

Министерство образования и науки Украины
Кременчугский государственный политехнический
университет

ПРОБЛЕМЫ СОЗДАНИЯ НОВЫХ МАШИН И ТЕХНОЛОГИЙ

Научные труды Кременчугского
государственного политехнического университета

ВЫПУСК 2/2000 (9)

КРЕМЕНЧУГ 2000

Проблемы создания новых машин и технологий. Научные труды КГПУ. Вып. 2/2000 (9) - Кременчуг: КГПУ, 2000. - 674 с.

В сборнике представлены статьи, в которых отражены достижения теории и практики в области автоматизированных электромеханических систем, информационных технологий, математического моделирования. Изложены методы и методики анализа систем электропривода. Даны результаты исследований по диагностике и определению параметров электрических машин и систем электропривода постоянного и переменного тока, синтеза оптимальных и микропроцессорных систем электропривода, моделированию объектов регулирования.

Представлены результаты работ по энергосбережению средствами электропривода, управления автотранспортным и горным оборудованием, измерительно-диагностических и лабораторных комплексов для исследования электромеханических систем.

В сборнике представлены также результаты исследований в области электронных аппаратов и информационно-измерительных технологий, новых технологий в машиностроении, транспорта (дорожные и транспортные машины), управление маркетингом новых машин и технологий, естественных наук, физических процессов горного производства, экологии и техногенной безопасности.

Problems of New Machines and Technologies Creation. Transactions Issue 2. - Kremenchuk State Politechnical University, 2000. 674 p.

The Transaction contain papers that focus on the latest achievements in theory and applications in the field of automated electromechanical systems, information technologies, mathematical modeling. The papers introduce methods and principles of electrodrive systems analyzing.

The results of research of diagnostics and identification of electrical machines and electrodrive systems of direct and alternating current, optimal and microprocessing electrodrive systems, control object modeling are given.

The results of research on energy - saving by means of electrodrive, motor transport and mining equipment control, measuring-diagnostic and laboratory complexes for electromechanic systems research are presented.

The results of researches in the field of electronic devices and information-measuring technologies, new technologies in mechanical engineering, transport (road and building machines), management of marketing of new machines and technologies, natural sciences, physical processes of mountain manufacture, ecology and technogenic safety are submitted.

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

Андрусенко А.М., д.т.н., профессор (зам.председателя); Артамонов В.В., д.т.н., профессор; Венцель Е.С., д.т.н., профессор; Воробьев В.В., д.т.н., профессор; Воробьев В.Д., д.т.н.; Гриценко А.В., д.т.н., профессор; Доценко П.Д., д.т.н., профессор; Елизаров А.И., д.ф.-м.н., профессор; Емельянова И.А., д.т.н., профессор; Ефремов Э.И., д.т.н. член-кор. НАН Украины; Жорняк Н.С., к.т.н., доцент (ответственный секретарь); д.б.н., профессор; Клепиков В.Б., д.т.н., профессор; Комир В.М., д.т.н., профессор (зам. председателя); Кошарный Н.Ф., д.т.н. профессор; Луговой А.В., к.т.н., профессор, проректор по научно-исследовательской работе (председатель); Маслов А.Г., д.т.н., профессор (зам. председателя); Назаров Л.В., д.т.н., профессор; Некос В.Е., д.т.н., профессор; Ничке В.В., д.т.н., профессор; Онищенко А.Г., д.т.н., профессор; Праховник А.В., д.т.н., профессор; Родькин Д.И., д.т.н., профессор; Садовой А.В., д.т.н., профессор; Сафаров Т.А., д.г.-м.н., профессор; Сахно В.П., д.т.н., профессор; Солтус А.П., д.т.н., профессор (зам. председателя); Стенин А.А., д.т.н., профессор; Шмандий В.М., к.ф.-м.н., профессор (зам.председателя); Юрко А.А., д.т.н., профессор.

АМПЛИТУДНО – ФАЗОВИЙ МЕТОД ВИМІРЮВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ОБМОТОК ЕЛЕКТРИЧНИХ МАШИН

Рудик А.В., Барановський І.В., Возняк О.М.
Вінницький державний технічний університет

Випробування електричних машин є складним технологічним процесом, що містить в собі операції контролю параметрів статора, ротора та готового виробу в зборі. В основному відмови електродвигунів (75+80%) обумовлені відмовами обмоток його статора. Тому якість електродвигуна визначається, перш за все, якістю обмоток статора. Найбільш суттєвою складовою якості обмотки є відсутність короткозамкнених витків. В зв'язку з цим виникає задача визначення кількості короткозамкнених витків обмоток статора в процесі їх виготовлення.

В наш час відомі декілька способів визначення інформативного параметра: за величиною активного опору; за величиною індуктивності і т.і. Але кожен з цих способів має невелику чутливість до кількості короткозамкнених витків, а для його реалізації необхідно значні часові витрати. Оскільки ці способи реалізуються на базі мостових схем, то процес вимірювання автоматизувати дуже складно.

Всі відомі методи та засоби вимірювання параметрів обмоток електричних машин можна розділити на дві групи: параметричні та генераторні. До параметричних слід віднести вимірювання опору, діелектричних втрат, ємності, коефіцієнта абсорбції та добротності обмотки, а до генераторних методів – вимірювання перехідних процесів, метод саморозряду, вимірювання поля розсіювання, спектроімпульсний метод, метод акустичної емісії та метод вимірювання часткових розрядів.

Як відомо, якість електричної машини в першу чергу визначається якістю та станом ізоляції обмоток. З результатів досліджень [1] відомо, що приблизно 90% всіх відмов електричних машин обумовлені пробоем міжвиткової ізоляції. Тому підвищення ефективності методів контролю ізоляції обмоток електродвигунів є актуальною і важливою задачею.

