

## ФАЗОВИЙ МЕТОД МІКРОПРОЦЕСОРНОГО ВИМІРЮВАННЯ ДОБРОТНОСТІ ОБМОТОК ЕЛЕКТРИЧНИХ МАШИН

© 1995, Джарагад Р.Х., Поджаренко В.О., Кухарчук В.В., Кучерук В.Ю.

Якість електричної машини насамперед залежить від якості та стану ізоляції обмоток. 90% всіх відмов асинхронних машин спричинено пробоем міжвиткової ізоляції. Тому підвищення ефективності методів контролю ізоляції обмоток електродвигунів є актуальною і важливою задачею.

Неруйнівний контроль стану ізоляції здійснюють за значенням активного опору ізоляції, індуктивності, добротності та ін. Найвищу достовірність для виявлення короткозамкнених витків (КЗВ) має добротність. Відомі методи вимірювання добротності (мостовий, резонансного збудження, відношення напруг) характеризуються великою кількістю блоків перетворень, невисокими метрологічними характеристиками і складністю автоматизації. Пропонується фазовий метод вимірювання добротності обмоток електричних машин, який легко реалізувати в мікропроцесорному виконанні.

Проведемо аналіз схеми (рис.1), використовуючи метод комплексних амплітуд.

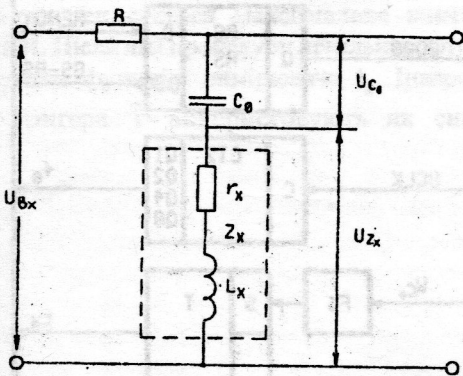


Рис.1. Еквівалентна схема вимірювального перетворювача:

$R$  - роздільний резистор;  $C_0$  - зразковий конденсатор;  $Z_x$  - комплексний опір обмотки;  $r_x, L_x$  - активний опір та індуктивність обмотки.

Еквівалентний опір кола перетворювача

$$\dot{Z}_0 = R + r_x - jX_{co} + jX_{Lx} = (R + r_x) + j(X_{Lx} - X_{co}) = \sqrt{(R + r_x)^2 + (X_{Lx} - X_{co})^2} \exp \left[ j \arctg \frac{X_{Lx} - X_{co}}{R + r_x} \right], \quad (1)$$

а еквівалентний опір обмотки становить

$$\dot{Z}_{Lx} = r_x + jX_{Lx} = \sqrt{r_x^2 + X_{Lx}^2} \exp \left[ j \arctg \frac{X_{Lx}}{r_x} \right]. \quad (2)$$

Знайдемо відношення напруг

$$\dot{U} = \dot{U}_{Zx} + \dot{U}_c \quad \text{та} \quad \dot{U}_{Zx}$$

$$(\dot{U}_{Zx} + \dot{U}_c) / \dot{U}_{Zx} = 1 + \dot{U}_c / \dot{U}_{Zx} \quad (3)$$

Напруга

$$\dot{U}_{Zx} = \dot{E} \frac{\dot{Z}_{Lx}}{\dot{Z}_0} = \frac{E_m \sqrt{r_x^2 + X_{Lx}^2}}{\sqrt{(R + r_x)^2 + (X_{Lx} - X_{co})^2}} \exp \left[ j \left[ \arctg \frac{X_{Lx}}{r_x} - \arctg \frac{X_{Lx} - X_{co}}{R + r_x} \right] \right].$$

Напруга  $\dot{U}_{co}$

$$\dot{U}_{co} = \frac{E_m X_{co}}{\sqrt{(R + r_x)^2 + (X_{Lx} - X_{co})^2}} \exp \left[ -j \left[ \frac{\pi}{2} + \arctg \frac{X_{Lx} - X_{co}}{R + r_x} \right] \right]$$

