



УКРАЇНА

(19) UA (11) 34246 (13) A

(51) 6 G01R17/12

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІОПИС
ДО ДЕКЛАРАЦІЙНОГО ПАТЕНТУ
НА ВИНАХІДвидається під
відповідальність
власника
патенту

(54) ПРИСТРІЙ ДЛЯ ВИМІРЮВАННЯ СПРАЦЮВАННЯ СИЛОВИХ СТАТИЧНИХ КОНДЕНСАТОРІВ

(21) 99063408

(22) 18.06.1999

(24) 15.02.2001

(33) UA

(46) 15.02.2001, Бюл. № 1, 2001 р.

(72) Мокін Борис Іванович, Грабко Володимир Віталійович, Боцула Мирослав Павлович

(73) Вінницький державний технічний університет

(57) Пристрій для вимірювання спрацювання силових статичних конденсаторів, що містить перший генератор імпульсів, індикатор, комутатор, перший компаратор, датчик напруги, який **відрізняється** тим, що в нього введені датчик комутації, блок установки нуля, віднімаючий лічильник імпульсів, дешифратор, три лічильники імпульсів, два логічних елемента "І", блок задання ресурсу, цифровий компаратор, два аналого-цифрових перетворювачі, блок пам'яті, перетворювач Фур'є, арифметичний блок, функціональний блок, два регістри, перетворювач змінної напруги в постійну напругу, перетворювач змінного струму в постійну напругу, два помножувачі сигналів, масштабуючий підсилювач, два логічних елементи "НІ", датчик струму, другий компаратор, другий генератор імпульсів, цифро-аналоговий перетворювач, блок обчислення косинусу кута зсуву сигналів, причому вихід датчика комутації з'єднаний з першим входом першого логічного елемента "І", другий вхід якого підключений до виходу комутатора, перша вхідна цифрова шина якого з'єднана з вихідною цифровою шиною першого лічильника імпульсів, лічильний вхід якого підключений до виходу першого генератора імпульсів, вихід першого логічного елемента "І" з'єднаний з лічильним входом другого лічильника імпульсів, установочний вхід якого підключений до виходу блока установки нуля, вихідна цифрова шина блока задання ресурсу з'єднана з першою вхідною цифровою шиною цифрового компаратора, друга вхідна цифрова шина якого підключена до вихідної цифрової шини другого лічильника імпульсів, вихід цифрового компаратора з'єднаний з індикатором і колами сигналізації об'єкту вимірювання, вихід датчика напруги через перший компаратор підключений до лічильного входу віднімаючого лічильника імпульсів, установочний вхід якого з'єднаний з виходом блока установки нуля, вихідна цифрова шина віднімаючого лічильника імпульсів підключена до вхідної цифрової шини дешифратора, перший вихід якого з'єднаний з керуючим

входом першого аналого-цифрового перетворювача і першим керуючим входом блока пам'яті, другий керуючий вхід якого разом з керуючим входом перетворювача Фур'є підключені до другого виходу дешифратора, третій вихід якого з'єднаний з першим керуючим входом арифметичного блока, а четвертий вихід підключений до керуючого входу першого регістра, вихідна цифрова шина якого з'єднана з другою вхідною цифровою шиною комутатора, вихід датчика напруги підключений до входу першого аналого-цифрового перетворювача, вихідна цифрова шина якого з'єднана з вхідною цифровою шиною блока пам'яті, вихідна цифрова шина якого підключена до вхідної цифрової шини перетворювача Фур'є, перша і друга вихідні цифрові шини якого, а також його керуючий вихід з'єднані відповідно з першою і другою вхідними цифровими шинами і другим керуючим входом арифметичного блока, вихідна цифрова шина якого підключена до першої вхідної цифрової шини функціонального блока, вхідна цифрова шина першого регістра з'єднана з вихідною цифровою шиною функціонального блока, друга вхідна цифрова шина якого підключена до вихідної цифрової шини другого аналого-цифрового перетворювача, вихід датчик напруги через перетворювач змінної напруги в постійну напругу з'єднаний з першим входом першого помножувача сигналів, другий вхід якого підключений до виходу датчика струму через перетворювач змінного струму в постійну напругу, вихід першого помножувача сигналів через масштабуючий підсилювач з'єднаний з першим входом другого помножувача сигналів, вихід якого підключений до входу другого аналого-цифрового перетворювача, а другий вхід з'єднаний з виходом блоку обчислення косинусу кута зсуву сигналів, вхід якого підключений до виходу цифро-аналогового перетворювача, вхідна цифрова шина якого з'єднана з вихідною цифровою шиною другого регістра, керуючий вхід якого підключений до другого виходу дешифратора, вихід другого генератора імпульсів з'єднаний з першим входом другого логічного елемента "І", до другого входу якого через перший логічний елемент "НІ" підключений вихід першого компаратора, вихід датчика струму через другий компаратор з'єднаний з третім входом другого логічного елемента "І", а також через другий логічний елемент "НІ" підключений до установочного входу третього лічильника імпульсів,