Неруйнівний контроль стану ізоляції здійснюють за величиною активного опору ізоляції, ємності, індуктивності, добротності та інших параметрів обмотки. Більш високу достовірність під час виявлення короткозамкнених витків в обмотці має добротність, значення якої більш критично до появи короткозамкнених витків [2]. Як відомо, за визначенням добротність є відношенням реактивної потужності W до потужності активних втрат в системі. Збільшення кількості k короткозамкнених витків приводить до того, що

$$\frac{dW}{dk} < 0; \quad \frac{dP}{dk} > 0. \quad (1)$$

Перша нерівність виходить з тієї умови, що збільшення кількості короткозамкнених витків приводить до зменшення індуктивності обмотки, а друга – з умови збільшення втрат в системі.

Оскільки добротність Q обмотки зменшується при збільшенні k кількості короткозамкнених витків, то

$$\frac{dQ}{dk} = \frac{d}{dk} \left(\frac{W}{P} \right) = -\frac{1}{P} \left(\left| \frac{dW}{dk} \right| + Q \frac{dP}{dk} \right). \quad (2)$$

З урахуванням того, що $W = QP$, отримаємо

$$\frac{\Delta Q}{Q} = - \left(\left| \frac{\Delta W}{W} \right| + \frac{\Delta P}{P} \right). \quad (3)$$

Таким чином, контроль короткозамкнених витків обмотки електричної машини за величиною добротності має більш високу чутливість, ніж контроль за величиною індуктивності.

Для вимірювання добротності використовують наступні методи: мостовий, відношення напруг, ударного збудження, резонансний та інші. Вони мають різну схемну реалізацію. Однак дані методи вимірювання добротності характеризуються великою кількістю блоків перетворень, невисокими метрологічними характеристиками та складністю реалізації.

Останнім часом на практиці поширені фазовий та амплітудно – фазовий методи вимірювання добротності обмоток електричних машин. Ці методи прості в реалізації, мають високу точність вимірювання і легко реалізуються в мікропроцесорному варіанті.

Розглянемо еквівалентну схему вимірювального перетворювача, до складу якої входять розподільчий резистор R_0 , прецизійний еталонний елемент з комплексним опором \dot{Z}_0 та об'єкт вимірювання (комплексний опір досліджуваної обмотки) з невідомим комплексним опором $\dot{Z}_L = R_X + jX_{L_X}$, де $X_{L_X} = \omega L_X$.

Розглянемо принципи вимірювання добротності Q та параметрів обмотки електричної машини L_X та R_X за допомогою вимірювального перетворювача, еквівалентна схема якого наведена на рис. 1. В якості прецизійного

еталонного елементу можна використовувати резистор з активним опором R_0 , конденсатор з комплексним опором $\dot{Z}_{C_0} = R_{C_0} - jX_{C_0}$ та котушку індуктивності з комплексним опором $\dot{Z}_{L_0} = R_{L_0} + jX_{L_0}$, де $X_{L_0} = \omega L_0$ та $X_{C_0} = \frac{1}{\omega C_0}$. Проаналізуємо таку еквівалентну схему для трьох можливих варіантів прецизійного еталонного елементу.

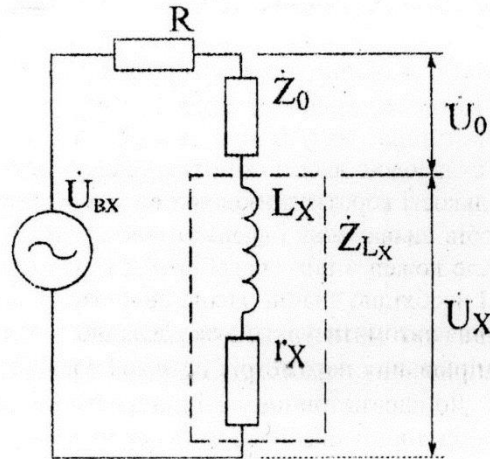


Рис. 1. Еквівалентна схема вимірювального перетворювача для вимірювання параметрів обмоток електричних машин

У випадку використання в якості прецизійного еталонного активного елементу резистора з активним опором $Z_0 = R_0$ знайдемо комплексні напруги \dot{U}_{01} та \dot{U}_{X1} на виході вимірювального перетворювача:

$$\dot{U}_{01} = \frac{\dot{U}_{BX} R_0}{R_0 + Z_{LX} + R} = \frac{\dot{U}_{BX} R_0}{\sqrt{(R_0 + R_X + R)^2 + X_{LX}^2}} e^{j\left\{\varphi_{BX} - \arctg \frac{X_{LX}}{R_0 + R_X + R}\right\}}, \quad (4)$$

$$\dot{U}_{X1} = \frac{\dot{U}_{BX} Z_{LX}}{R_0 + Z_{LX} + R} = \frac{\dot{U}_{BX} \sqrt{R_X^2 + X_{LX}^2}}{\sqrt{(R_0 + R_X + R)^2 + X_{LX}^2}} e^{j\left\{\varphi_{BX} + \arctg \frac{X_{LX}}{R_X} - \arctg \frac{X_{LX}}{R_0 + R_X + R}\right\}}, \quad (5)$$

де $\dot{U}_{BX} = U_{BX} e^{j\varphi_{BX}}$ – вхідна напруга вимірювального перетворювача в комплексній формі.

