винаходу, що заявляється, є Авторське свідоцтво СРСР №920959, М.Кл.<sup>3</sup> H02J3/26, Устройство для автоматического симметрирования токов и стабилизации заданного коэффициента мощности трехфазной системы /М.Я.Минц, В.Н.Чинков, О.Г.Гриб.- опубл. в Б.И., і 982, №14, що містить: блок симетрування, до складу якого входять три керованих реактивних елементи, приєднаних на лінійні напруги трифазної системи, перетворювач активної потужності фаз, перетворювач реактивної потужності трифазної системи, квадратичний перетворювач напруги і операційні блоки, перші два входи яких об'єднані попарно з першими двома входами сусідніх блоків і приєднані до перетворювача активної потужності фаз, треті входи операційних блоків з'єднані між собою і приєднані до перетворювача реактивної потужності, Четверті входи операційних блоків з'єднані між собою і приєднані до квадратичного перетворювача напруги, а виходи операційних блоків приєднані до входів блока симетрування.

Недоліком даного пристрою є низька точність симетрування навантажень, обумовлена використанням закону керування, що не враховує асиметрію реактивних навантажень.

В основу винаходу поставлено задачу створення пристрою для автоматичного симетрування струмів і стабілізації заданого коефіцієнта потужності трифазної системи, в якому за рахунок введення нових елементів та зв'язків між ними досягається зменшення похибок внаслідок використання оптимального закону керування.

Поставлена задача вирішується тим, що в пристрій для автоматичного симетрування струмів і стабілізації заданого коефіцієнта потужності трифазної системи, що містить блок симетрування, до складу якого входять три керованих реактивних елементи, приєднаних на лінійні напруги трифазної системи, введені масштабний перетворювач струмів фаз в напруги, масштабний перетворювач пристрій віднімання, фазочутливий детектор, однокристальний мікроконтролер, задатчик коефіцієнта реактивної потужності, причому три виходи масштабного перетворювача струмів фаз в напруги приєднані до входів першого перемикача, а виходи масштабного перетворювача фазної напруги через фазообертач і безпосередньо - до входів другого перемикача, вихід першого перемикача приєднаний до першого входу пристрою віднімання, а вихід другого перемикача через цифровий подільник напруги і третій перемикач - до другого і третього входів пристрою віднімання, а його вихід з'єднаний з першим входом фазочутливого детектора, другий вхід останнього приєднаний до виходу другого перемикача, вихід фазочутливого детектора приєднаний до входу однокристального мікроконтролера, його виходи з'єднані з входами керування цифрового подільника напруги та трьома входами блока симетрування, виходи керування однокристального мікроконтролера з'єднані з входами керування трьох перемикачів, а до входу керування однокристального мікроконтролера приєднаний вихід задатчика коефіцієнта реактивної потужності.

На кресленні (Фіг.) подана структурна схема пристрою для автоматичного симетрування струмів і стабілізації заданого коефіцієнта потужності трифазної системи.

На кресленні позначені: трифазне джерело - 1, несиметричне трифазне навантаження, параметри якого можуть змінюватися в часі - 2. Пристрій містить блок симетрування - 3, масштабний перетворювач струмів фаз в напруги - 4, масштабний перетворювач фазної напруги - 5, перемикачі - 6, 7, 8, фазообертач - 9, цифровий подільник напруги - 10, пристрій віднімання - 11, фазочутливий детектор - 12, однокристальний мікроконтролер - 13, задатчик коефіцієнта реактивної потужності - 14. При цьому виходи масштабного перетворювача струмів фаз в напруги 4 приєднані до входів перемикача 6, а виходи масштабного перетворювача фазної напруги 5 через фазообертач 9 і безпосередньо - до входів перемикача 7, вихід перемикача 6 приєднаний до першого входу пристрою віднімання 11, а вихід перемикача 7 через цифровий подільник напруги 10 і перемикач 8 - до другого і третього входів пристрою віднімання 11, вихід пристрою віднімання 11 з'єднаний з першим входом фазочутливого детектора 12, а детектора 12 приєднаний до входу однокристального мікроконтролера 13, його виходи з'єднані з входами керування цифрового подільника напруги 10 та трьома входами блока симетрування 3. Крім того, виходи однокристального мікроконтролера 13 з'єднані з входами керування перемикачів 6,7,8, а до входу однокристального мікроконтролера приєднаний вихід задатчика коефіцієнта реактивної потужності 14.

Робота пристрою основана на використанні аналітичних залежностей реактивних провідностей фаз блока симетрування як функцій реактивної потужності та комплексної потужності зворотної послідовності

$$b_{BC} = \frac{1}{3U^2} \left[ (Q - Q_{BX}) + 2 \operatorname{Im} S_{-2} \right];$$

$$b_{CA} = \frac{1}{3U^2} \left[ (Q - Q_{BX}) - \operatorname{Im} S_{-2} - \sqrt{3} \operatorname{Re} S_{-2} \right];$$

$$b_{AB} = \frac{1}{3U^2} \left[ (Q - Q_{BX}) - \operatorname{Im} S_{-2} + \sqrt{3} \operatorname{Re} S_{-2} \right];$$

де  $Q$  - реактивна потужність трифазного навантаження;  $Q_{BX}$  - задане значення вхідної реактивної потужності;  $S_{-2}$  - комплексна потужність зворотної послідовності трифазного навантаження;  $U$  - лінійна напруга мережі.