Різниця фаз між напругами  $\dot{U}_{co}$  та  $\dot{U}_{Zx}$  становить

$$\varphi = \varphi_1 - \varphi_2 = -\arctg \frac{X_{Lx} - X_{co}}{R + r_x} - \frac{\pi}{2} - \arctg \frac{X_{Lx}}{r_x} + \arctg \frac{X_{Lx} - X_{co}}{R + r_x} = -\arctg \frac{X_{Lx}}{r_x} - \frac{\pi}{2} = \arctg(Q) - \frac{\pi}{2}, \quad (4)$$

звідки

$$\varphi = \arctg(Q). \quad (5)$$

Різницю фаз двох напруг  $\dot{U}_\infty$  та  $\dot{U}_{z_x}$  у часовий інтервал  $t_x$  перетворюють за допомогою двох формувачів F1 і F2 та RS-тригера. У момент переходу напруги через рівень нуля на виході формувача F1 формується керуючий імпульс, який встановлює тригер у стан логічної «1». При переході напруги  $\dot{U}_{z_x}$  через рівень нуля на виході F2 формується імпульс, що встановлює тригер у стан логічного «0». Тоді залежність  $\varphi = f(t_x)$  визначимо такою формулою:

$$\varphi = \varphi_1 - \varphi_2 = \omega t_1 - \omega t_2 = 2\pi f t_x. \quad (6)$$

Тривалість часового інтервал  $t_x$ , пропорційного  $\varphi_x$ ,

$$t_x = \frac{\varphi_x}{2\pi f} = \frac{\text{arcctg}(Q)}{2\pi f}. \quad (7)$$

Квантуючи часовий інтервал  $t_x$  імпульсами зразкової частоти  $f_0$  від кварцового резонатора, знайдемо кількість  $N_x$  імпульсів, що підрахує бінарний лічильник

$$N_x = \frac{t_x}{T_0} = t_x f_0 = f_0 \frac{\text{arcctg}(Q)}{2\pi f}. \quad (8)$$

Основними елементами схеми мікропроцесорного пристрою (рис.2), що дає змогу реалізувати запропонований метод вимірювання добротності, є програмований таймер PT і адаптер системного каналу персонального комп'ютера.