Фазовий зсув між комплексними напругами \dot{U}_{01} та \dot{U}_{X1} дорівнює

$$\varphi_1 = \arg\{\dot{U}_{X1}\} - \arg\{\dot{U}_{01}\} = \arctg \frac{X_{LX}}{R_X} = \arctg Q_{LX}. \quad (6)$$

Враховуючи, що під знак арктангенса входить значення добротності обмотки електричної машини, для визначення індуктивності та активного опору обмотки постає необхідність в проведенні ще одного вимірювання – відношення амплітуд комплексних напруг \dot{U}_{X1} та \dot{U}_{01} , тобто

$$A_1 = \frac{|\dot{U}_{X1}|}{|\dot{U}_{01}|} = \frac{\sqrt{R_X^2 + X_{LX}^2}}{R_0} = \frac{R_X \sqrt{1 + Q_{LX}^2}}{R_0} = \frac{R_X \sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 \varphi_1}}{R_0} = \frac{R_X}{R_0 \cos \varphi_1}. \quad (7)$$

Вирішивши сумісно рівняння (6) та (7), отримаємо співвідношення для визначення складових комплексного опору обмотки електричної машини: $R_X = A_1 R_0 \cos \varphi_1$, $X_{LX} = \omega L_X = R_X \operatorname{tg} \varphi_1$. В цьому випадку індуктивність обмотки електричної машини визначається співвідношенням

$$L_X = \frac{X_{LX}}{\omega} = \frac{R_X \operatorname{tg} \varphi_1}{\omega} = \frac{A_1 R_0 \sin \varphi_1}{\omega}, \quad (8)$$

де $\omega = 2\pi f$ – циклічна частота коливань вхідної напруги вимірювального перетворювача U_{BX} .

Аналогічно розглянемо принципи вимірювання добротності та основних параметрів обмотки електричної машини при використанні в якості прецизійного еталонного елементу конденсатора та котушки індуктивності.

Так, при використанні в якості прецизійного еталонного елементу конденсатора з комплексним опором $\dot{Z}_0 = \dot{Z}_{C_0} = R_{C_0} - jX_{C_0} \approx -jX_{C_0}$ основні співвідношення запишуться таким чином:

$$\dot{U}_{02} = \frac{-jX_{C_0} \dot{U}_{BX}}{-jX_{C_0} + Z_{LX} + R} = \frac{U_{BX} X_{C_0}}{\sqrt{(R_X + R)^2 + (X_{LX} - X_{C_0})^2}} e^{j\left\{\varphi_{BX} - 90^\circ - \operatorname{arctg} \frac{X_{LX} - X_{C_0}}{R_X + R}\right\}}, \quad (9)$$

$$\dot{U}_{X2} = \frac{\dot{U}_{BX} Z_{LX}}{-jX_{C_0} + Z_{LX} + R} = \frac{U_{BX} \sqrt{R_X^2 + X_{LX}^2}}{\sqrt{(R_X + R)^2 + (X_{LX} - X_{C_0})^2}} e^{j\left\{\varphi_{BX} + \operatorname{arctg} \frac{X_{LX}}{R_X} - \operatorname{arctg} \frac{X_{LX} - X_{C_0}}{R_X + R}\right\}}, \quad (10)$$

$$\varphi_2 = \arg\{\dot{U}_{X2}\} - \arg\{\dot{U}_{02}\} = \operatorname{arctg} \frac{X_{LX}}{R_X} + 90^\circ = \operatorname{arctg} Q_{LX} + 90^\circ; \quad (11)$$

$$A_2 = \frac{|\dot{U}_{X2}|}{|\dot{U}_{02}|} = \frac{\sqrt{R_X^2 + X_{LX}^2}}{X_{C_0}} = \frac{R_X \sqrt{1 + \operatorname{tg}^2(\varphi_2 - 90^\circ)}}{X_{C_0}} = \frac{R_X}{X_{C_0} \cos(\varphi_2 - 90^\circ)}; \quad (12)$$

$$R_X = A_2 X_{C_0} \cos(\varphi_2 - 90^\circ); \quad (13)$$

$$X_{LX} = R_X \operatorname{tg}(\varphi_2 - 90^\circ) = A_2 X_{C_0} \sin(\varphi_2 - 90^\circ); \quad (14)$$

$$L_X = \frac{A_2 X_{C_0} \sin(\varphi_2 - 90^\circ)}{2\pi f}. \quad (15)$$

Аналогічно, при використанні в якості прецизійного еталонного елементу котушки індуктивності з комплексним опором $Z_0 = Z_{L_0} = R_{L_0} + jX_{L_0} \approx jX_{L_0}$ основні співвідношення запишуться таким чином:

$$\dot{U}_{03} = \frac{jX_{L_0} \dot{U}_{BX}}{jX_{L_0} + Z_{LX} + R} = \frac{U_{BX} X_{L_0}}{\sqrt{(R_X + R)^2 + (X_{LX} + X_{L_0})^2}} e^{j\left\{\varphi_{BX} + 90^\circ - \operatorname{arctg} \frac{X_{LX} + X_{L_0}}{R_X + R}\right\}}, \quad (16)$$

$$\dot{U}_{X3} = \frac{\dot{U}_{BX} Z_{LX}}{jX_{L_0} + Z_{LX} + R} = \frac{U_{BX} \sqrt{R_X^2 + X_{LX}^2}}{\sqrt{(R_X + R)^2 + (X_{LX} + X_{L_0})^2}} e^{j\left\{\varphi_{BX} + \operatorname{arctg} \frac{X_{LX}}{R_X} - \operatorname{arctg} \frac{X_{LX} + X_{L_0}}{R_X + R}\right\}}, \quad (17)$$

$$\varphi_3 = \arg\{\dot{U}_{X3}\} - \arg\{\dot{U}_{03}\} = \operatorname{arctg} \frac{X_{LX}}{R_X} - 90^\circ = -\operatorname{arctg} Q_{LX}; \quad (18)$$

