

Винахід відноситься до електротехніки, зокрема до систем і пристроїв для випробування та визначення стану двигунів постійного та змінного струму. Винахід може бути використаний на електроремонтних підприємствах в електроремонтній практиці випробування двигунів, що пройшли ремонт, та в умовах промислових підприємств для експлуатаційного моніторингу електродвигунів систем приводу з метою визначення ступеню їх зношеності та ресурсу працездатності. Винахід передбачається використовувати як складову частину програмно-апаратного забезпечення стаціонарних і переносних комп'ютеризованих вимірювально-діагностичних комплексів для діагностики електричних машин.

Розрахунок багатьох електричних параметрів машин постійного і змінного струму за допомогою цифрових мікропроцесорних пристроїв базується на вимірюванні ряду миттєвих значень сигналів струму та напруги у якорному ланцюгу для двигунів постійного струму і ланцюгу статора для двигунів змінного струму. Але в існуючих цифрових вимірювальних системах, оснащених багатоканальним АЦП з мультимплексором, що забезпечують вибірку значень з дискретністю 24-72 мкс, виникає суттєва похибка при розрахунку параметрів електричної машини, зумовлена похибкою дискретизації. В системах з тиристорними регуляторами напруги це набуває особливого значення у зв'язку з наявністю крутих фронтів у сигналах напруги і різких зломів у сигналах струму в моменти включення тиристора й закінчення інтервалу комутації, так як досягти синхронізації моментів відліків миттєвих значень і моментів включення і закінчення інтервалу комутації практично не можливо.

Відомі способи та пристрої для визначення та розрахунку електричних параметрів, зокрема середнього значення випрямленого струму [Файнштейн В.Г., Файнштейн Э.Г. Микропроцессорные системы управления тиристорными электроприводами/ Под редакцией О. В.Слежановского. - М.: Энергоатомиздат, 1986. -240с.]. Відомий спосіб базується на тому, що у стек мікропроцесорного пристрою записується ряд значень інтегралу струму за інтервал повторення обчислень, що отримується від датчика середнього струму у процесі включення. У результаті кожного пуску визначається усереднене значення за даними 6-10 останніх значень стеку значення інтегралу випрямленого струму. Осереднення необхідно, щоб уникнути додаткових похибок, зумовлених можливими коливаннями тривалості інтервалу перетворення. Недоліком даного способу є наступне: недостатня точність вимірювань і розрахунків, так як не враховується факт несинхронізації моментів включення тиристорів і закінчення інтервалу комутації з моментами дискретних відліків миттєвих значень струму, що при розрахунках середнього значення інтегралу струму зумовлює сумарну відносну похибку 1-1,5%.

Відомий спосіб вимірювань і розрахунку параметрів електричної машини (ЕМ) у системах динамічного навантаження [Родькин Д.И. Системы динамического нагружения и диагностики электродвигателей при послеремонтных испытаниях. - М.: Недра, 1992. -236с.]. В наведеному способі якорь ДПС підключається до джерела напруги. За допомогою блока датчиків здійснюється вимір сигналів струму і напруги у якорному ланцюгу, швидкості обертання якоря. Далі сигнали через мультимплексор подаються у АЦП, де виконується їх дискретизація за часом з дискретністю Δt . Дискретні сигнали з АЦП надходять у ЕОМ, де виконується розрахунок середнього значення струму за цикл, ефективного значення струму якоря, середнього значення абсолютної величини струму якоря, максимального значення струму якоря, максимального значення похідної струму за часом, середнього, мінімального, максимального значень швидкості обертання, повного часу навантаження та ефективного значення струму якоря за весь час навантаження і повних втрат при навантаженні. Недолік наведеного способу полягає у тому, що:

- при розрахунку вище вказаних параметрів не враховується факт не синхронізації моментів відліків з моментами включення тиристорів і закінчення інтервалів комутації, що призводить до суттєвої похибки дискретизації;

- не враховується факт фазового зсуву при паралельному запису сигналів за допомогою АЦП з мультимплексором;

Вказані недоліки не дозволяють з достатньою точністю виміряти параметри тиристорних електроприводів за допомогою методів, що базуються на знанні амплітуд косинусних і синусних складових сигналів струму та напруги. Вище вказані причини і недоліки у такому випадку можуть приводити до значних (10-30%) відносних похибок від дискретизації при гармонійному аналізі, що недопустимо.

