

УДК 621.317.73

М. Й. Бурбело, д. т. н., доц.;

В. В. Гаврилюк, студ.

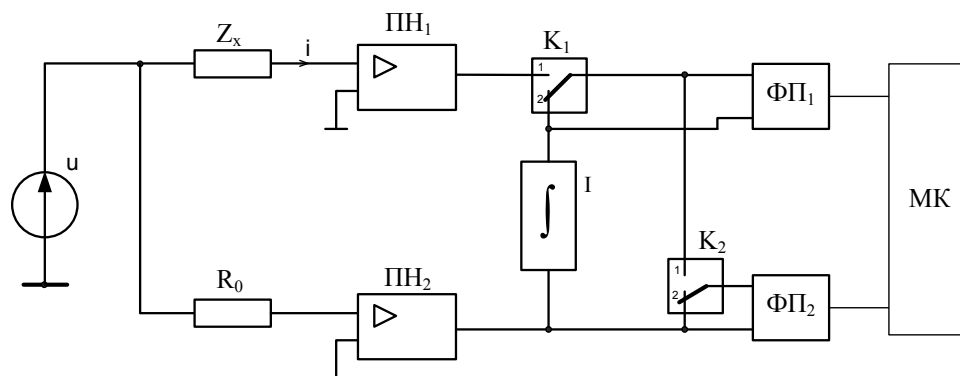
ПРИСТРІЙ ДЛЯ АВТОМАТИЧНОГО ВИЗНАЧЕННЯ ПОШКОДЖЕНЬ В АСИНХРОННОМУ ДВИГУНІ

Розроблено пристрій для автоматичного визначення пошкоджень в асинхронному двигуні та метод розрахунку добротності комплексного опору при послідовній та паралельній схемі заміщення за умов несинусоїдності напруги живлення. Наведено структурну схему пристрою для визначення добротності комплексного опору.

Вимірювання складових комплексного опору, провідності (дійсної, уявної, модуля, фази) і параметрів електричних кіл (активних опорів, провідності, ємності, індуктивності, взаємної індуктивності) — одна з традиційних задач вимірювальної техніки. Комплексні опори використовуються як інформативні параметри різних технологічних процесів [1]. Інформативним параметром про пошкодження в асинхронному двигуні є добротність контуру. Існуючі способи вимірювання добротності не дають бажаного за точністю результату за умов несинусоїдності напруги живлення. Тому виникає потреба у створенні пристрою для вимірювання добротності комплексного опору, який дозволить зменшити похибки вимірювання за умов несинусоїдності напруги живлення.

Основним недоліком відомих пристроїв [2, 3], які дозволяють вимірювати добротність комплексного опору, є велика похибка при вимірюванні добротності за умов несинусоїдності напруги живлення.

Описується розроблений пристрій для вимірювання добротності контуру за умов несинусоїдності з метою автоматичного виявлення пошкоджень в асинхронному двигуні. Для досягнення поставленої задачі були розроблені методи знаходження добротності комплексного опору для послідовної та паралельної схеми заміщення.



Структурна схема пристрою для вимірювання добротності контуру

Структурна схема вимірювального пристрою (рис.) містить: джерело синусоїдної напруги u , вимірюваний комплексний опір Z_x , міру опору R_0 , повторювачі напруги ПН₁ та ПН₂, інтегратор I , ключі K_1 та K_2 , фазочутливі перетворювачі ФП₁ та ФП₂, мікроконтролер МК.

Робота пристрою основана на вимірюванні тангенса кута зсуву фаз між напругою та струмом на основній гармоніці. Розглянемо метод знаходження добротності комплексного опору для послідовної та паралельної схеми заміщення.

Для послідовної схеми заміщення тангенс кута φ на основній гармоніці

$$\operatorname{tg} \varphi_{(\text{посл.})} = \frac{X_{L(1)}}{R},$$

де $X_{L(1)}$ — індуктивний опір на основній гармоніці; R — активний опір.

Індуктивний опір на ν -й гармоніці

$$X_{L(\nu)} = \nu X_{L(1)}.$$

Реактивна потужність на ν -й гармоніці при цьому буде дорівнювати

$$Q_{(\nu)} = I_{(\nu)}^2 \nu X_{L(1)},$$

де $I_{(\nu)}$ — струм ν -ї гармоніки.