$$A_3 = \frac{|\dot{U}_{X3}|}{|\dot{U}_{03}|} = \frac{\sqrt{R_X^2 + X_{LX}^2}}{X_{L_0}} = \frac{R_X \sqrt{1 + \operatorname{ctg}^2 \varphi_3}}{X_{L_0}} = \frac{R_X}{X_{L_0} \sin \varphi_3}; \quad (19)$$

$$R_X = -A_3 X_{L_0} \sin \varphi_3; \quad (20)$$

$$X_{LX} = R_X \operatorname{ctg} \varphi_3 = A_3 X_{L_0} \cos \varphi_3; \quad (21)$$

$$L_X = \frac{A_3 X_{L_0} \cos \varphi_3}{2\pi f}. \quad (22)$$

З співвідношень (6), (11) та (18) можна отримати рівняння перетворення первинного вимірювального перетворювача (при вимірюванні добротності обмоток електричних машин та різних типах прецизійного еталонного елементу):

$$\varphi_1 = \operatorname{arctg} Q_{LX}; \quad (23)$$

$$\varphi_2 = \operatorname{arctg} Q_{LX} + 90^\circ; \quad (24)$$

$$\varphi_3 = -\operatorname{arctg} Q_{LX} = \operatorname{arctg} Q_{LX} - 90^\circ. \quad (25)$$

За співвідношеннями (23)-(25) на рис.2 побудовані статичні характеристики первинних вимірювальних перетворювачів при різних типах прецизійного еталонного елементу: 1 – резистивного; 2 – ємнісного; 3 – індуктивного.

Різницю фаз між двома електричними напругами можна перетворити у часовий інтервал t_x за допомогою двох формул та тригера. Тоді залежність $\varphi_i = f(t_x)$ буде визначатися таким співвідношенням:

$$\varphi_i = \omega t_{1i} - \omega t_{2i} = 2\pi f t_{xi} \quad (26)$$

Тривалість часового інтервалу t_x , пропорційного φ_i , становить

$$t_{xi} = \frac{\varphi_i}{2\pi f} \quad (27)$$

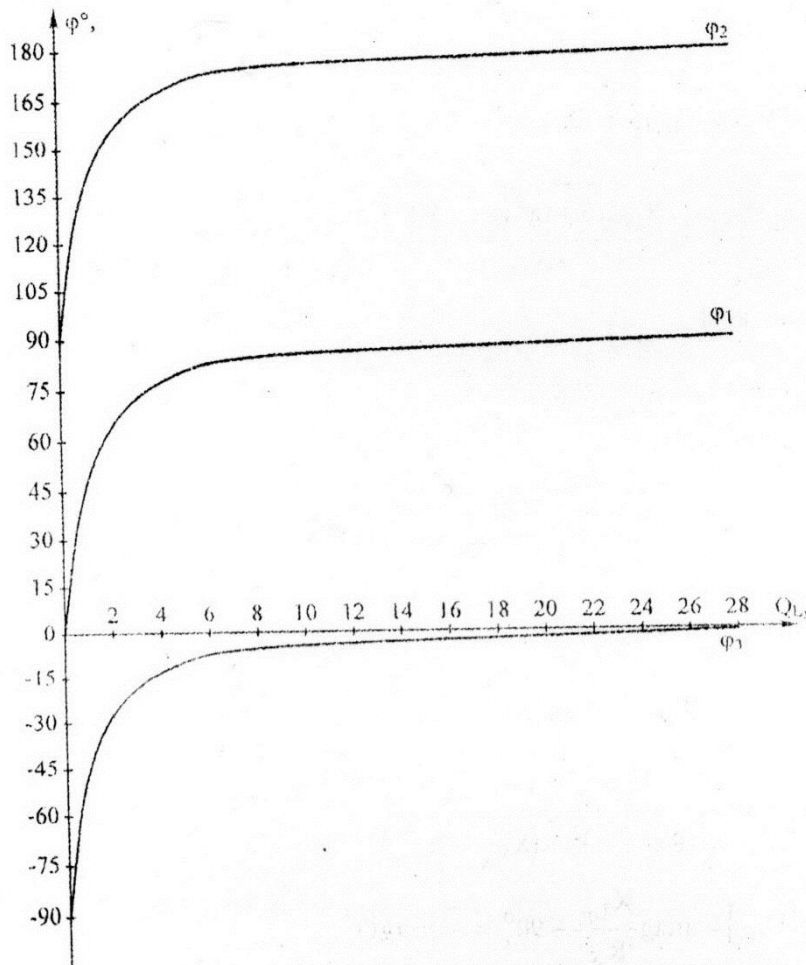


Рис.2. Статичні характеристики вимірювального перетворювача добротності обмоток електричних машин при різних типах прецизійного еталонного елемента

Якщо проквантувати часовий інтервал t_x імпульсами зразкової частоти f_0 від кварцового генератора, то кількість імпульсів, яку підрахує двійковий лічильник, буде визначатися такими співвідношеннями (для різних типів прецизійного еталонного елемента):

$$N_{X1} = \frac{t_{x1}}{T_0} = t_{x1} f_0 = f_0 \frac{\varphi_1}{2\pi f} = f_0 \frac{\arctg Q_{LX}}{2\pi f}; \quad (28)$$

$$N_{X2} = f_0 \frac{\arctg Q_{LX} + \frac{\pi}{2}}{2\pi f}; \quad (29)$$

$$N_{X3} = f_0 \frac{\arctg Q_{LX} - \frac{\pi}{2}}{2\pi f} = -f_0 \frac{\arctg Q_{LX}}{2\pi f} \quad (30)$$

За співвідношеннями (28)-(30) на рис.3 побудовані статичні характеристики засобу вимірювання добротності обмоток електричних машин при різних типах прецизійного еталонного елемента (при $f_0 = 2$ МГц та $f = 50$ Гц).