Наведений спосіб приймається в якості прототипу.

Задача, що вирішується запропонованим способом передбачає підвищення точності та достовірності оцінки вимірювання параметрів тиристорних електроприводів як постійного, так і змінного струму.

Сутність запропонованого способу оцінки енергетичних режимів тиристорних електроприводів передбачає наступне. Електромеханічний перетворювач постійного або змінного струму підключають до джерела промислової частоти через тиристорний регулятор напруги (ТРН). За допомогою датчиків струму і напруги

здійснюють вимірювання та запис миттєвих значень струму та напруги з заданою дискретністю Δt_1 . По мірі запису сигналу знаходять інтервали часу, на яких відбувається стрибок похідної сигналу струму, що супроводжується стрибком напруги і відповідає моментам включення тиристорів і закінчення інтервалів комутації. Далі уточнюють моменти включення тиристорів і закінчення інтервалу комутації як точку перетину екстраполюючих поліномів сигналу струму, обчислюють новий інтервал дискретизації для дискретних сигналів

струму і напруги $\Delta t_2 < \Delta t_1$, на основі якого корегуються первісні сигнали за рахунок синхронізації моментів включення тиристорів і закінчення інтервалу комутації, а, також, уточнення періоду сигналу. Корекція сигналів виконується за допомогою відомих методів інтерполяції і екстраполяції у випадку незашумленого сигналу і методів робастної регресії для випадку наявності шумів. Далі виконується гармонійний аналіз скорегованих сигналів, тобто розрахунок косинусних та синусних складових сигналів на інтервалі повторюваності процесів, на основі яких виконується розрахунок параметрів електромеханічного перетворювача.

Запропонований спосіб ілюстрований наступними фігурами:

Фіг.1. Функціональна схема пристрою для реалізації способу з електромеханічним перетворювачем постійного струму.

Фіг.2. Функціональна схема пристрою для реалізації способу з електромеханічним перетворювачем змінного струму.

Фіг.3. Діаграми струму та напруги при реалізації способу.

Фіг.4. Блок-схема алгоритму роботи пристрою для корекції сигналів.

Фіг.5. Схема двовходового екстраполятору.

Сутність способу заключається у наступному. Електромеханічний перетворювач (ЕП) 1 постійного (Фіг.1) або змінного (Фіг.2) струму під'єднується до електричної мережі через тиристорний регулятор напруги 4, з'єднаний з блоком задання сигналу керування 5. При пуску ЕП здійснюється вимірювання струмів та напруг у силовому ланцюгу за допомогою блоку датчиків напруги (ДН) 2 і блоку датчиків струму (ДС) 3. Аналогові сигнали $I(t)$, $U(t)$ надходять у АЦП 6, де відбувається їх дискретизація з дискретністю Δt_1 за часом. Дискретизовані сигнали $i[i] = i(I \cdot \Delta t_1)$, $u[i] = u(U \cdot \Delta t_1)$ одночасно надходять через комутатор 10 до двовходового екстраполятору 7 і ЕОМ 8.

Екстраполятор 7 виконує уточнення моментів включення тиристора, закінчення інтервалу комутації і передає їх значення у ЕОМ. Екстраполятор (Фіг. 3) на основі відліків миттєвих значень $i_1(t_1)$, $i_2(t_2)$, що передують моменту 1 включення тиристора або моменту 2 закінчення інтервалу комутації, та відліків $i_3(t_3)$, $i_4(t_4)$, що робляться після цього, будує лінійні інтерполяційні поліноми 3 та 4. За момент включення тиристора чи закінчення інтервалу комутації приймається точка перетину цих поліномів $i^*(t^*)$, яка обчислюється за наступними формулами

$$t^* = \frac{i_4 - \frac{i_3 - i_4}{\Delta t_1} (t_1 + 3\Delta t_1) - i_1 + \frac{i_2 - i_1}{\Delta t_1} t_1}{\frac{i_2 - i_1 - i_3 + i_4}{\Delta t_1}} \quad (1)$$

$$t^* = \frac{\frac{i_2 - i_1}{\Delta t_1} \left(i_4 - \frac{i_3 - i_4}{\Delta t_1} - t_4 \right) - \frac{i_3 - i_4}{\Delta t_1} \left(i_1 - \frac{i_2 - i_1}{\Delta t_1} - t_1 \right)}{\frac{i_2 - i_1 - i_3 + i_4}{\Delta t_1}} \quad (2)$$

