Вінницький державний технічний університет

На правах рукопису

Кучерук Володимир Юрійович

ДОСЛІДЖЕННЯ ТА РОЗРОБКА ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНОЇ СИСТЕМИ МЕХАНІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЕЛЕКТРИЧНИХ МАШИН

Спеціальність: 05.11.16 - Інформаційно-вимірювальні системи (в науці та промисловості)

АВТОРЕФЕРАТ

дисертації на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук

Вінниця - 1995

АВ 32.747

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана у Вінницькому державному технічному університеті на кафедрі "Автоматика та інформаційно-вимірювальна техніка".

ЛННБ України ім.В.Стефаника
00755729 (Z)

Науковий керівник: доктор технічних наук, доцент
Поджаренко Володимир Олександрович

Офіційні опоненти:
доктор технічних наук, професор Ціделко В.Д.
кандидат технічних наук, доцент Чучман Ю.І.

Провідна організація: Інститут кібернетики НАН України ім.В.М.Глушкова, м.Київ.

Захист відбудеться "29" *вересня* 1995 р. о 10 годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 10.01.01 у Вінницькому державному технічному університеті за адресою: 286021, м.Вінниця, Хмельницьке шосе, 95, ГУК.

З дисертацією можна ознайомитися в бібліотеці Вінницького державного технічного університету.

Автореферат розісланий "20" 07 1995 р.

ЛНБ ім. В. Стефаника
АН України

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради Юхимчук С.В.

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Однією із найбільш трудомістких операцій випробовування електричних машин (ЕМ) є вимірювання механічної характеристики (МХ), основними складовими якої є момент механічних втрат M_0 та момент інерції J. Незважаючи на те, що МХ є основним і надзвичайно інформативним параметром ЕМ, вона із-за відсутності необхідних інформаційно-вимірювальних систем (ІВС) часто не контролюється.

Основні вимоги, що висуваються до ІВС МХ, наступні: висока точність, розрізнювальна здатність; простота конструкції; малий час вимірів та обробки інформації.

ІВС МХ, що використовуються в теперішній час, в принципі не забезпечують всі перераховані вимоги, тому що більшість із них працює в статичному режимі роботи ЕМ. ІВС МХ, які працюють в динамічному режимі, допускають, що момент механічних втрат M_0 постійний, коли в дійсності він є функцією від кутової швидкості, а момент інерції J визначається окремо і на це затрачується багато часу. Таким чином, виникає необхідність більш точного і автоматизованого вимірювання J та M_0 при визначенні МХ, а отже, і необхідність теоретичного обрунтування та розробки нового математичного, алгоритмічного, апаратно-програмного та метрологічного забезпечення ІВС МХ, що направлені на суттєве скорочення загального часу вимірювань, підвищення точності і ефективності випробовувань ЕМ.

У зв'язку з цим дослідження та розробка ІВС МХ є задачею вельми актуальною, яка має значення для подальшого підвищення якості, надійності та конкурентноздатності ЕМ. Успішне вирішення цієї проблеми дозволить більш повно задовольнити потреби підприємств засобами контрольно-вимірювальної техніки.

Мета роботи - розробка способів, алгоритмів, структур та апаратно-програмних рішень, спрямованих на створення ІВС МХ з покращеними метрологічними характеристиками.

Методи досліджень. В роботі використовувалися методи теорії вимірювань та теорії похибок, теорії функцій чутливості, теорії диференціальних рівнянь та методи моделювання, ідентифікації та цифрової обробки сигналів.