З розгляду залежностей рис.2 та рис.3 можна зробити висновок, що:

$$N_{X1max} = f_0 \frac{(\arctg Q_{LX})_{max}}{2\pi f} = f_0 \frac{\frac{\pi}{2}}{2\pi f} = \frac{f_0}{4f}; \quad (31)$$

$$N_{X2\max} = f_0 \frac{(\arctg Q_{LX})_{\max} + \frac{\pi}{2}}{2\pi f} = f_0 \frac{\frac{\pi}{2} + \frac{\pi}{2}}{2\pi f} = \frac{f_0}{2f}. \quad (32)$$

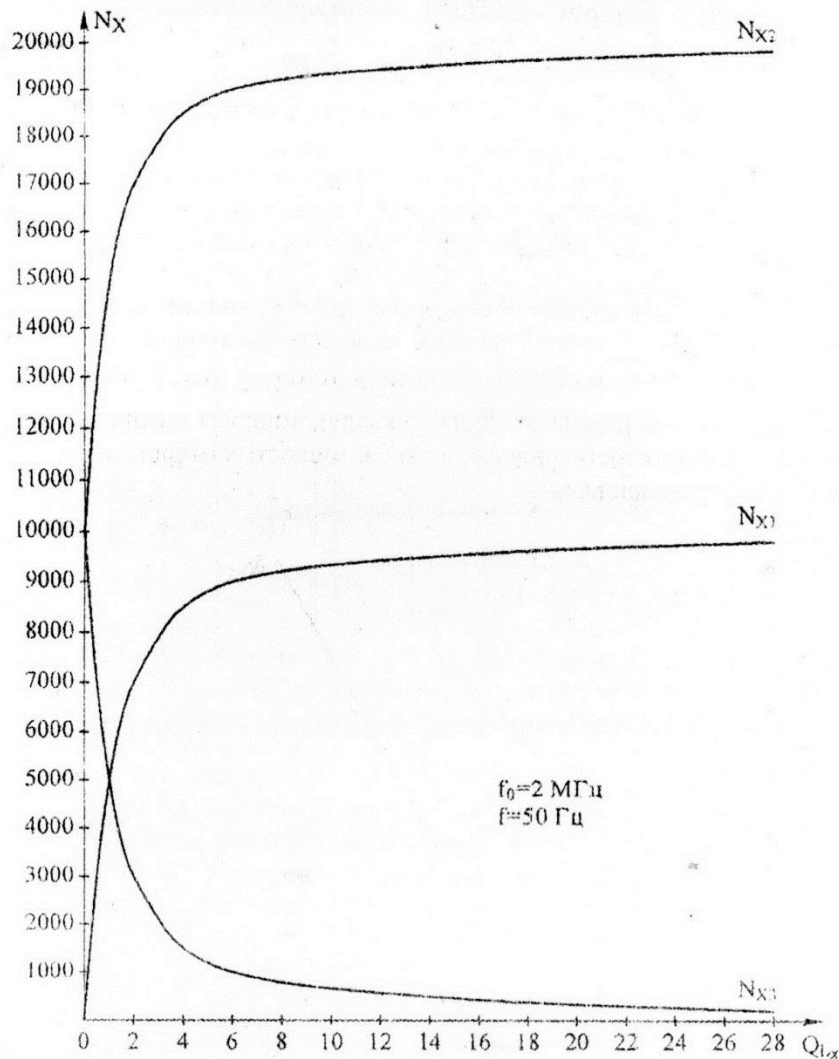


Рис. 3. Статичні характеристики засобу вимірювання добротності обмоток електричних машин при різних типах прецизійного еталонного елемента

Рівняння похибки квантування такого засобу вимірювання має наступний вигляд:

$$\delta_{Q_{L1}} = \frac{100\%}{N_{X1}} = \frac{2\pi f}{f_0 \Phi_1} 100\%. \quad (33)$$

Визначимо похибки квантування для кожного засобу вимірювання (з різним типом прецизійного еталонного елемента):

$$\delta_{Q_{L1}} = \frac{2\pi f}{f_0 \arctg Q_{LX}} 100\%; \quad (34)$$

$$\delta_{Q_{L2}} = \frac{2\pi f}{f_0 \left(\arctg Q_{LX} + \frac{\pi}{2} \right)} 100\%; \quad (35)$$

$$\delta_{Q_{L3}} = \frac{2\pi f}{f_0 \left(\arctg Q_{LX} - \frac{\pi}{2} \right)} 100\%. \quad (36)$$

За співвідношеннями (34)-(36) на рис.4 побудовані залежності похибки квантування засобу вимірювання добротності обмоток електричних машин при різних типах прецизійного еталонного елемента (при $f_0 = 2$ МГц та $f = 50$ Гц).

З розгляду залежностей рис. 2 та рис.4 можна зробити висновок, що:

$$(\delta_{Q_{L1}})_{\min} = \frac{2\pi f}{f_0 \cdot \frac{\pi}{2}} 100\% = \frac{4f}{f_0} 100\% = \frac{100\%}{N_{X1\max}}; \quad (37)$$

$$(\delta_{Q_{L2}})_{\min} = \frac{2\pi f}{f_0 \cdot \left(\frac{\pi}{2} + \frac{\pi}{2}\right)} 100\% = \frac{2f}{f_0} 100\% = \frac{100\%}{N_{X2\max}}. \quad (38)$$

Таким чином, з розгляду залежностей рис.2, рис.3 та рис.4 можна зробити висновок, що найкращі метрологічні характеристики засіб вимірювання добротності обмоток електричних машин має при використанні в якості прецизійного еталонного елементу зразкового резистора та зразкового конденсатора. Однак переважним є все ж таки використання резистивного прецизійного еталонного елементу, тому що розглянуті моделі не враховують активного опору зразкового конденсатора (що може значно погіршити розглянуті характеристики).