(19) UA (11) 34246 (13) A

лічильний вхід якого з'єднаний з виходом другого логічного елемента "І", а вихідна цифрова ши-

на підключена до вхідної цифрової шини другого регістра.

Винахід відноситься до області електротехніки і може бути використаний для вимірювання робочого ресурсу силових статичних конденсаторів.

Відомий міст для вимірювання ємності і тангенса кута втрат конденсаторів (А.с. СРСР № 1318920, М. кл. G01R17/10, бюл. № 23, 1987), що містить індикатор, виводи якого підключені до першої і другої вершини вимірювальної діагоналі моста, генератор, виводи якого з'єднані з першою і другою вершинами діагоналі живлення моста, перша вершина якої через відповідні перші ключі підключена до перших виводів конденсаторів, які входять до складу набору конденсаторів, другі виводи яких через відповідні другі ключі з'єднані з першою вершиною вимірювальної діагоналі моста, друга вершина якої підключена до загальної шини, з якою з'єднані автотрансформаторні плечі співвідношення, які підключені до першої і другої вершини діагоналі живлення моста, з другою вершиною діагоналі живлення моста і першою вершиною вимірювальної діагоналі моста з'єднані відповідно перша і друга клеми для підключення об'єкту вимірювання, до другої вершини діагоналі живлення моста підключені через відповідні треті ключі перші виводи конденсаторів додаткового набору конденсаторів, другі виводи яких через відповідні четверті ключі з'єднані з першою вершиною вимірювальної діагоналі моста, до якої через восьмий ключ підключений другий вивід другого зразкового резистора, перший вивід якого через сьомий ключ з'єднаний з другим виводом одного з конденсаторів додаткового набору конденсаторів, перший вивід цього ж конденсатора через шостий ключ підключений до другого виводу першого зразкового резистора, перший вивід якого через п'ятий ключ з'єднаний з другою вершиною діагоналі живлення моста, до другого виводу першого зразкового резистора підключений інвертуючий вхід операційного підсилювача, неінвертуючий вхід якого з'єднаний з загальною шиною, а вихід якого підключений до першого виводу другого зразкового резистора.

Недоліком даного пристрою є те, що він не дозволяє вимірювати відпрацьований ресурс силових статичних конденсаторів.

За прототип обрано пристрій для вимірювання ємності і тангенса кута втрат електричних конденсаторів (А.с. СРСР № 1448291, М. кл. G01R17/12, бюл. № 48, 1988), що містить генератор, перший вихід якого з'єднаний з початком первинної обмотки трансформатора, а також з другим нерухомим контактом третього перемикаючого елемента комутатора, з першим нерухомим контактом другого перемикаючого елемента комутатора і з початком первинної обмотки інвертора, кінець первинної обмотки якого і початок його вторинної обмотки підключені до загальної шини, а кінець вторинної обмотки з'єднаний з першим нерухомим контактом першого перемикаючого елемента комутатора, другий нерухомий контакт першого перемикаючого елемента якого, а також другий нерухомий контакт другого перемикаючого елемента комутатора і пе-

рший нерухомий контакт третього перемикаючого елемента комутатора підключені до виходу фазообертача, вхід якого з'єднаний з рухомим контактом четвертого перемикаючого елемента комутатора, перший нерухомий контакт четвертого перемикаючого елемента якого разом з другим нерухомим контактом п'ятого перемикаючого елемента комутатора підключені до початку вторинної обмотки трансформатора, кінець вторинної обмотки якого з'єднаний з другим нерухомим контактом четвертого перемикаючого елемента комутатора та з першим нерухомим контактом п'ятого перемикаючого елемента комутатора, рухомий контакт п'ятого перемикаючого елемента якого підключений до загальної шини, рухомий контакт другого перемикаючого елемента з'єднаний з другим виводом зразкового резистора, перший вивід якого разом з першим виводом зразкового конденсатора та першою клемою для підключення об'єкту вимірювання з'єднані з першим входом індикатора, другий вхід якого підключений до загальної шини, друга клемма для підключення об'єкта вимірювання з'єднана з рухомим контактом третього перемикаючого елемента комутатора, рухомий контакт першого перемикаючого елемента якого підключений до другого виводу зразкового конденсатора, другий вивід генератора та кінець первинної обмотки трансформатора з'єднані з загальною шиною.