Запишемо вираз

$$\sum_{\nu=1}^{\infty} \frac{Q_{(\nu)}}{\nu} = I_{(1)}^2 X_{L(1)} + I_{(2)}^2 X_{L(1)} + \dots + I_{(\nu)}^2 X_{L(1)},$$

з якого випливає

$$\sum_{\nu=1}^{\infty} \frac{Q_{(\nu)}}{\nu} = X_{L(1)} \sum_{\nu=1}^{\infty} I_{(\nu)}^2,$$

звідки

$$X_{L(1)} = \frac{\sum_{\nu=1}^{\infty} \frac{Q_{(\nu)}}{\nu}}{\sum_{\nu=1}^{\infty} I_{(\nu)}^2}.$$

Активна потужність при цьому буде дорівнювати

$$P = \sum_{\nu=1}^{\infty} P_{(\nu)} = \sum_{\nu=1}^{\infty} I_{(\nu)}^2 R = R \sum_{\nu=1}^{\infty} I_{(\nu)}^2,$$

звідки

$$R = \frac{\sum_{\nu=1}^{\infty} P_{(\nu)}}{\sum_{\nu=1}^{\infty} I_{(\nu)}^2}.$$

Тоді

$$\operatorname{tg} \varphi_{(\text{посл.})} = \frac{\sum_{\nu=1}^{\infty} \frac{Q_{(\nu)}}{\nu} \sum_{\nu=1}^{\infty} I_{(\nu)}^2}{\sum_{\nu=1}^{\infty} I_{(\nu)}^2 \sum_{\nu=1}^{\infty} P_{(\nu)}} = \frac{\sum_{\nu=1}^{\infty} \frac{Q_{(\nu)}}{\nu}}{\sum_{\nu=1}^{\infty} P_{(\nu)}}.$$

Для отримання інтегрального виразу в умовах несинусоїдності використаємо інтегральне перетворення миттєвих струму та напруги

$$\sum_{\nu=1}^{\infty} \frac{Q_{(\nu)}}{\nu} = \frac{1}{T} \int_0^T i(t) \left(\int u(t) dt \right) dt,$$

де $i(t)$, $u(t)$ — миттєві значення струму та напруги; T — період.

Аналогічно

$$\sum_{\nu=1}^{\infty} P_{(\nu)} = \frac{1}{T} \int_0^T i(t) u(t) dt,$$

тоді

$$\operatorname{tg} \varphi_{(\text{посл.})} = \frac{\frac{1}{T} \int_0^T i(t) \left(\int u(t) dt \right) dt}{\frac{1}{T} \int_0^T i(t) u(t) dt}. \quad (1)$$

При живленні кола від джерела синусоїдної напруги u , комплексне значення якої \dot{U} а кутова ча-

стога ω , на виході повторювача напруги ПН₁ створюється напруга, що пропорційна струму — $i(t)$, що протікає через вимірюваний комплексний опір, а на виході ПН₂, напруга $u(t)$, що дорівнює напрузі на вимірюваному комплексному опорі.

$$\dot{U}_1 = \frac{\dot{U}R_0}{R_0 + \underline{Z}_x},$$

а на ПН₂ — напруга

$$\dot{U}_2 = \frac{\dot{U}\underline{Z}_x}{R_0 + \underline{Z}_x}.$$

Як випливає з виразу (1), при вимірюванні добротності комплексного опору для послідовної схеми заміщення, ключі К₁ та К₂ повинні знаходитись в положенні 1 [4]. Фазочутливі перетворювачі ФП₁, ФП₂ та мікроконтролер МК, в свою чергу, здійснюють цифрове перетворення та визначають добротність контуру.

Для паралельної схеми заміщення тангенс кута φ на основній гармоніці

$$tg\varphi_{(пар.)} = \frac{b_{L(1)}}{g},$$

де $b_{L(1)}$ — індуктивна провідність на основній гармоніці; g — активна провідність.

Індуктивна провідність ν -ї гармоніки

$$b_{L(\nu)} = \frac{b_{L(1)}}{\nu}.$$

Реактивна потужність на ν -й гармоніці при цьому буде дорівнювати

$$Q_{(\nu)} = \frac{U_{(\nu)}^2 b_{L(1)}}{\nu},$$

де $U_{(\nu)}$ — напруга ν -ї гармоніки.