Аналізуючи співвідношення (6), (8), (11), (13), (15), (18), (20) та (22), за якими визначаються значення добротності, активного опору та індуктивності обмоток електричних машин за допомогою еквівалентної схеми вимірювального перетворювача (рис.1), можна зробити висновок, що точність таких вимірювань залежить від чотирьох факторів: точності прецизійного еталонного активного опору R_0 , точності задавання або вимірювання циклічної частоти f (частоти генератора вхідного сигналу), точності вимірювання фазового зсуву між вихідними сигналами вимірювального перетворювача, а також точності вимірювання відношення амплітуд вихідних сигналів вимірювального перетворювача.

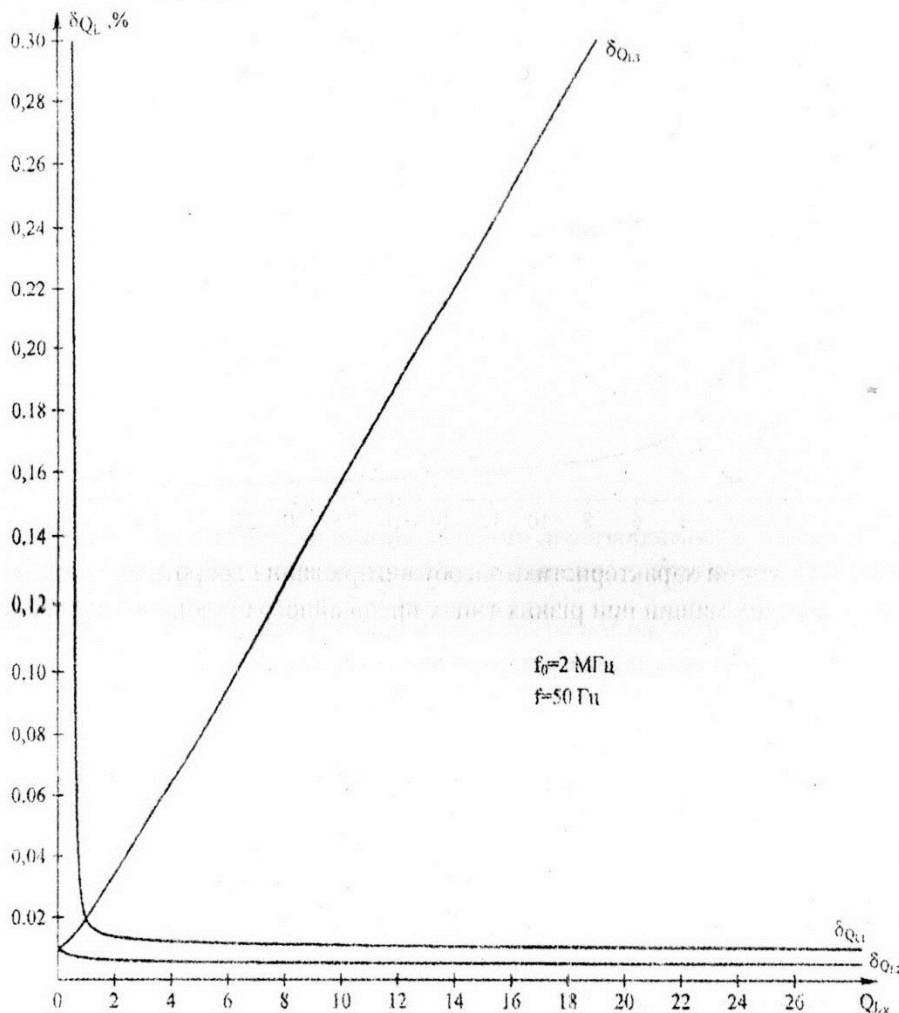


Рис.4. Залежності похибки квантування засобу вимірювання добротності обмоток електричних машин при різних типах прецизійного еталонного елементу

На сучасній прецизійній елементній базі забезпечення необхідної точності опору R_0 є можливим, тому що існують прецизійні резистори, точність яких складає 0,01% та вище. Тому деяка неточність прецизійного еталонного активного опору R_0 фактично не призводить до виникнення помилки при визначенні параметрів обмоток електричних машин.

Інший параметр, який впливає на точність визначення параметрів обмоток електричних машин – циклічна частота ω генератора вхідного сигналу (або частота мережі). Враховуючи, що $\omega = 2\pi f$, частоту f можна виміряти, перетворивши її у часовий інтервал, вимірювання якого здійснюється з досить високою точністю (для сучасних частотомірів відносна похибка вимірювання не перевищує 0,005%). Отже, точність в даному випадку теж забезпечується.

При вірному виборі параметрів засобу вимірювання на результат вимірювання параметрів обмоток електричних машин, як вже було розглянуто, практично не впливає й точність вимірювання кута фазового зсуву між вихідними сигналами вимірювального перетворювача.

Тому основною проблемою, з точки зору забезпечення точності вимірювання параметрів обмоток електричних машин, є забезпечення точності вимірювання відношення амплітуд вихідних сигналів вимірювального перетворювача. Це призводить до необхідності використання сучасних цифрових вимірювачів відношення амплітуд, відносна похибка яких має порядок десятків або навіть сотих часток процента.

На основі розробленого вимірювального перетворювача для вимірювання параметрів обмоток електричних машин пропонується структурна схема вимірювача, наведена на рис.5.