Наукова новизна. В роботі отримані слідуючі наукові

результати:

- розроблена класифікація методів і засобів вимірювання МХ, в якій введені нові класифікаційні ознаки. В результаті проведеного аналізу, як найбільш перспективний, вибрано динамічний метод для мікропроцесорної реалізації;

- обгрунтовано вибір математичної моделі (ММ) об'єкту вимірювання (ОВ), який дозволив вперше дослідити ОВ на визначення найбільш інформативних режимів його роботи та розробити рекомендації для визначення складових параметрів МХ, що стало передумовою для розробки нового способу вимірювання параметрів МХ;

- досліджена можливість використання методів ідентифікації складових параметрів МХ ОВ (по Н.Дистефано та функціям чутливості), розроблено математичні залежності та алгоритм, які на відміну від існуючих дозволяють проводити сумісну ідентифікацію моменту інерції та моменту механічних втрат;

- розроблено новий спосіб та алгоритм вимірювання МХ ЕМ в динамічному режимі її роботи, який на відміну від існуючих дозволяє вимірювати такі складові параметри МХ як момент інерції, так і момент механічних втрат. На основі запропонованого способу синтезована структура ІВС МХ з покращеними метрологічними характеристиками;

- розроблено алгоритм вимірювання кутової швидкості, який на відміну від існуючих дозволяє нормувати похибку квантування на всьому діапазоні вимірювання;

- розроблена метрологічна модель ІВС МХ, на основі якої досліджені систематичні та випадкові складові похибки в процесі вимірювання інформативних параметрів.

Вірогідність та обгрунтованість наукових положень і висновків, сформульованих в дисертації, обумовлюється експериментальним підтвердженням розроблених в дисертації теоретичних положень, реалізацією і впровадженням апаратних засобів та програмного забезпечення (ПЗ) ІВС МХ.

Практичне значення роботи полягає у розробці ІВС МХ, її практичної реалізації, а також інженерної методики проектування і методики атестації ІВС МХ з наперед заданими метрологічними характеристиками. До розроблених в дисертації конкретних результатів, що мають важливе значення і знайшли практичну реалізацію, належать:

- методика і ПЗ дослідження математичної моделі ЕМ та

вибір найбільш ефективних режимів для визначення складових параметрів МХ;

- методика і ПЗ ідентифікації параметрів МХ ОВ по алгоритму Н.Дистефано;

- методика оцінки метрологічних характеристик ІВС МХ;

- інженерна методика проектування ІВС МХ та методика і ПЗ метрологічної атестації і перевірки вимірювального каналу кутової швидкості обертання;

- впровадження ІВС МХ дозволило автоматизувати вимірювання при випробуванні ЕМ, значно скоротити час випробувань *(≈ 5 хв.)*, підвищити точність вимірювань МХ *(≈ 2.5%)* і тим самим суттєво підвищити якість контролю ЕМ.

- розроблені в дисертації методики та ІВС МХ можуть застосовуватись і при випробовуванні електроприводів, газотурбінних двигунів, двигунів внутрішнього згорання та інш., що значно розширює можливості практичного застосування результатів роботи.

Реалізація і впровадження результатів роботи. Основний зміст дисертаційної роботи складають результати досліджень, що виконувались на кафедрі "Автоматики та інформаційно-вимірювальної техніки" Вінницького державного технічного університету за період з 1991 по 1995 рр. За участю автора розроблені та впроваджені ІВС МХ ЕМ (завод "Електродвигун", м. Ужгород, 1993-1994 та електротехнічний завод,м.Вінниця, 1995).

Матеріали дисертації впроваджені в навчальний процес у Вінницькому державному технічному університеті.

Апробація роботи. Основні положення і результати виконаних в дисертації досліджень доповідалися та обговорювались на І-й всесоюзній, І-й республіканській та 7-ми міжнародних конференціях.

Результати роботи доповідались на семінарах кафедри автоматики та інформаційно-вимірювальної техніки та науково-технічних конференціях Вінницького політехнічного інституту.

Конкретна особиста участь автора. Основні положення та результати дисертаційної роботи отримані автором самостійно. Із робіт, що опубліковані в співавторстві, використовуються результати, отримані особисто пошукувачем.

При безпосередній участі дисертанта були розроблені, виготовлені, відлагоджені і впроваджені у виробництво апаратно-програмні засоби ІВС МХ. Дисертант був відповідальним

виконавцем госпрозрахункової НДР №4125, в якій використані результати його досліджень.

Публікації. Основний зміст роботи опублікований в 14 друкованих працях.

