

ПРОБЛЕМЫ СОЗДАНИЯ НОВЫХ МАШИН И ТЕХНОЛОГИЙ

Научные труды Кременчугского государственного политехнического института



Выпуск 1/2000 (8)

Министерство образования и науки Украины
Кременчугский государственный политехнический
институт

ПРОБЛЕМЫ СОЗДАНИЯ НОВЫХ МАШИН И ТЕХНОЛОГИЙ

Научные труды Кременчугского
государственного политехнического института

Выпуск 1/2000 (8)

КРЕМЕНЧУГ 2000

Проблемы создания новых машин и технологий. Научные труды КГПИ. Вып. 1/2000 (8) - Кременчуг: КГПИ, 2000. - с. 662

В сборнике представлены статьи по материалам докладов участников международной научно-технической конференции "Проблемы создания новых машин и технологий", которая проходила 22-24 мая 2000 года в Кременчугском государственном политехническом институте. Тематика публикаций отражает результаты исследований ученых института, а также других учебных заведений и промышленных предприятий Украины.

Существенная часть представленных в сборнике публикаций посвящена проблемам электромеханики, автоматического управления, моделирования технических систем, проектирования и эксплуатации автомобильного транспорта, экологии и энергосбережению. Проблематика публикуемых работ позволяет надеяться, что сборник будет полезен широкому кругу специалистов в различных областях науки и техники.

Problems of New Machines and Technologies Creation. Transactions issue I. – Kremenchuk State Polytechnical Institute, 2000. - P. 662

The Transaction contains articles on the basis of the materials of reports of the participants of International Scientific Conference "Problems of New Machines and Technologies Creation" which was held on the 22-24th of May, 2000 at Kremenchuk State Polytechnical Institute. The subjects of the publications focus on the results of researches of the scientists of the institute and other educational institutions and industrial firms of Ukraine.

The considerable part of the publications presented in the collection is devoted to problems of electromechanics, automatic control, modelling of technical systems, designing and maintenance of automobile transport, ecology and energy-saving. The problems of published articles allow to hope that the Transaction will be useful to broad sections of specialists in various fields of science and engineering.

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ:

Андрусенко А.М., д.т.н., профессор (зам.председателя); 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); Зюман Б.В., 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, (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.ф.-м.н., профессор; Сафеев 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.

МЕТОДИКА ВИМІРЮВАННЯ НАДВЕЛИКИХ ІНДУКТИВНОСТЕЙ ТА ЄМНОСТЕЙ НА ЗМІННОМУ СТРУМІ

Рудик А.В., Барановський І.В.
Вінницький державний технічний університет

Серед існуючих вимірювачів RLC – параметрів електронних компонентів найвищою точністю характеризуються прилади, які використовують методи вимірювання на змінному струмі. Найкращими зразками приладів такого типу є точні вимірювачі RLC – параметрів таких провідних фірм, як General Radio (типи 1692 та 1693), Wyne Keer (тип 6425), а також Hewlett Packard (типи HP 427A, HP 4275A та HP 4284A).

Аналізуючи параметри та характеристики таких приладів [1] стосовно вимірювання ємностей конденсаторів, можна зробити висновок, що якщо для вимірювання параметрів конденсаторів малих та середніх ємностей (0.5 пФ ÷ 100 мкФ) такі прилади характеризуються високою точністю (відносна похибка не більше 0.05%), то при вимірюванні великих ємностей (1 Ф та більше) точність вимірювання взагалі не вказана. Це означає, що такі вимірювання за допомогою вищеназваних приладів носять оціночний характер. Аналогічна ситуація складається і при вимірюванні надвеликих значень індуктивності.

В наш час провідними фірмами світу – виробниками електронних компонентів, розробляються та серійно виготовляються об'єкти (іоністори та іншого виду накопичувачі), які мають надвелику електричну ємність (0.5...500 Ф). Крім того, такі об'єкти характеризуються відносно великим внутрішнім активним опором при низьких значеннях реактивного опору, при цьому значення кута діелектричних втрат $\text{tg } \delta$ може приймати значення десятків або навіть сотень одиниць. Котушки з великим значенням індуктивності (одиниці Гн та більше) використовуються як елементи згладжувальних фільтрів відносно потужних джерел електроживлення, при цьому вони характеризуються відносно малим внутрішнім активним опором при великих значеннях реактивного опору (значення добротності таких індуктивних елементів складає десятки, сотні або навіть тисячі разів).