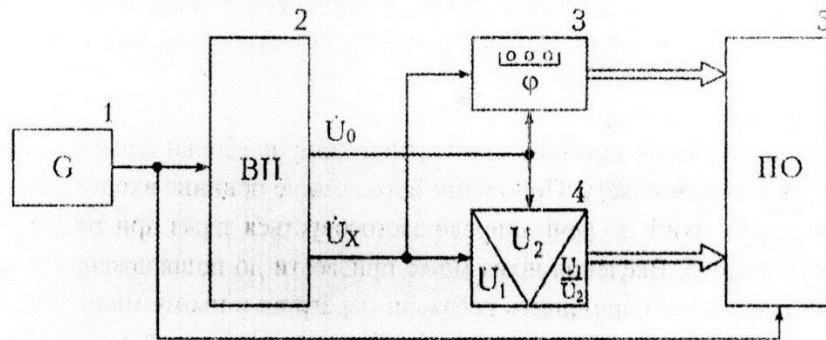


Рис.5. Структурна схема вимірювача параметрів обмоток електричних машин

Вимірювач параметрів обмоток електричних машин складається з генератора гармонічних коливань 1 (або мережі змінного струму), вимірювального перетворювача (ВП) 2 (рис.1), цифрового фазометра 3, цифрового вимірювача відношення амплітуд 4 та пристрою обчислення (ПО) 5.

Працює вимірювач таким чином. Генератор гармонічних коливань 1 виробляє сигнал з частотою f , який потрапляє на вхід вимірювального перетворювача 2. Виходи вимірювального перетворювача підключені до входів цифрового фазометра 3 та цифрового вимірювача відношення амплітуд 4. Цифровий фазометр вимірює кут фазового зсуву між напругами \dot{U}_0 та \dot{U}_X , а цифровий вимірювач відношення амплітуд – відношення амплітуд цих напруг. Результати вимірювання кута фазового зсуву та відношення амплітуд в цифровій формі потрапляють на входи пристрою обчислення 5, де і відбувається обчислення результату вимірювання параметрів обмоток електричних машин.

ВИСНОВКИ

1. Показано, що параметри обмоток електричних машин (добротність, активний опір, індуктивність) можуть бути визначені при вимірюванні кута фазового зсуву між двома напругами на виході вимірювального перетворювача, а також відношення амплітуд цих напруг.
2. Проаналізовано залежність складових похибки вимірювання параметрів обмоток електричних машин від параметрів вимірювального перетворювача.
3. На основі запропонованого вимірювального перетворювача розроблена структурна схема вимірювача параметрів обмоток електричних машин.

ЛІТЕРАТУРА

1. Гринберг Ю.М., Лебедев Г.М., Волканов В.С. Анализ методов контроля изоляции асинхронных электродвигателей//Электротехника. – 1987, №6. – С. 64 – 71.
2. Русин Ю.С., Лобеев Ю.С. Влияние короткозамкнутых витков на параметры индуктивных элементов// Электромеханика. – 1984, №4. – С. 106 – 107.

А.С. Бешта, Т.А. Желдак, А.В. Балахонцев
Линеаризация асинхронного двигателя электропривода автоматизированного комплекса для идентификации параметров электрических машин

Проблемы создания новых машин и технологий.
 Выпуск 2/2000 (9) С. 171 – 174

Статья посвящена математическому описанию линейной модели механической характеристики асинхронного двигателя привода индукционного регулятора автоматизированного комплекса для идентификации параметров асинхронных двигателей с короткозамкнутым ротором. На основании частных производных уравнения Клосса получены коэффициенты линейной модели рабочего участка характеристики АД в приращениях относительно установившегося значения.

Beshta A.S., Jeldak T.A., Balahoncev A.V.
Asynchronous engine linearization of electric drive automated system for identification parameters of electric machines

Problems of New machines and Technologies Creation.
 Transactions issue 2/2000 (9) P. 171 – 174

The article is dealt with the electric drive of asynchronous short-circuit motors parameter identification complex with induction regulator. The mathematical description of the linear model of asynchronous motor mechanical characteristic is given. The linear model coefficients of working area of AM characteristic in deviations from the fixed values are obtained on the base of Closs equation partial derivatives.

Рудык А. В., Барановский И. В., Возняк А. Н.
Амплитудно-фазовый метод измерения параметров обмоток электрических машин

Проблемы создания новых машин и технологий.
 Выпуск 2/2000 (9) С. 175 – 181

В данной статье показано, что параметры обмоток электрических машин (добротность, активное сопротивление, индуктивность) могут быть определены при измерении угла фазового сдвига между двумя напряжениями на выходе измерительного преобразователя, а также отношения амплитуд этих напряжений. Проанализирована зависимость составляющих погрешности измерения параметров обмоток электрических машин от параметров измерительного преобразователя. На основе предложенного измерительного преобразователя разработана структурная схема измерителя параметров обмоток электрических машин.

Rudyk A. V., Baranovskyy I. V., Voznyak A. N.
The amplitude-phase method of electric machines' windings' parameters' measuring

Problems of New machines and Technologies Creation.
 Transactions issue 2/2000 (9) P. 175 – 181

In this article it is shown that parameters of electric machines' windings' (Q-factor, resistance, inductance) can be defined by phase shift angle measuring between two voltages in a measuring device's terminal, as well as by measuring of a ratio of these voltages amplitudes. A dependence of electric machines windings parameters metering error components on measuring converter's parameters is analyzed. A circuit of an electric machines' windings' parameters meter is developed on the basis of the suggested measuring converter.

Титко О.И., Осадчий Е.П., Томашов Г.В.
Гармонический анализ как способ определения состояния шихтованных магнитопроводов электрических машин

Проблемы создания новых машин и технологий.
 Выпуск 2/2000 (9) С. 182 – 185

В данной статье рассмотрена актуальная проблема контроля состояния прессовки шихтованных магнитопроводов электрических машин. Проанализированы существующие методы диагностики и предложен новый универсальный метод на основе гармонического анализа кривой индукции магнитного поля. Исследования проводились на созданной физической модели.