Головним недоліком даного пристрою є те, що він не дозволяє вимірювати відпрацьований ресурс силових статичних конденсаторів.

В основу винаходу поставлено задачу вдосконалення пристрою для вимірювання спрацювання силових статичних конденсаторів, в якому за рахунок введення нових блоків та зв'язків між ними досягається можливість визначення значення відпрацьованого ресурсу силових статичних конденсаторів.

Поставлена задача досягається тим, що в пристрій для вимірювання спрацювання силових статичних конденсаторів, який складається з генератора (в подальшому – першого генератора імпульсів), індикатора, комутатора, інвертора (інвертуючого підсилювача, в подальшому – першого компаратора), трансформатора (в подальшому – датчика напруги) введено датчик комутації (ДК), блок установки нуля (БУ), віднімаючий лічильник імпульсів, дешифратор, три лічильники імпульсів, два логічних елемента "І", блок задання ресурсу (БЗР), цифровий компаратор, два аналого-цифрових перетворювачі (АЦП), блок пам'яті (БП), перетворювач Фур'є (ПФ), арифметичний блок (АБ), функціональний блок (ФБ), два регістри, перетворювач змінної напруги в постійну напругу, перетворювач змінного струму в постійну напругу, два помножувачі сигналів, масштабуючий підсилювач, два логічних елемента "НІ", датчик струму, другий компаратор, другий генератор імпульсів, цифро-аналоговий перетворювач (ЦАП), блок обчислення косинуса кута зсуву сигналів (БОК), причому вихід ДК з'єднаний з першим входом першого логічного елемента "І", другий вхід якого підключе-

ний до виходу комутатора, перша вхідна цифрова шина якого з'єднана з вихідною цифровою шиною першого лічильника імпульсів, лічильний вхід якого підключений до виходу першого генератора імпульсів, вихід першого логічного елемента "І" з'єднаний з лічильним входом другого лічильника імпульсів, установочний вхід якого підключений до виходу БУ, вихідна цифрова шина БЗР з'єднана з першою вхідною цифровою шиною цифрового компаратора, друга вхідна цифрова шина якого підключена до вихідної цифрової шини другого лічильника імпульсів, вихід цифрового компаратора з'єднаний з індикатором і колами сигналізації об'єкту вимірювання, вихід ДН через перший компаратор підключений до лічильного входу віднімаючого лічильника імпульсів, установочний вхід якого з'єднаний з виходом БУ, вихідна цифрова шина віднімаючого лічильника імпульсів підключена до вихідної цифрової шини дешифратора, перший вихід якого з'єднаний з керуючим входом першого АЦП і першим керуючим входом БП, другий керуючий вхід якого разом з керуючим входом ПФ підключені до другого виходу дешифратора, третій вихід якого з'єднаний з першим керуючим входом АБ, а четвертий вихід підключений до керуючого входу першого регістра, вихідна цифрова шина якого з'єднана з другою вхідною цифровою шиною комутатора, вихід ДН підключений до входу першого АЦП, вихідна цифрова шина якого з'єднана з вхідною цифровою шиною БП, вихідна цифрова шина якого підключена до вхідної цифрової шини ПФ, перша і друга вихідні цифрові шини якого, а також його керуючий вихід з'єднані відповідно з першою і другою вхідними цифровими шинами і другим керуючим входом АБ, вихідна цифрова шина якого підключена до першої вхідної цифрової шини ФБ, вхідна цифрова шина першого регістра з'єднана з вихідною цифровою шиною ФБ, друга вхідна цифрова шина якого підключена до вихідної цифрової шини другого АЦП, вихід ДН через перетворювач змінної напруги в постійну напругу з'єднаний з першим входом першого помножувача сигналів, другий вхід якого підключений до виходу ДС через перетворювач змінного струму в постійну напругу, вихід першого помножувача сигналів через масштабуючий підсилювач з'єднаний з першим входом другого помножувача сигналів, вихід якого підключений до входу другого АЦП, а другий вхід з'єднаний з виходом БОК, вхід якого підключений до виходу ЦАП, вхідна цифрова шина якого з'єднана з вихідною цифровою шиною другого регістра, керуючий вхід якого підключений до другого виходу дешифратора, вихід другого генератора імпульсів з'єднаний з першим входом другого логічного елемента "І", до другого входу якого через перший логічний елемент "НІ" підключений вихід першого компаратора, вихід ДС через другий компаратор з'єднаний з третім входом другого логічного елемента "І", а також через другий логічний елемент "НІ" підключений до установочного входу третього лічильника імпульсів, лічильний вхід якого з'єднаний з виходом другого логічного елемента "І", а вихідна цифрова шина підключена до вхідної цифрової шини другого регістра.