При виробництві сучасних об'єктів, які характеризуються надвеликою ємністю, необхідно досить точно визначити значення цієї ємності, тому що для забезпечення необхідних робочих напруг такі об'єкти з'єднуються у батареї паралельно та послідовно. При значних відхиленнях ємностей окремих елементів такої батареї виникає перерозподіл прикладених до окремих елементів напруг, а це може призвести до їх пробоя, а отже, до збільшення напруг на інших елементах, що призводить до пробоя батареї в цілому. Аналогічно включають і котушки індуктивності для отримання об'єктів, які характеризуються великими значеннями індуктивності. Таким чином, задача підвищення точності вимірювання надвеликих ємностей та індуктивностей є досить актуальною.

Для того, щоб визначити та проаналізувати вплив факторів, які зменшують точність вимірювання надвеликих ємностей та індуктивностей на змінному струмі, проаналізуємо еквівалентну схему вимірювального перетворювача таких об'єктів на змінному струмі (рис. 1).

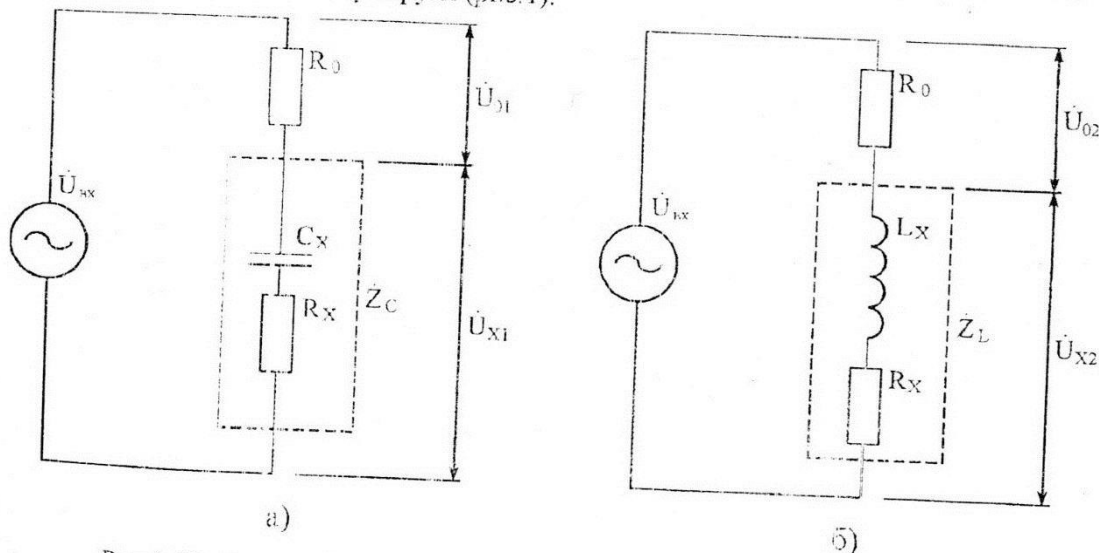


Рис. 1. Еквівалентні схеми вимірювальних перетворювачів для вимірювання надвеликих ємностей (а) та індуктивностей (б) на змінному струмі

До складу еквівалентної схеми вимірювального перетворювача входять об'єкт вимірювання з невідомим комплексним опором $Z_C = R_X - jX_{C_X}$ (при вимірюванні ємності) та $Z_L = R_X + jX_{L_X}$ (при вимірюванні індуктивності), де $X_{C_X} = \frac{1}{\omega C_X}$ та $X_{L_X} = \omega L_X$, а також прецизійний еталонний активний опір R_0 , який послідовно з'єднаний з об'єктом вимірювання та джерелом (генератором) гармонічних коливань.