Структура та обсяг дисертації. Дисертація складається із вступу, п'яти глав, основних висновків по роботі, списку літературних джерел і додатків. Обсяг роботи складає 141 сторінку основного тексту, 30 малюнків, список літератури вміщує 160 найменувань.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обгрунтована актуальність теми дисертаційної роботи, сформульовані цілі і задачі дослідження, визначені наукова новизна і практична цінність роботи, викладені основні положення, що виносяться на захист, а також наведені відомості про апробацію результатів дослідження та структуру роботи.

В першій главі запропонована класифікація існуючих методів та ІВС МХ. Відомі ІВС МХ запропоновано класифікувати за слідуючими ознаками: *за режимом роботи ІВС; за видом інформативних параметрів; за реагуючою частиною ОВ.* Виділено наступні методи вимірювання МХ: *статичний, квазистатичний, динамічний.* В результаті проведеного порівняльного аналізу встановлено, що серед існуючих методів та ІВС МХ найбільш перспективним є метод вимірювання МХ в динамічному режимі роботи ОВ, основне рівняння вимірювання якого має вигляд:

$$M(\omega_r) = J \cdot \frac{d\omega_r}{dt} + M_o = J\varepsilon, \qquad (1)$$

де ω_r - кутова швидкість обертання ротора; ε - кутове прискорення обертання ротора.

В рівняння (1) входять такі складові параметри МХ як J та M_o. В теперішній час вимірювання J та M_o здійснюється на неавтоматизованому роздільному обладнанні з невисокою точністю і тому не відповідають раніше сформулюваним вимогам до ІВС МХ.

Це спонукало створенню нового способу та ІВС МХ ІВС, які вирішують задачі більш якісного випробовування ЕМ. На базі цих положень сформульовані ціль та основні задачі досліджень.

У другій главі вибрана та досліджена ММ асинхронного

двигуна (АД) як найбільш масового представника ЕМ. По математичній моделі АД розраховані його теоретичні МХ.

Оцінені функції впливу зовнішніх дестабілізуючих факторів (нестабільність напруги і частоти мережі живлення) на характеристику розбігу ЕМ ω_r згідно теорії чутливості.

Проведені розрахунки показали, що відносна похибка від впливу зміни напруги і частоти мережі живлення в динамічному режимі роботи ОВ може досягати 7%. Це приводить до необхідності використання стабілізаторів мережі живлення ОВ.

Досліджено вплив параметрів J та M_0 на характеристики руху ОВ в різних режимах його роботи *(пуск, статичний режим, реверс, ударне навантаження, повторно-динамічний режим, самогальмування)* за допомогою функцій чутливості. Проведений аналіз показав неоднакову ефективність визначення параметрів J та M_0 в різних режимах роботи ОВ. Вказано на необхідність використання складного математичного апарату для обробки даних і малого кроку дискретизації по t для забезпечення стійкості процесу ідентифікації. Підтверджено, що можливо створення ефективних алгоритмів ідентифікації, які дозволяють проводити поетапну ідентифікацію параметрів J та M_0 ЕМ, використовуючи для визначення окремих параметрів різні режими роботи ЕМ.

У третій главі викладені основні положення математичного забезпечення ІВС МХ та досліджуються методи ідентифікації складових параметрів МХ ОВ.

Досліджено метод ідентифікації, що грунтується на функціях чутливості. Цей метод обмежений в застосуванні, тому що при великому технологічному розкиді параметрів ЕМ не завжди виконуються умови достатності першого наближення.

Досліджується робота алгоритму ідентифікації Н.Дистефано стосовно параметрів жорсткої системи диференціальних рівнянь ММ ОВ при неповному векторі спостережень.

Результати ідентифікації дають змогу дійти висновку, що даний алгоритм ідентифікації забезпечує збіжність і достатню точність для досить широкого діапазону початкових значень J та M_0. Але для його успішної роботи необхідний малий крок дискретизації, що вимагає вимірювання великої кількості інформації.