Запишемо вираз

$$\sum_{\nu=1}^{\infty} \frac{Q_{(\nu)}}{\nu} = \frac{U_{(1)}^2 b_{L(1)}}{1} + \frac{U_{(2)}^2 b_{L(1)}}{2 \cdot 2} + \dots + \frac{U_{(\nu)}^2 b_{L(1)}}{\nu \cdot \nu}.$$

З останнього виразу

$$\sum_{\nu=1}^{\infty} \frac{Q_{(\nu)}}{\nu} = b_{L(1)} \sum_{\nu=1}^{\infty} \frac{U_{(\nu)}^2}{\nu^2},$$

звідки

$$b_{L(1)} = \frac{\sum_{\nu=1}^{\infty} \frac{Q_{(\nu)}}{\nu}}{\sum_{\nu=1}^{\infty} \frac{U_{(\nu)}^2}{\nu^2}}.$$

Активна потужність при цьому буде дорівнювати

$$P = \sum_{\nu=1}^{\infty} R_{(\nu)} = \sum_{\nu=1}^{\infty} U_{(\nu)}^2 g = g \sum_{\nu=1}^{\infty} U_{(\nu)}^2,$$

звідки

$$g = \frac{\sum_{\nu=1}^{\infty} R_{(\nu)}}{\sum_{\nu=1}^{\infty} U_{(\nu)}^2}.$$

Тоді

$$\operatorname{tg} \varphi_{(\text{пар.})} = \frac{\sum_{v=1}^{\infty} \frac{Q_{(v)}}{v} \sum_{v=1}^{\infty} U_{(v)}^2}{\sum_{v=1}^{\infty} \frac{U_{(v)}^2}{v^2} \sum_{v=1}^{\infty} R_{(v)}}.$$

Аналогічно послідовній схемі заміщення отримаємо інтегральний вираз

$$\operatorname{tg} \varphi_{(\text{пар.})} = \frac{\frac{1}{T_0} \int_0^T i(t) (\int u(t) dt) dt \frac{1}{T_0} \int_0^T u^2(t) dt}{\frac{1}{T_0} \int_0^T (\int u(t) dt) (\int u(t) dt) dt \frac{1}{T_0} \int_0^T i(t) u(t) dt} = \operatorname{tg} \varphi_{(\text{посл.})} \frac{\frac{1}{T_0} \int_0^T u^2(t) dt}{\frac{1}{T_0} \int_0^T (\int u(t) dt) (\int u(t) dt) dt}.$$

$$\operatorname{tg} \varphi_{(\text{пар.})} = \operatorname{tg} \varphi_{(\text{посл.})} K. \quad (2)$$

З виразу (2) видно, що добротність при паралельній схемі заміщення визначається як добуток деякого коефіцієнта K на значення добротності при послідовній схемі. Тому ключі K_1 та K_2 перемикаємо в положення 2, фазочутливі перетворювачі ФП₁ та ФП₂ при цьому перетворюють сигнали, які далі надходять на мікроконтролер МК. Мікроконтролер, в свою чергу, обробляє їх та визначає значення добротності.

Висновки

1. Розроблено метод знаходження добротності комплексного опору для послідовної та паралельної схеми заміщення, який відрізняється тим, що дає можливість підвищити точність вимірювання за умов несинусоїдності напруги живлення.
2. Розроблено структурну схему пристрою для вимірювання добротності контуру, в якій за рахунок введення ключів K_1 та K_2 з'являється можливість вимірювання за різних схем заміщення. Пристрій дозволяє автоматично визначати добротність комплексного опору при паралельній та послідовній схемах заміщення, тим самим, наприклад, визначати пошкодження в асинхронному двигуні.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Добров Е. Е., Татаринцев И. Г., Черноус В. Н., Штамбергер Г. А. Раздельное преобразование комплексных сопротивлений / Под ред. Г. А. Штамбергера. — Львов: Вища шк. Изд-во при Львов. ун-те, 1985. — 136 с.
2. А. с. № 1366969А1 СССР. Кл. G01 R 27/02. Устройство для раздельного измерения параметров комплексного сопротивления / В. Д. Гительсон (СССР). — № 3911514/24-21; Заявлено 11.06.85; Опубл. 15.01.88. Бюл. № 2.
3. А. с. № 1651234А1 СССР. Кл. G01 R 27/02. Устройство для измерения активной и реактивной составляющих комплексного сопротивления / В. В. Ермуратский, П. В. Ермуратский (СССР). — № 4670065/21; Заявлено 30.03.89; Опубл. 23.05.91. Бюл. № 19.
4. Бурбело М. Й. Квазірівноважені частотно-варіаційні вимірювальні системи. — Вінниця: УНІВЕРСУМ–Вінниця, 2004. — 225 с.

Матеріали статті рекомендовані до опублікування оргкомітетом XIII Міжнародної конференції з автоматичного управління (Автоматика-2006, 25—28.09.2006 р.)

Надійшла до редакції 23.11.06
Рекомендована до друку 12.12.06

Бурбело Михайло Йосипович — завідувач кафедри електротехнічних систем електроживлення та енергетичного менеджменту, **Гаврилюк Володимир Васильович** — студент Інституту електроенергетики, екології та електромеханіки.

Вінницький національний технічний університет