Дані з екстраполятору 7 надходять у ЕОМ 8, де здійснюється їх корекція і гармонійний аналіз на інтервалі повторюваності процесів. Корекція сигналів виконується за наступним алгоритмом (Фіг. 4). На основі миттєвих значень струму $i[i]$, напруги $u[i]$ і знайдених моментів включення тиристорів і закінчення інтервалів комутації

$t_1^*, t_2^*, \dots, t_n^*$ (процедура 1) знаходиться новий інтервал дискретизації $\Delta t_2 < \Delta t_1$, як найбільший спільний дільник чисел $t_1^*, t_2^*, \dots, t_n^*, \Delta t_1$ і періоду повторення процесів T (процедура 2), наприклад, за класичним алгоритмом Ньютона, адаптованим для дійсних чисел. Після цього виконується корекція методами кусочної апроксимації

сигналів струму та напруги з дискретністю Δt_2 (процедура 3). На основі дискретних послідовностей $i[i] = i(I \cdot \Delta t_2)$, $u[i] = u(U \cdot \Delta t_2)$ здійснюється гармонійний аналіз (процедура 4), в результаті чого отримуються амплітудні значення косинусних і синусних складових сигналів струму і напруги. На основі знайдених амплітудних складових виконують розрахунок параметрів електромеханічного перетворювача, визначають миттєві значення потужності у формі:

$$P(t) = \sum_{k=0}^{k=m} (I_{ma} \cos m\Omega t + I_{ma} \sin m\Omega t) \cdot \sum_{k=0}^{k=m} (U_{ma} \cos m\Omega t + U_{ma} \sin m\Omega t) \cdot$$

Пристрій для реалізації способу вимірювання параметрів тиристорних електроприводів постійного струму (Фіг. 1), що містить електромеханічний перетворювач 1, регулятор напруги 4, блок задання сигналу керування 5, блоки датчиків напруги 2, блоки датчиків струму 3, АЦП 6, ЕОМ 8 з блоком відображення інформації 9 відрізняється тим, що до нього додатково введений комутатор 10 і двовходовий екстраполятор 7, причому вихід блоку датчиків напруги 2 з'єднаний з першим входом АЦП 6, другий вхід якого з'єднаний з виходом блоку датчиків струму 3, перший вихід АЦП через комутатор 10 з'єднаний з першим та другим входами двовходового екстраполятору 7, вихід якого з'єднаний з першим входом ЕОМ 8, другий вхід якого з'єднаний з виходом АЦП 6, другий вихід якого з'єднаний з блоком відображення інформації 9, а перший керуючий вихід якого з'єднаний з другим входом комутатора 10 і третім входом АЦП 6.

Пристрій для реалізації способу вимірювання параметрів тиристорних електроприводів змінного струму (Фіг.2), відрізняється тим, що виходи блоку датчиків напруги 2 з'єднані з першим, третім, п'ятим входами АЦП 6, до другого, четвертого, шостого входів якого підключені виходи блоку датчиків струму 3, вихід АЦП 6 через комутатор 10 з'єднаний з першим та другим входами двовходового екстраполятору 7, вихід якого з'єднаний з першим входом ЕОМ 8, другий вхід якого з'єднаний з виходом АЦП 6, другий вихід якого з'єднаний з блоком відображення інформації 9, а перший керуючий вихід якого з'єднаний з другим входом комутатора 10 і сьомим входом АЦП 6.