За рахунок введення в пристрій датчика комутації, блока установки нуля, віднімаючого лічиль-

ника імпульсів, дешифратора, трьох лічильників імпульсів, двох елементів "І", блока задання ресурсу, цифрового компаратора, двох аналого-цифрових перетворювачів, блока пам'яті, перетворювача Фур'є, арифметичного блока, функціонального блока, двох регістрів, перетворювача змінної напруги в постійну напругу, перетворювача змінного струму в постійну напругу, двох помножувачів сигналів, масштабуючого підсилювача, двох елементів "НІ", датчика струму, другого компаратора, другого генератора імпульсів, цифро-аналогового перетворювача, блока обчислення косинусу кута зсуву сигналів та відповідних зв'язків з'являється можливість проводити вимірювання спрацювання силових статичних конденсаторів, що дозволяє завчасно передбачити вихід їх з ладу, тим самим розширюючи функціональні можливості пристрою.

Пристрій для вимірювання спрацювання силових статичних конденсаторів пояснюється кресленням, на якому зображена його структурна схема (фіг.).

На фігурі: 1 – ДК; 2 – БУ; 3 – перший компаратор; 4 – віднімаючий лічильник імпульсів; 5 – дешифратор; 6 – перший генератор імпульсів; 7 – перший лічильник імпульсів; 8 – ДН; 9 – перший АЦП; 10 – БП; 11 – ПФ; 12 – АБ; 13 – ФБ; 14 – перший регістр; 15 – комутатор; 16 – перший логічний елемент "І"; 17 – БЗР; 18 – другий лічильник імпульсів; 19 – цифровий компаратор; 20 – індикатор; 21 – перетворювач змінної напруги в постійну; 22 – перетворювач змінного струму в постійну напругу; 23 – перший помножувач сигналів; 24 – масштабуючий підсилювач; 25 – другий генератор імпульсів; 26 – перший логічний елемент "НІ"; 27 – другий логічний елемент "І"; 28 – ДС; 29 – другий компаратор; 30 – другий логічний елемент "НІ"; 31 – третій лічильник імпульсів; 32 – другий регістр; 33 – ЦАП; 34 – БОК; 35 – другий помножувач сигналів; 36 – другий АЦП, причому вихід ДК 1 з'єднаний з першим входом першого логічного елемента "І" 16, другий вхід якого підключений до виходу комутатора 15, перша вхідна цифрова шина якого з'єднана з вихідною цифровою шиною першого лічильника імпульсів 7, лічильний вхід якого підключений до виходу першого генератора імпульсів 6, вихід першого елемента "І" 16 з'єднаний з лічильним входом другого лічильника імпульсів 18, установочний вхід якого підключений до виходу БУ 2, вихідна цифрова шина БЗР 17 з'єднана з першою вхідною цифровою шиною цифрового компаратора 19, друга вхідна цифрова шина якого підключена до вихідної цифрової шини другого лічильника імпульсів 18, вихід цифрового компаратора 19 з'єднаний з індикатором 20 і колами сигналізації об'єкту вимірювання, вихід ДН 8 через перший компаратор 3 підключений до лічильного входу віднімаючого лічильника імпульсів 4, установочний вхід якого з'єднаний з виходом БУ 2, вихідна цифрова шина віднімаючого лічильника імпульсів 4 підключена до вхідної цифрової шини дешифратора 5, перший вихід якого з'єднаний з керуючим входом першого АЦП 9 і першим керуючим входом БП 10, другий керуючий вхід якого разом з керуючим входом ПФ 11 підключені до другого виходу дешифратора 5, третій вихід якого з'єднаний з першим керуючим входом АБ 12, а четвертий вихід