В роботі [2] авторами пропонується вимірювати синфазну (дійсну) та квадратурну (уявну) складові напруги генератора гармонічних коливань \dot{U}_{BX} та напруги на об'єкті вимірювання \dot{U}_X . Однак використання такої методики вимірювання потребує технічної реалізації порівняно складних пристроїв, що робить згадану методику практично незручною.

Розглянемо принцип вимірювання ємності C_X за допомогою вимірювального перетворювача, еквівалентна схема якого наведена на рис. 1, а. Проаналізувавши таку еквівалентну схему, знайдемо комплексні напруги \dot{U}_{01} та \dot{U}_{X1} на виході вимірювального перетворювача:

$$\dot{U}_{01} = \frac{\dot{U}_{BX} R_0}{R_0 + \dot{Z}_C} = \frac{U_{BX} R_0}{\sqrt{(R_0 + R_X)^2 + X_{CX}^2}} e^{j \left\{ \varphi_{BX} + \arctg \frac{X_{CX}}{R_0 + R_X} \right\}}, \quad (1)$$

$$\dot{U}_{X1} = \frac{\dot{U}_{BX} \dot{Z}_C}{R_0 + \dot{Z}_C} = \frac{U_{BX} \sqrt{R_X^2 + X_{CX}^2}}{\sqrt{(R_0 + R_X)^2 + X_{CX}^2}} e^{j \left\{ \varphi_{BX} - \arctg \frac{X_{CX}}{R_X} + \arctg \frac{X_{CX}}{R_0 + R_X} \right\}}, \quad (2)$$

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

$$\varphi_1 = \arg \{ \dot{U}_{01} \} - \arg \{ \dot{U}_{X1} \} = \arctg \frac{X_{CX}}{R_X}. \quad (3)$$

Враховуючи, що під знак арктангенса входить значення активного опору втрат ємнісного елементу R_X (отримуємо не значення ємності, а значення добротності ємнісного елементу), постає необхідність в проведенні ще одного вимірювання – відношення амплітуд комплексних напруг \dot{U}_{X1} та \dot{U}_{01} , тобто

$$A_1 = \frac{|\dot{U}_{X1}|}{|\dot{U}_{01}|} = \frac{\sqrt{R_X^2 + X_{CX}^2}}{R_0}. \quad (4)$$

Вирішивши сумісно рівняння (3) та (4), отримаємо співвідношення для визначення складових комплексного опору ємнісного елементу: $X_{CX} = \frac{1}{\omega C_X} = R_X \operatorname{tg} \varphi_1$, $R_X = A_1 R_0 \cos \varphi_1$. В цьому випадку ємність елементу

визначається співвідношенням

$$C_X = \frac{1}{\omega R_X \operatorname{tg} \varphi_1} = \frac{1}{\omega A_1 R_0 \sin \varphi_1}, \quad (5)$$

де ω – циклічна частота коливань гармонічної напруги U_{BX} генератора.

Аналогічно розглянемо принцип вимірювання індуктивності L_X за допомогою вимірювального перетворювача, еквівалентна схема якого наведена на рис. 1, б. Проаналізувавши таку еквівалентну схему, знайдемо комплексні напруги \dot{U}_{02} та \dot{U}_{X2} на виході вимірювального перетворювача:

$$\dot{U}_{02} = \frac{\dot{U}_{BX} R_0}{R_0 + \dot{Z}_L} = \frac{U_{BX} R_0}{\sqrt{(R_0 + R_X)^2 + X_{LX}^2}} e^{j \left\{ \varphi_{BX} - \arctg \frac{X_{LX}}{R_0 + R_X} \right\}}, \quad (6)$$

$$\dot{U}_{X2} = \frac{\dot{U}_{BX} \dot{Z}_L}{R_0 + \dot{Z}_L} = \frac{U_{BX} \sqrt{R_X^2 + X_{LX}^2}}{\sqrt{(R_0 + R_X)^2 + X_{LX}^2}} e^{j \left\{ \varphi_{BX} + \arctg \frac{X_{LX}}{R_X} - \arctg \frac{X_{LX}}{R_0 + R_X} \right\}}. \quad (7)$$