Titko O.I., Osadchiy E.P., Tomashov G.V.
Harmonic analysis for pressing state of electric machine laminated magnetic core definition

Problems of New machines and Technologies Creation.
 Transactions issue 2/2000 (9) P. 182 – 185

In this contribution pressing state timely diagnostics actual problem of electric machine laminated magnetic core has been considered. Existing diagnostic methods have been analysed and new universal method using harmonic analysis of electromagnetic induction has been worked out. Research was carried out on the created physical model.

Родькин Д.И., Здор И.Е., Барвинок Д.В., Гладырь А.И.
Послеремонтная паспортизация АД с использованием компьютеризованной диагностической системы

Проблемы создания новых машин и технологий.
 Выпуск 2/2000 (9) С. 186 – 191

Работа посвящена анализу результатов разработки метода паспортизации АД после ремонта. Предложен алгоритм проведения испытаний АД. Изложены математические принципы и практические результаты определения параметров АД в соответствии с разработанным алгоритмом.

Rodkin D.J., Zdor I.E., Barvinok D.V., Gladir A.I.
Afterrepair passportization of asynchronous motors with using computer diagnostics systems

Problems of New machines and Technologies Creation.
 Transactions issue 2/2000 (9) P. 186 – 191

The article is devoted to analysis of results of method's elaboration, which intended for passportization of asynchronous motors after repair. The algorithm of asynchronous motors' tests is offered. Mathematical principles and practical results of asynchronous motors' identification are given.

| | |
|--|-----|
| АМПЛИТУДНО – ФАЗОВЫЙ МЕТОД ИЗМЕРЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ОБМОТОК ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН <i>Рудык А. В., Барановский И. В., Возняк А.Н.</i> | 175 |
| ГАРМОНІЙНИЙ АНАЛІЗ ЯК ЗАСІБ ВИЗНАЧЕННЯ СТАНУ ШИХТОВАНИХ МАГНІТОПРОВІДІВ ЕЛЕКТРИЧНИХ МАШИН <i>Титко О.І., Осадчий Є.П., Томашов Г.В.</i> | 182 |
| ПОСЛЕРЕМОНТНАЯ ПАСПОРТИЗАЦИЯ АД С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОМПЬЮТЕРИЗОВАННОЙ ДИАГНОСТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ <i>Родькин Д.И., Здор И.Е., Барвинок Д.В., Гладырь А.И.</i> | 186 |
| МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ АМПЛИТУДЫ ТОКА ПРЯМОЙ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ АД ПО СИГНАЛАМ С ОГРАНИЧЕННОЙ АПЕРТУРОЙ. <i>Сидоренко В. Н., Черный А. П.</i> | 192 |
| ИНЖЕНЕРНЫЙ МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ СТЕПЕНИ НАСЫЩЕНИЯ СТАЛИ АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ <i>Родькин Д.И., Мосьпан В.А.</i> | 197 |
| ПУТИ УВЕЛИЧЕНИЯ МОТОРЕСУРСА ТЯГОВЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ БОЛЬШЕГРУЗНЫХ АВТОМОБИЛЕЙ <i>Чаплинский С.В.</i> | 199 |
| ПОТЕРИ В СТАЛИ МАШИНЫ ПОСТОЯННОГО ТОКА ПРИ ДИНАМИЧЕСКОМ НАГРУЖЕНИИ <i>Бялобржеский А. В.</i> | 202 |
| ПРИНЦИПЫ ЭКВИВАЛЕНТИЗАЦИИ РЕЖИМОВ РАБОТЫ МАШИНЫ ПОСТОЯННОГО ТОКА ПРИ ДИНАМИЧЕСКОМ НАГРУЖЕНИИ <i>Бялобржеский А. В.</i> | 206 |
| ПОГРЕШНОСТИ ИЗМЕРЕНИЙ В КОМПЬЮТЕРИЗИРОВАННОМ КОМПЛЕКСЕ ДЛЯ ИСПЫТАНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН <i>Барвинок Д.В., Здор И.Е., Гладырь А.И.</i> | 209 |
| ЭКСПЕРТНАЯ СИСТЕМА ОПЕРАТИВНОЙ ДИАГНОСТИКИ И ВЫЯВЛЕНИЯ ПРИЧИН АВАРИЙНЫХ ОСТАНОВОК ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ <i>Бабенко Е.В., Шевченко И.В.</i> | 214 |
| МЕТОДЫ ТЕРМОЭКОНОМИЧЕСКОЙ ДИАГНОСТИКИ В ЗАДАЧАХ ОПТИМИЗАЦИИ АБСОРБЦИОННЫХ ТЕРМОТРАНСФОРМАТОРОВ <i>Морозюк Т.В.</i> | 217 |
| РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ ПУСКОВОГО МОМЕНТА С ТОРСИОННЫМ СЕНСОРМ <i>Козловский А.В.</i> | 221 |
| ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ И МАГНИТНЫХ СВОЙСТВ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКОЙ СТАЛИ ПОСЛЕ ТЕМПЕРАТУРНЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ <i>Прус В.В., Родькин Д.И.</i> | 228 |
| О ПОДХОДАХ И ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА РЕМОНТА АСИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ <i>Морозов А. А., Родькин Д.И., Мосьпан В.А., Кучеренко В.Ю.</i> | 235 |
| ОПРЕДЕЛЕНИЕ СВОЙСТВ СТАЛИ СТАТОРОВ МЕТОДОМ ЛОКАЛЬНОГО ТЕСТИРОВАНИЯ И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ НОВЫХ ПАСПОРТНЫХ ДАННЫХ АСИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ НА ЭТАПЕ РЕМОНТА <i>Прус В.В., Цыганов С.И.</i> | 241 |