підключений до керуючого входу першого регістра 14, вихідна цифрова шина якого з'єднана з другою вхідною цифровою шиною комутатора 15, вихід ДН 8 підключений до входу першого АЦП 9, вихідна цифрова шина якого з'єднана з вхідною цифровою шиною БП 10, вихідна цифрова шина якого підключена до вхідної цифрової шини ПФ 11, перша і друга вихідні цифрові шини якого, а також його керуючий вихід з'єднані відповідно з першою і другою цифровими шинами і другим керуючим входом АБ 12, вихідна цифрова шина якого підключена до першої вхідної цифрової шини ФБ 13, вхідна цифрова шина першого регістра 14 з'єднана з вхідною цифровою шиною ФБ 13, друга вхідна цифрова шина якого підключена до вихідної цифрової шини другого АЦП 36, вихід ДН 8 через перетворювач змінної напруги в постійну напругу 21 з'єднаний з першим входом першого помножувача сигналів 23, другий вхід якого підключений до виходу ДС 28 через перетворювач змінного струму в постійну напругу 22, вихід першого помножувача сигналів 23 через масштабуючий підсилювач 24 з'єднаний з першим входом другого помножувача сигналів 35, вихід якого підключений до входу другого АЦП 36, а другий вхід з'єднаний з виходом БОК 34, вхід якого підключений до виходу ЦАП 33, вхідна цифрова шина якого з'єднана з вхідною цифровою шиною другого регістра 32, керуючий вхід якого підключений до другого виходу дешифратора 5, вихід другого генератора імпульсів 25 з'єднаний з першим входом другого логічного елемента "І" 27, до другого входу якого через перший логічний елемент "НІ" 26 підключений вихід першого компаратора 3, вихід ДС 28 через другий компаратор 29 з'єднаний з третім входом другого логічного елемента "І" 27, а також через другий логічний елемент "НІ" 30 підключений до установочного входу третього лічильника імпульсів 31, лічильний вхід якого з'єднаний з виходом другого логічного елемента "І" 27, а вихідна цифрова шина підключена до вхідної цифрової шини другого регістра 32.

Запропонований пристрій працює так. При подачі на схему напруги живлення БУ 2 виробляє короткий імпульс, який обнулює віднімаючий лічильник імпульсів 4 та другий лічильник імпульсів 18. Для вимірювання спрацювання силових статичних конденсаторів датчики пристрою розподілені по об'єкту вимірювання наступним чином: датчик напруги 8 установлений в колі ввімкнення конденсаторів, датчик струму 28 ввімкнений в колі секції конденсаторів, датчик комутації 1 встановлений на вимикачі, через який підключена до електричної мережі секція конденсаторів.

Відповідно до "восьмиградусного правила" теплового старіння електротехнічної ізоляції, яке прийнято як закон старіння ізоляції конденсатора, тобто накопичення спрацювання конденсатора

$$\tau_{\theta} = \tau_0 \cdot e^{-0,087 \cdot \Delta\theta}, \quad (1)$$

де τ_{θ} – строк служби силового статичного конденсатора в режимі роботи, який викликаний перегрівом ізоляції $\Delta\theta$; τ_0 – строк служби силового статичного конденсатора при нагріві ізоляції, який відповідає номінальному режиму роботи конденсатора.

Перегрів $\Delta\theta$ визначається за наступним виразом

$$\Delta\theta = \theta - \theta_n, \quad (2)$$

де θ_n – температура нагріву ізоляції при номінальному режиму роботи конденсатора, θ – фактична температура нагріву ізоляції, яка визначається за наступним виразом

$$\theta = \frac{1}{\alpha_{\tau} \cdot S_{\text{охл}}} \cdot P, \quad (3)$$

де α_{τ} – коефіцієнт тепловіддачі з поверхні конденсатора; $S_{\text{охл}}$ – площа поверхні охолодження конденсатора; P – потужність втрат конденсатора, яка визначається за виразом

$$P = 2\pi f \cdot U^2 \cdot C \cdot \text{tg}\delta, \quad (4)$$

де f – частота напруги в мережі; U – напруга живлення конденсатора; $\text{tg}\delta$ – тангенс кута втрат конденсатора; C – ємність конденсатора.

Як відомо, найважчий режим роботи силових статичних конденсаторів – робота під несинусоїдальною напругою мережі живлення. Вплив несинусоїдальності напруги мережі живлення враховується через коефіцієнт η збільшення втрат в конденсаторі, який можна визначити як

$$\eta = \frac{\sum_{v=1}^n v U_v^2}{\sum_{v=1}^n U_v^2}, \quad (5)$$

де v – порядок гармоніки напруги мережі; U_v – напруга v -ої гармоніки напруги мережі; n – кількість гармонік спектру напруги, що враховуються.