В цьому випадку фазовий зсув між комплексними напругами \dot{U}_{X2} та \dot{U}_{02} визначається як

$$\varphi_2 = \arg \{ \dot{U}_{X2} \} - \arg \{ \dot{U}_{02} \} = \arctg \frac{X_{LX}}{R_X}, \quad (8)$$

відношення амплітуд комплексних напруг \dot{U}_{X2} та \dot{U}_{02} – співвідношенням

$$A_2 = \frac{|\dot{U}_{X2}|}{|\dot{U}_{02}|} = \frac{\sqrt{R_X^2 + X_{LX}^2}}{R_0}. \quad (9)$$

Вирішивши сумісно рівняння (8) та (9), отримаємо співвідношення для визначення складових комплексного опору індуктивного елементу: $X_{LX} = \omega L_X = R_X \operatorname{tg} \varphi_2$, $R_X = A_2 R_0 \cos \varphi_2$. В цьому випадку індуктивність елементу визначається співвідношенням

$$L_X = \frac{R_X \operatorname{tg} \varphi_2}{\omega} = \frac{A_2 R_0 \sin \varphi_2}{\omega} \quad (10)$$

Аналізуючи співвідношення (5) та (10), за якими визначаються значення надвеликих ємностей та індуктивностей на змінному струмі за допомогою еквівалентної схеми вимірювального перетворювача (рис. 1), можна зробити висновок, що точність таких вимірювань залежить від чотирьох факторів: точності прецизійного сталого активного опору R_0 , точності задавання або вимірювання циклічної частоти генератора вхідного сигналу, точності вимірювання фазового зсуву між вихідними сигналами вимірювального перетворювача, а також точності вимірювання відношення амплітуд вихідних сигналів вимірювального перетворювача.

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 сталого активного опору R_0 фактично не призводить до виникнення помилки при вимірюванні надвеликих ємностей та індуктивностей.

Інший параметр, який впливає на точність вимірювання ємності та індуктивності – циклічна частота ω генератора вхідного сигналу. 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.

Основною проблемою, з точки зору забезпечення точності вимірювання надвеликих ємностей та індуктивностей, є забезпечення точності вимірювання фазового зсуву між вихідними сигналами вимірювального перетворювача та відношення амплітуд цих сигналів.

Проаналізуємо точність вимірювання надвеликої ємності за співвідношенням (5). В цьому випадку середньоквадратична відносна похибка вимірювання визначається формулою

$$\begin{aligned} \delta_{C_X} &= \frac{\sqrt{\left(\frac{\partial C_X}{\partial A_1} \sigma_A\right)^2 + \left(\frac{\partial C_X}{\partial \varphi_1} \sigma_\varphi\right)^2}}{C_X} = \\ &= \frac{\sqrt{\left(\frac{1}{\omega A_1^2 R_0 \sin \varphi_1} \sigma_A\right)^2 + \left(\frac{\cos \varphi_1}{\omega A_1 R_0 \sin^2 \varphi_1} \sigma_\varphi\right)^2}}{\frac{1}{\omega A_1 R_0 \sin \varphi_1}} = \sqrt{\frac{\sigma_A^2}{A_1^2} + \sigma_\varphi^2 \operatorname{ctg}^2 \varphi_1} \end{aligned} \quad (11)$$

де σ_A – середньоквадратичне відхилення відносної похибки вимірювання відношення амплітуд двох напруг; σ_φ – середньоквадратичне відхилення відносної похибки вимірювання кута фазового зсуву.