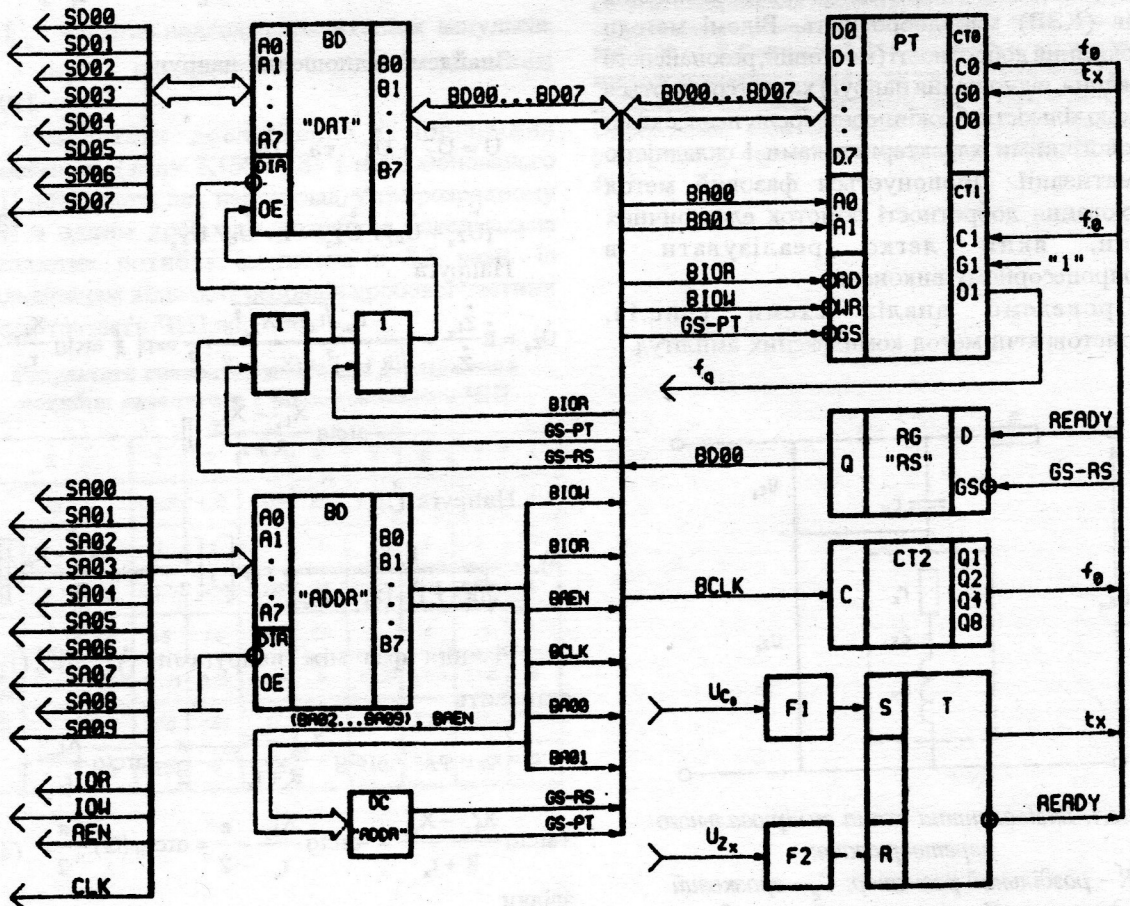


Рис.2. Структурна схема мікропроцесорного пристрою вимірювання добротності.

Схемотехнічну реалізацію вимірювання часового інтервалу  $t_c$  доцільно здійснити на базі програмованого таймера серії KP 580 ВИ 53, запрограмувавши для цього лічильник СТО в нульовий режим роботи (переривання термінальної лічби).

Адаптер призначений для спряження системного каналу персонального комп'ютера IBM PC/AT 286,386 із програмованим таймером PT. Адаптер складається із таких елементів: буфер даних BD «DAT»; буфер адреси та керуючих сигналів BD «ADR»; селектор адреси DC «ADR»; подільник CT2 тактової частоти CLK; регістр стану RS. Елемент BD «ADR» виконує роль буферів шини адреси (SA 00-09) та шини керування (IOR, IOW, AEN, CLK), а елемент BD «DAT» є двонаправленим буфером шини даних (SD 00-07). Сигнал BIOR задає напрямок передачі для буфера BD «DAT».

З метою відображення адреси адаптера на необхідний адресний простір персонального комп'ютера адресні біти BA 02...09 декодуються дешифратором DC «ADR», і формуються сигнали вибору GS-PT програмованого таймера та регістра стану RG-RS.

Принцип дії засобу вимірювання добротності, що реалізує фазовий метод, такий. Спочатку центральний процесор комп'ютера виконує ініціалізацію таймера: лічильник СТО програмується в режим роботи «0». Відтак у лічильник записується максимальне значення OFFFFH. Після цієї процедури лічильник готовий виконувати функцію вимірювача  $t_c$ . Інверсний вихід тригера  $\bar{T}$  використовують як сигнал

готовності READY. Після ініціалізації виконують операцію очікування готовності:

```
MOV DX, 304H
```

READY: IN AL, DX (цикл очікування готовності READY)

```
TEST AL, 80H
```

```
JZ READY
```

При готовності вимірюють часовий інтервал  $t_c$ :

```
MOV DX, 300H
```

```
IN AL, DX (читання молодшого байта СТО)
```

```
NOT AL
```

```
MOV BL, AL
```

```
IN AL, DX (читання старшого байта СТО)
```

```
NOT AL
```

```
MOV BH, AL
```

```
MOV Nx, BX
```

Значення інформативного параметра визначають згідно з (8). Якщо визначена добротність Q менша від нормованого значення, то обмотка електричної машини бракується.

Запропонований метод вимірювання та його апаратно-програмне здійснення має цілком задовільні метрологічні характеристики ( $\delta_k \leq 0.25\%$ ), ознаки інтелектуальних засобів вимірювання і характеризуються високою достовірністю.

Конструктивно засіб вимірювання добротності реалізовано у вигляді друкованої плати (180x110x10 см), яку розміщують у вільному «слоті» персонального комп'ютера IBM PC/AT-286, 386. Пристрій можна також виконати у вигляді автономного блоку, використавши як процесор мікроконтролер 80C196KR фірми Intel.