При оцінці коефіцієнта несинусоїдальності достатньо враховувати гармоніки, значення яких $\geq 30\%$ напруги найбільшої гармоніки. Ємність конденсатора C можна визначити за формулою

$$C = \frac{1}{\omega} \frac{1}{U} \quad (6)$$

де ω – кутова частота напруги в мережі; I , U – виміряні значення напруги і струму у відповідних колах конденсатора.

Тангенс кута втрат конденсатора визначається так. Потужність втрат конденсатора визначається як

$$P = U \cdot I \cdot \cos\varphi = U \cdot I \cdot \cos(90 - \delta - \psi), \quad (7)$$

де ψ – зміщення фаз за рахунок факторів впливу кутових похибок вимірювальних трансформаторів та інше; δ – кут втрат силового статичного конденсатора.

З врахуванням того, що кути ψ і δ невеликі, з (7) випливає, що

$$\text{tg}(\delta + \psi) \approx \sin(\delta + \psi) = \frac{P}{U \cdot I}$$

Для виключення систематичної похибки до результатів виміру вводиться поправка, яка дорівнює $\text{tg}\psi$, тому

$$\text{tg}\delta \approx \frac{P}{U \cdot I} - \text{tg}\psi \quad (8)$$

Таким чином, в будь-який момент часу можна визначити нагрів ізоляції силового статичного конденсатора за формулою

$$\theta = \frac{1}{\alpha_{\tau} \cdot S_{\text{охл}}} 2\pi f \cdot U^2 \cdot C \cdot \text{tg}\delta \cdot \eta \quad (9)$$

або, підставивши вирази (5), (6), (8) в (9) та врахувавши коефіцієнти трансформації вимірювальних трансформаторів струму k_c і K_n напруги, маємо

$$\theta = \frac{k_n \cdot k_c}{\alpha_\tau \cdot S_{\text{охл}}} U \cdot I \cdot (\cos \varphi - \operatorname{tg} \psi) \cdot \eta \quad (10)$$

Для кожного моменту часу j можна визначити строк служби τ_j силового статичного конденсатора, згідно з (1), тобто

$$\tau_{\theta j} = \tau_0 \cdot e^{-0,087 \cdot \Delta \theta j} \quad (11)$$

Залишковий робочий ресурс $H_\tau^{\text{зал}}$ силового косинусного конденсатора визначимо за виразом

$$H_\tau^{\text{зал}} = H_\tau^{\text{ном}} - H_{\Delta\tau} - H_{\Delta\tau\theta} \quad (12)$$

де $H_\tau^{\text{ном}}$ – номінальний робочий ресурс конденсатора; $H_{\Delta\tau}$ – оціночне значення спрацьованого ресурсу конденсатора з моменту вводу в експлуатацію до моменту встановлення пристрою. Якщо спостереження за спрацюванням ресурсу проводиться для нових конденсаторів, то $H_{\Delta\tau} = 0$; $H_{\Delta\tau\theta}$ – відпрацьований ресурс від перегріву при роботі в несинусоїдальному режимі. Значення $H_{\Delta\tau\theta}$ можна визначити як

$$H_{\Delta\tau\theta} = \sum_{j=1}^N \frac{H_\tau^{\text{ном}}}{\tau_{\theta j}} \cdot t_j, \quad (13)$$

де t_j – час, на протязі якого на конденсатор впливає температура перегріву θ_j ; N – кількість інтервалів зміни температури θ .

Таким чином, слідкуючи за значенням $H_{\Delta\tau\theta}$ і порівнюючи зі значенням робочого ресурсу $H_\tau^{\text{ном}}$, $H_{\Delta\tau}$ на початку роботи пристрою можна визначити момент зняття з експлуатації конденсатора і запобігти аварійної ситуації. Спрацювання конденсатора визначається за наступним виразом

$$H_{\Delta\tau\theta} = \sum_{j=1}^N \frac{H_\tau^{\text{ном}}}{\tau_0 \cdot e^{-0,087 \left(\frac{k_c \cdot k_n}{\alpha_\tau S_{\text{охл}}} U_j \cdot I_j [\cos \varphi_j - \operatorname{tg} \psi] \cdot \eta_j \right)}} \cdot t_j \quad (14)$$

При вимірюванні спрацювання силових статичних конденсаторів робота пристрою розподіляється по тактах з виходів дешифратора 5, які є синхронізованими з напругою в мережі, що подається через ДН 8 на вхід компаратора 3, на виході якого з'являються імпульси, що надходять на лічильний вхід віднімаючого лічильника 4, цифровий код з виходу якого поступає на дешифратор 5.