При вимірюванні надвеликої індуктивності за співвідношенням (10) середньоквадратична відносна похибка вимірювання визначається співвідношенням

$$\begin{aligned} \delta_{L_X} &= \frac{\sqrt{\left(\frac{\partial L_X}{\partial A_2} \sigma_A\right)^2 + \left(\frac{\partial L_X}{\partial \varphi_2} \sigma_\varphi\right)^2}}{C_X} = \\ &= \frac{\sqrt{\left(\frac{R_0 \sin \varphi_2}{\omega} \sigma_A\right)^2 + \left(\frac{A_2 R_0 \cos \varphi_2}{\omega} \sigma_\varphi\right)^2}}{A_2 R_0 \sin \varphi_2} = \sqrt{\frac{\sigma_A^2}{A_2^2} + \sigma_\varphi^2 \operatorname{ctg}^2 \varphi_2} \end{aligned} \quad (12)$$

Розглянувши співвідношення (11) та (12), приходимо до висновку, що середньоквадратичні відносні похибки вимірювання надвеликих ємностей та індуктивностей визначаються однаковими виразами, тому аналіз цих похибок можна проводити сумісно.

Аналіз співвідношень (11) та (12) дозволяє зробити висновок, що на точність вимірювання надвеликих ємностей та індуктивностей суттєво впливає значення зразкового опору R_0 та частота вхідного сигналу вимірювального перетворювача. Так при вимірюванні надвеликих значень індуктивності частота вхідного сигналу повинна складати декілька сотень герц, а опір зразкового резистора повинен бути одного порядку з реактивним

опором індуктивності (одиниці – десятки кОм). В цьому випадку при $\sigma_A = 2\%$ та $\sigma_\varphi = 0.1^0$ похибка вимірювання надвеликої індуктивності не перевищує декілька процентів. При вимірюванні надвеликих ємностей для зменшення похибки вимірювання значення опору зразкового резистора та частоти вхідного сигналу необхідно зменшувати.

На основі розроблених вимірювальних перетворювачів для вимірювання надвеликих ємностей та індуктивностей на змінному струмі пропонується структурна схема вимірювача, наведена на рис.2.

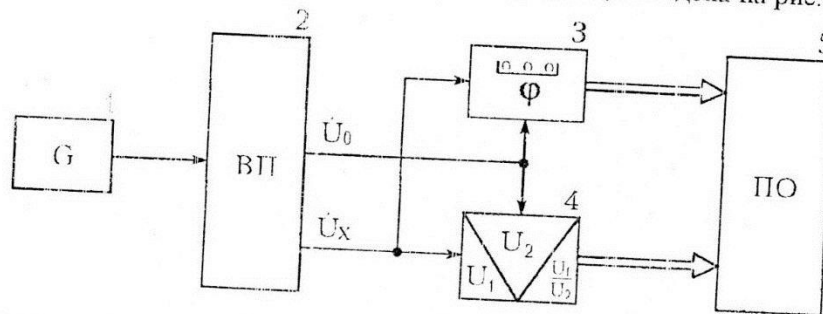


Рис.2. Структурна схема вимірювача надвеликих ємностей та індуктивностей

Вимірювач надвеликих індуктивностей та ємностей складається з генератора гармонічних коливань 1, вимірювального перетворювача (ВП) 2 (рис.1, а або б), 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 U_0 та 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 значення надвеликої ємності або індуктивності.

ВИСНОВКИ

1. Показано, що значення надвеликої ємності або індуктивності реактивного елемента може бути визначено при вимірюванні кута фазового зсуву між двома напругами на виході вимірювального перетворювача, а також відношення амплітуд цих напруг.
2. Проаналізовано залежність похибки вимірювання надвеликих ємностей та індуктивностей від параметрів вимірювального перетворювача.
3. На основі запропонованого вимірювального перетворювача розроблена структурна схема вимірювача надвеликих ємностей та індуктивностей на змінному струмі.

ЛІТЕРАТУРА

1. HP Test & Measurement Catalog (5091 – 3000 EE), 1992.
2. Вдовін О.А., Мартинюк В.В., Бойко Ю.М., Гордієнко Г.Ф. Дослідження точності вимірювання надвеликих ємностей на змінному струмі // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. – 1999. – №3. – С. 16-19.

Лашко Ю.В., Черный А.П.

К вопросу создания интеллектуальных защит асинхронных двигателей

Проблемы создания новых машин и технологий

Выпуск 1/2000 (8) С. 132 - 133

В данной статье рассматривается задача разработки аппаратно-программного модуля интеллектуальной защиты асинхронных двигателей. Работа модуля основывается на обработке и анализе информации о режиме энергопотребления и энергетических параметрах схемы замещения, получаемых с расчетно-диагностического комплекса.