Останні вирази можуть бути перетворені до вигляду

$$b_{BC} = \frac{1}{3} [(b - b_{BX}) + 2b_2]$$

$$b_{CA} = \frac{1}{3} [(b - b_{BX}) - b_2 - \sqrt{3}g_2] \quad (1)$$

$$b_{AB} = \frac{1}{3} [(b - b_{BX}) - b_2 + \sqrt{3}g_2]$$

де  $b = Q/U^2$  - реактивна провідність трифазного навантаження, що дорівнює сумі реактивних провідностей трьох фаз;  $b_{BX}$  - задане значення вхідної реактивної провідності;  $g_2 = \operatorname{Re} S_{-2}/U^2$  - активна провідність зворотної послідовності трифазного навантаження;  $b_2 = \operatorname{Im} S_{-2}/U^2$  - реактивна провідність зворотної послідовності трифазного навантаження.

Для отримання необхідної інформації послідовно проводиться вимірювання ортогональних складових провідностей  $\alpha_A, \alpha_B, \alpha_C, \beta_A, \beta_B, \beta_C$  при використанні напруг, пропорційних відповідно струмам фаз А, В, С і опорних напруг  $U_A \sin \omega t$  та  $U_A \cos \omega t$ .

Вимірювання ортогональних складових провідностей відбувається в такій послідовності. Спочатку на першій вхід пристрою віднімання 11 з допомогою перемикача 6 подається напруга, що пропорційна струму фази А, а на другий (інвертуючий) вхід пристрою віднімання 11 - напруга фази А, що дорівнює  $U_A \sin \omega t$ . Відбувається зрівноваження вимірювального кола, яке здійснюється зміною коефіцієнта передачі цифрового подільника напруги 10 до моменту, коли напруга на виході фазочутливого детектора 12 не буде рівною нулю (меншою по модулю від певного заданого значення). В цей момент

$$k_4 I_A \cos \varphi_A = k_{10} k_5 U_A;$$

де  $k_4, k_5$  - коефіцієнти передачі по струму масштабного перетворювача 4 та по напрузі масштабного перетворювача 5;  $k_{10}$  - коефіцієнт передачі цифрового подільника напруги 10, що регулюється. Отже,

$$k_{10} = \frac{k_4 I_A \cos \varphi_A}{k_5 U_A} = \frac{k_4}{k_5} \alpha_A;$$

Результат заноситься в першу комірку пам'яті однокристального мікроконтролера 13.

Перемикач 7 ставиться в друге положення і на вхід пристрою віднімання 11 подається напруга  $U_A \cos \omega t$ , що зсунута на кут 90 градусів відносно напруги фази А. Знову відбувається зрівноваження вимірювального кола. В момент, коли напруга на виході фазочутливого детектора дорівнює нулю, коефіцієнт передачі:

$$k_{10} = \frac{k_4 I_A \sin \varphi_A}{k_5 U_A} = \frac{k_4}{k_5} \beta_A;$$

Результат заноситься в другу комірку пам'яті мікроконтролера.

Аналогічно виконуються вимірювання ортогональних складових  $\alpha_B, \beta_B$  струму фази В відносно напруги фази А, а також ортогональних складових -струму  $\alpha_C, \beta_C$  фази С відносно напруги фази А.

У випадку, якщо вимірювальне коло не вдається зрівноважити за певне число тактів, то перемикач 8 переводиться в друге положення і зрівноваження повторюється. В цьому випадку опорна напруга подається на неінвертуючий вхід пристрою віднімання 11. При цьому результат записується у відповідну комірку пам'яті однокристального мікроконтролера 13 зі знаком мінус.

Число тактів зрівноваження чітко визначене. Воно залежить від необхідної точності вимірювання і кількості ступенів в кожній фазі блока симетрування.

Керування процесом зрівноваження здійснюється однокристальним мікроконтролером 13.

Після вимірювань ортогональних складових провідностей однокристальним мікроконтролером формуються числові значення провідностей

$$g = \alpha_A - 0,5\alpha_B - 0,5\alpha_C - 0,5\sqrt{3}\beta_B + 0,5\sqrt{3}\beta_C;$$

$$b = \beta_A - 0,5\beta_B - 0,5\beta_C + 0,5\sqrt{3}\alpha_B - 0,5\sqrt{3}\alpha_C;$$

$$g_2 = \alpha_A - 0,5\alpha_B - 0,5\alpha_C + 0,5\sqrt{3}\beta_B - 0,5\sqrt{3}\beta_C;$$

$$b_2 = \beta_A - 0,5\beta_B - 0,5\beta_C - 0,5\sqrt{3}\alpha_B + 0,5\sqrt{3}\alpha_C;$$

Перша з цих величин використовується для обчислення вхідної реактивної провідності

$$b_{BX} = g \operatorname{tg} \varphi_{BX},$$

де  $\operatorname{tg} \varphi_{BX}$  - задане значення коефіцієнта реактивної потужності. Інші три величини разом із  $b_{BX}$  служать для розрахунку провідностей фаз за формулами (1), що забезпечує симетрування струмів навантаження при