При появі на першому виході дешифратора 5 логічної одиниці цифрові коди, які відповідають миттєвим значенням напруги впродовж одного періоду зміни напруги з виходу ДН 8 через АЦП 9 записуються в БП 10. При появі сигналу логічного нуля на першому виході дешифратора 5 процес запису кодів в БП 10 припиняється. При цьому на другому виході дешифратора 5 з'являється сигнал логічної одиниці, по якому всі коди, що записані в БП 10, передаються в ПФ 11. Одночасно цим же сигналом запускається ПФ 11, який обчислює склад спектру гармонік напруги v і діюче значення U_v кожної з них. При появі сигналу на третьому виході дешифратора 5 активізується робота АБ 12. При цьому з ПФ 11 в АБ 12 по керуючим сигналам, що поступають з ПФ 11 на другий керуючий вхід АБ 12, передаються цифрові коди, які відповідають номерам гармонік напруги v та їх діючим зна-

ченням U_v . В АБ 12 проводиться обчислення сигналу у відповідності з виразом (5). Вихідний сигнал з АБ 12 у вигляді цифрового коду, пропорційного t_i , надходить у ФБ 13.

Одночасно з виходу ДН 8 змінна напруга подається на перетворювач 21 змінної напруги в постійну напругу з виходу якого сигнал надходить на перший вхід помножувача сигналів 23, на другий вхід якого через перетворювач 22 поступає сигнал постійної напруги, який пропорційний змінному струму, що протікає в цей час в об'єкті вимірювання і контролюється ДС 28. З виходу помножувача сигналів 23 сигнал через масштабуючий підсилювач 24, в якому добуток сигналів $U \cdot I$ множиться на коефіцієнт

$$\frac{k_n \cdot k_c}{\alpha_\tau \cdot S_{\text{охл}}},$$

подається на перший вхід помножувача сигналів 35.

В цей же час проводиться вимірювання кута зсуву фаз сигналів струму і напруги. Оскільки сигнал струму з виходу ДС 28 випереджає сигнал на виході ДН 8, то імпульси на виході компаратора 29 з'являються раніше, ніж на виході компаратора 3. При появі прямокутного імпульсу на виході компаратора 29 відкривається другий елемент "І" 27, який закривається при появі імпульсу з виходу компаратора 3, що проходить через перший елемент "НІ" 26. За час, коли другий елемент "І" 27 знаходиться у відкритому стані, з виходу другого генератора 25 надходять імпульси на лічильний вхід третього лічильника імпульсів 31. В момент появи сигналу на керуючому вході, який є прямим динамічним, другого регістра 32 цифровий код з третього лічильника імпульсів 31 передається в другий регістр 32. Таким чином, в другому регістрі 32 запам'ятовується цифровий код, що відповідає куту зсуву фаз φ між напругою і струмом в колі об'єкту вимірювання. В момент, коли на виході другого компаратора 29 з'являється сигнал логічного нуля, лічильник імпульсів 31 обнулюється.

З виходу другого регістра 32 цифровий код через ЦАП 33 передається в БОК 34, де проводиться обчислення косинусу кута φ та враховується кутлова похибка $\operatorname{tg} \psi$. Сигнал, пропорційний $(\cos \varphi - \operatorname{tg} \psi)$, з виходу БОК 34 надходить на другий вхід помножувача сигналів 35, де він множиться на сигнал з виходу МП 24, і через другий АЦП 36 у вигляді цифрового коду, що відповідає значенню

$$\frac{k_n \cdot k_c}{\alpha_\tau \cdot S_{\text{охл}}} U \cdot I \cdot (\cos \varphi - \operatorname{tg} \psi),$$

подається на другу вхідну цифрову шину ФБ 13. На виході останнього формується цифровий код, який відповідає спрацюванню силового статичного конденсатора при поточному режимі роботи і згідно з виразом

$$\frac{H_\tau^{\text{ном}}}{\tau_0 \cdot e^{-0,087 \left(\frac{k_c \cdot k_n}{\alpha_\tau S_{\text{охл}}} U_j \cdot I_j [\cos \varphi_j - \operatorname{tg} \psi] \cdot \eta_j \right)}}.$$

Цей цифровий код передається в перший регістр 14 при появі сигналу з четвертого виходу дешифратора 5 на керуючому вході, який є прямим динамічним, першого регістра 14.