Lashko Y.V., Cherny A.P.

To a problem of creation of Intellectual protection of asynchronous motors

Problems of New machines and Technologies Creation. Transactions issue 1/2000 (8) P. 132 - 133

The task of development of the hardware-software module of intellectual protection of asynchronous motors is considered in the article. The work of the module is based on processing and analysis of the information about a mode of consumption of energy and parameters of an equivalent circuit received from a calculated diagnostic complex.

Рудык А. В., Барановский И. В.

Методика измерения очень больших индуктивностей и ёмкостей на переменном токе

Проблемы создания новых машин и технологий

Выпуск 1/2000 (8) С. 134 - 137

В данной статье показано, что значение очень большой ёмкости или индуктивности реактивного элемента может быть определено при измерении угла фазового сдвига между двумя напряжениями на выходе измерительного преобразователя, а также отношения амплитуд этих напряжений. Проанализирована зависимость погрешности измерения очень больших ёмкостей и индуктивностей от параметров измерительного преобразователя. На основе предложенного измерительного преобразователя разработана структурная схема измерителя очень больших ёмкостей и индуктивностей на переменном токе.

Rudyk A. V., Baranovskyy I. V.

Technique of AC measurement of extreme inductance's and capacitance's

Problems of New machines and Technologies Creation. Transactions issue 1/2000 (8) P. 134 - 137

The given article shows that extreme capacitance or inductance value of a reactive element can be determined by means of measurement of phase displacement angle between two voltages at the outlet of a measuring converter and the amplitude ratio of these voltages as well. A dependence of errors of extreme capacitance and inductance measurement on the measuring converter parameters has been analyzed and a schematic diagram an AC measurer of extreme capacitance's and inductance's has been worked out on the basis of the measuring converter proposed.

Родкин Д.И., Прус В.В., Барвинок Д.В.

Диагностика параметров обмоток электрических машин с насыщенной сталью

Проблемы создания новых машин и технологий

Выпуск 1/2000 (8) С. 138 - 142

Рассмотрены особенности процесса насыщения магнитной системы отремонтированных асинхронных двигателей. Представлена методика определения параметров схемы замещения асинхронных двигателей с учетом насыщения активной стали, позволяющая определить их реальные паспортные данные.

Rodkin D.J., Prus V.V., Barvinok D.V.

Diagnostics of parameters of windings of electrical machines with saturated steel

Problems of New machines and Technologies Creation. Transactions issue 1/2000 (8) P. 138 - 142

The features of the process of saturation of the magnetic system of repaired asynchronous motors are considered. The technique of definition of parameters of an equivalent circuit of asynchronous motors with taking into account saturation of active steel allowing to define their real nameplate data is presented.

Квашнин В.О.

Методика аналитического определения характеристик асинхронного двигателя

Проблемы создания новых машин и технологий

Выпуск 1/2000 (8) С. 143 - 145

Приведена методика аналитического определения характеристик асинхронных двигателей по паспортным данным электрических машин, рассмотрены примеры расчета и построения механических и электромеханических характеристик двигателей серии 2А.

Kvashnin V.O.

Technique of analytical determination performances of the asynchronous motor

Problems of New machines and Technologies Creation. Transactions issue 1/2000 (8) P. 143 - 145

The technique of analytical determination of performances of asynchronous motors according to the nameplate data of electrical computers is presented, the examples of calculation both build-up of mechanical and electromechanical performances of drives of a series 2A are considered.

Бялобжеский А.В., Рыбак А.А.

Определение нагрузочной способности генераторов постоянного тока при динамическом нагружении

Проблемы создания новых машин и технологий

Выпуск 1/2000 (8) С. 146 - 149

Процесс испытания электрических машин после ремонта является важным фактором в дальнейшей ее эксплуатации, и от достоверности проведенных испытаний будет зависеть эффективность применения машины, процесс определения параметров машины алгоритмически определен, отдельный

Byalobgesky A.V., Rybak A.A.