Екстраполятор 7, що реалізує вирази (1) та (2) виконано таким чином, що його вхід з'єднано з першим входом ЕОМ 8 і входами першого (Фіг. 5) 8, другого 9, третього 10 блоків затримки, вихід першого блоку затримки зв'язаний з першим входом першого суматора 11, другий від'ємний вхід якого зв'язаний з входом екстраполятора, а вихід якого під'єднаний до входу масштабуючого блоку 13, вихід якого під'єднаний до першого входу першого блоку множення 18, до другого входу якого під'єднаний третій суматор 19, до першого входу якого під'єднаний

блок завдання 14, а другий вхід з'єднаний з виходом таймеру 15, вихід якого з'єднаний з другим входом другого блоку множення 20, перший вхід якого з'єднаний з виходом третього масштабуючого блоку 16, до входу якого під'єднаний вихід другого суматора 12, перший від'ємний вхід якого з'єднано з виходом третього блоку затримки 10 і другим від'ємним входом п'ятого суматора 22, вхід якого з'єднаний з виходом четвертого суматора 21, перший від'ємний вхід якого з'єднаний з виходом першого блоку множення 18, а другий вхід зі входом екстраполятору, причому вихід другого блоку множення 20 з'єднаний з першим входом шостого суматора 23, другий вхід якого з'єднаний з виходом п'ятого суматора 22, вихід шостого суматора 23 з'єднаний з другим входом блоку ділення 26, вхід якого через масштабуючий блок 25 з'єднаний з виходом восьмого суматора 24, перший від'ємний вхід якого з'єднаний з виходом третього блоку затримки 10, другий вхід з'єднаний з виходом другого блоку затримки 9, третій від'ємний вхід з'єднаний з виходом першого блоку затримки 8, а четвертий вхід з'єднаний зі входом екстраполятору, причому вихід блоку ділення з'єднаний з першим входом керованого ключа 27, другий керуючий вхід якого через блок затримки 17 з'єднаний з виходом компаратора 28 вхід якого з'єднаний з другим входом екстраполятору, вихід керованого ключа 27 з'єднаний з другим входом ЕОМ. Коефіцієнти масштабуючих блоків 13, 16 і 25 розраховуються за формулою

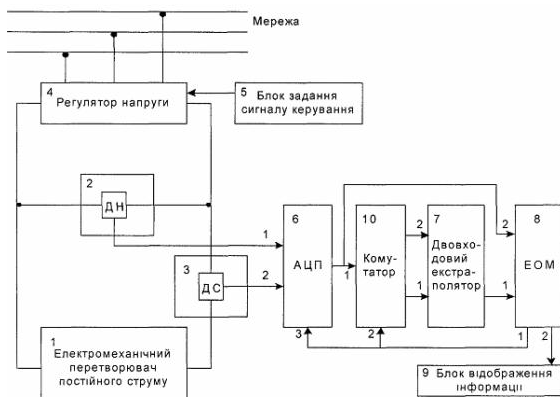
$$K_1 = \frac{1}{\Delta t_1},$$

а сигнал завдання блоку 14 за формулою

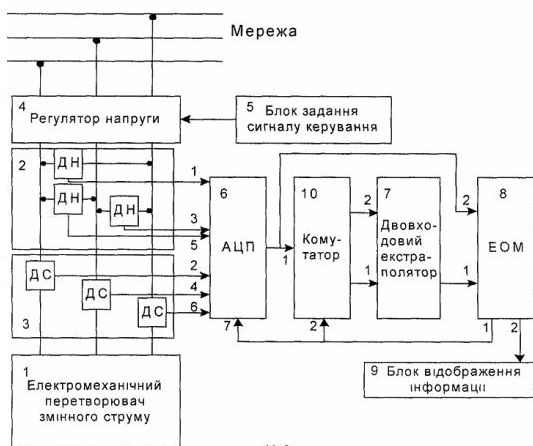
$$K_2 = \frac{1}{3 \cdot \Delta t_1}.$$

Компаратор 28 змінює свій стан згідно системи рівнянь

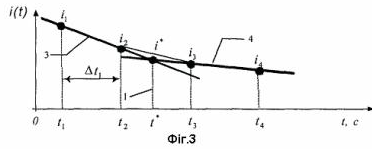
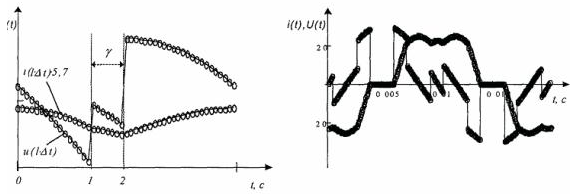
$$\begin{cases} U_{\text{вих}27} = 0, U_{\text{вих}27} > 0 \\ U_{\text{вих}27} = 1, U_{\text{вих}27} \leq 0 \end{cases}$$



Фіг.1



Фіг.2



Фіг.3