Генератор імпульсів 6 і перший лічильник імпульсів 7 являють собою сукупність генераторів імпульсів з різними частотами вихідних сигналів.

Комутатор 15 у відповідності з цифровим кодом, що надходить з першого регістра 14, передає вихідний сигнал з одного з виходів лічильника імпульсів 7 на лічильний вхід другого лічильника імпульсів 18, при умові що на першому вході першого логічного елемента "І" 16 присутній сигнал логічної одиниці з ДК 1, який існує при умові, що об'єкт вимірювання підключений до мережі живлення. В другому лічильнику імпульсів 18 накопичується цифровий код, який відповідає спрацюванню силового статичного конденсатора згідно з виразом (14).

Якщо спектр гармонік в мережі або сигнал з виходу другого АЦП 36 змінюється, то на виході ФБ 13 з'являється новий код, який забезпечує підключення іншого виходу лічильника імпульсів 7 до входу ресурсного лічильника 18. При цьому швидкість подачі імпульсів в ресурсний лічильник імпульсів

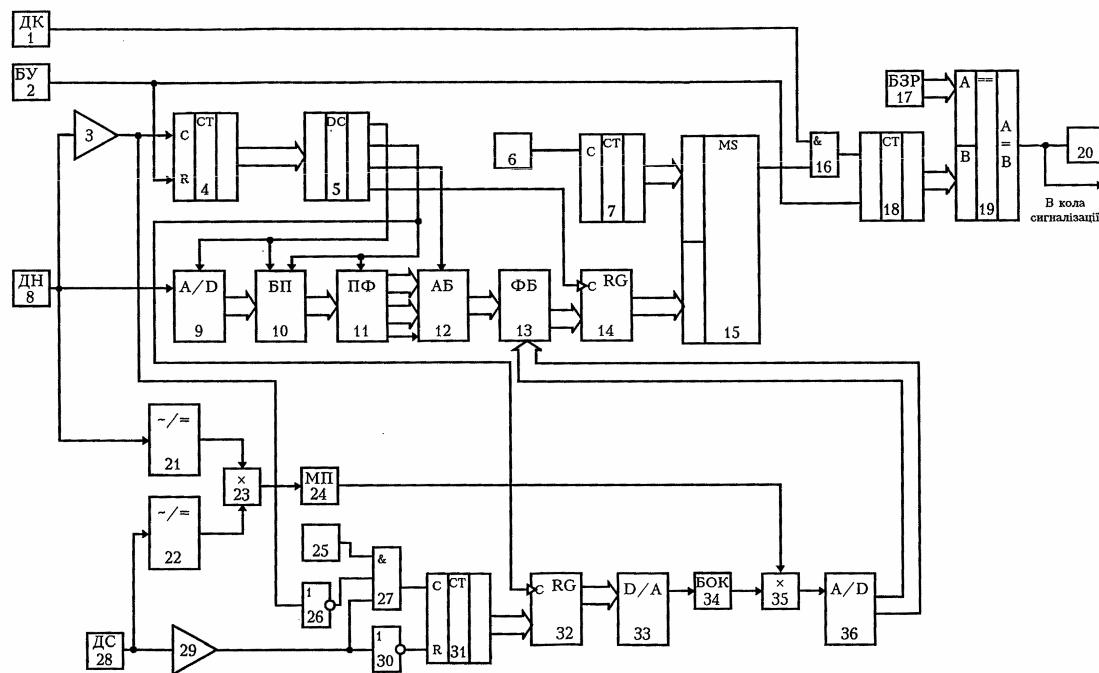
18 або збільшується або зменшується відповідно з вище зазначеними параметрами.

В БЗР 17 записаний код, який відповідає початковому робочому ресурсу

$$(H_{\tau}^{\text{ном}} - H_{\Delta\tau})$$

конденсатора. У випадку, коли на виході лічильника 18 з'являється код, що дорівнює коду на виході БЗР 17, на виході цифрового компаратора 19 з'являється сигнал логічної одиниці, який вмикає індикатор 20, що свідчить про спрацювання ресурсу конденсаторів, і подає сигнал в кола сигналізації оперативному персоналу.

Для коректної роботи пристрою частоти чергування імпульсів генератора 25 повинна бути набагато більша ніж частота сигналу електричної мережі 50 Гц.



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