Definition of load capability of machines of direct current at dynamic loading

Problems of New machines and Technologies Creation. Transactions issue 1/2000 (8) P. 146 - 149

The process of testing of electrical machines after their repair is an important factor in its further maintenance, and the efficiency of application of the machine will depend on reliability of conducted testing; the process of definition of parameters of the machine is defined algorithmically, a separate problem is

ЭКВИВАЛЕНТИЗАЦИЯ ТЕПЛОВЫХ РЕЖИМОВ АСИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ ПРИ ДИНАМИЧЕСКОМ НАГРУЖЕНИИ <i>Родькин Д.И., Мосьян В.А.</i>	127
К ВОПРОСУ СОЗДАНИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ЗАЩИТ АСИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ <i>Лашко Ю.В., Черный А.П.</i>	132
МЕТОДИКА ИЗМЕРЕНИЯ ОЧЕНЬ БОЛЬШИХ ИНДУКТИВНОСТЕЙ И ЁМКОСТЕЙ НА ПЕРЕМЕННОМ ТОКЕ <i>Рудык А. В., Барановский И. В.</i>	134
ДИАГНОСТИКА ПАРАМЕТРОВ ОБМОТОК ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН С НАСЫЩЕННОЙ СТАЛЬЮ <i>Родькин Д.И., Прус В.В., Барвинок Д.В.</i>	138
МЕТОДИКА АНАЛИТИЧЕСКОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ <i>Квашинин В.О.</i>	143
ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАГРУЗОЧНОЙ СПОСОБНОСТИ ГЕНЕРАТОРОВ ПОСТОЯННОГО ТОКА ПРИ ДИНАМИЧЕСКОМ НАГРУЖЕНИИ <i>Бялобржеский А.В., Рыбак А.А.</i>	146
ЭКСПЛУАТАЦИОННАЯ НАДЕЖНОСТЬ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ДВИГАТЕЛЕЙ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА И ПУТИ ЕЕ ПОВЫШЕНИЯ <i>Луговой А.В., Максимов М.Н., Родькин Д.И., Черный А.П., Сисюк Г.Ю.</i>	150
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕПЛОВЫХ ПОТЕРЬ ОТ ГАРМОНИЧЕСКИХ СОСТАВЛЯЮЩИХ ПИТАЮЩЕГО НАПРЯЖЕНИЯ В ДВИГАТЕЛЯХ ПОСТОЯННОГО ТОКА ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОГО ВОЗБУЖДЕНИЯ <i>Бешта А.С., Балахонцев А.В.</i>	157
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОСЛЕРЕМОНТНОЙ ПАСПОРТНОЙ МОЩНОСТИ АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ С КОРОТКОЗАМКНУТЫМ РОТОРОМ <i>Родькин Д.И., Здор И.Н., Прус В.В.</i>	162
К СОЗДАНИЮ ПРИБОРНОГО ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ПОТЕРЬ В СТАЛИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН <i>Паливец В.И.</i>	166
ОБ ОШИБКАХ ЦИФРОВЫХ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ КОМПЛЕКСОВ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИХ СИСТЕМ <i>Сидоренко В. Н., Черный А. П., Барвинок Д. В.</i>	169
СИНТЕЗ СТРУКТУРЫ ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ СИЛОВЫХ КОНДЕНСАТОРОВ <i>Грабко В.В., Бозула М.П.</i>	172
РАЗДЕЛ 3 ЭНЕРГЕТИКА И ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ	
ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ КАК ЗАКОНОМЕРНЫЙ ЭТАП ЭЛЕКТРИФИКАЦИИ НАРОДНОГО ХОЗЯЙСТВА <i>Родькин Д.И.</i>	177
СИНТЕЗ АЛГОРИТМОВ И ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПАРАМЕТРОВ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОСТАЛЕПЛАВЛЕНИЕМ <i>Труфанов И.Д., Бондаренко В.И., Метельский В.П.</i>	184
СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОПИТАНИЯ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ ПРОМЫШЛЕННЫХ ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ <i>Родькин Д.И.</i>	190