Розроблено спосіб та алгоритм визначення J та M_0 на основі використання інформації про зміну кутової швидкості

обертання в режимі самогальмування ОВ.

Необхідною передумовою способу є наявність двох зразкових моментів інерції, виконаних у вигляді тіл обертання, наприклад, дисків чи циліндрів. Величини зразкових моментів визначаються за їх геометричним та ваговим параметрам.

На вихідний вал ЕМ встановлюють перший зразковий момент інерції $J_{з1}$ і вмикають ЕМ в мережу. В режимах пуску і самогальмування реєструють кутову швидкість обертання $\omega_г$. Коли ЕМ зупиниться, знімають перший зразковий момент інерції, аналогічно встановлюють другий зразковий момент і повторюють вимірювальні процедури в режимах розгону і самогальмування.

Здійснення цих двох експериментів є методичною основою запропонованого способу і дозволяє скласти і розв'язати систему з трьох рівнянь руху ОВ із трьома невідомими $M_е$, $M_о$, J:

$$\begin{cases} M_{ем}(\omega_г) = M_о(\omega_г) + \left(J + J_{з1}\right)\varepsilon_{п1}(\omega_г); \\ 0 = M_о(\omega_г) + \left(J + J_{з1}\right)\varepsilon_{г1}(\omega_г); \\ M_{ем}(\omega_г) = M_о(\omega_г) + \left(J + J_{з2}\right)\varepsilon_{п2}(\omega_г); \\ 0 = M_о(\omega_г) + \left(J + J_{з2}\right)\varepsilon_{г2}(\omega_г), \end{cases} \tag{2}$$

При $J_{з1}=0$, $J_{з2}=J_з$ розв'язок системи рівнянь руху має вигляд:

$$M_о = \frac{\varepsilon_{г1}\varepsilon_{г2}J_з}{\varepsilon_{г2} - \varepsilon_{г1}}; \quad J = \frac{J_з\varepsilon_{г2}}{\varepsilon_{г2} - \varepsilon_{г1}}, \tag{3}$$

$$M_е = J_з\varepsilon_{п1} + \frac{\varepsilon_{г1}\varepsilon_{г2}J_з}{\varepsilon_{г2} - \varepsilon_{г1}} - \frac{J_з\varepsilon_{г2}}{\varepsilon_{г2} - \varepsilon_{г1}}\varepsilon_{п1}, \tag{4}$$

де $\varepsilon_{п1}$ - кутове прискорення розгону ЕМ; $\varepsilon_{г1}$, $\varepsilon_{г2}$ - кутові прискорення самогальмування ЕМ.

Запропонований спосіб дає змогу визначати не тільки МХ $M_е=f(\omega_г)$, а й інші характеристики ЕМ в динамічному режимі його роботи: залежності механічної потужності, електромагнітної потужності, втрат в обмотках ротора від $\omega_г$ тощо. Це дає змогу суттєво розширити галузі його застосування.

На основі запропонованого способу розроблена і проаналізована структурна схема ІВС МХ, яка вміщує у собі вимірювальні канали (ВК) струмів, напруг та кутової швидкості. Основним елементом ІВС МХ є ВК $\omega_г$, зображений на рис.1. Основними елементами ВК $\omega_г$ є: об'єкт вимірювання (ОВ); муфта

спряження (МС); сенсор швидкості обертання (СШО), тахометр (Т). Проаналізований процес перетворення інформації в ІВС МХ та отримано рівняння перетворення ВК.

Вказано на необхідність використання напівжорсткої МС, оцінено її вплив на результати вимірювання ω_r.

Досліджені методи диференціювання і згладжування ω_r. Зроблено висновок про доцільність використання методів сплайнового диференціювання та згладжування поліномами третього ступеня, розроблене необхідне програмне забезпечення.

У четвертій главі розроблено метрологічну модель ІВС МХ, на основі якої проведено аналіз основних складових похибок при вимірюванні МХ. Аналізуючи послідовність перетворень енергії та вимірювальних перетворень, що відбуваються у ВК ω_r, виділено наступні складові похибок: похибки, що обумовлені впливом зовнішніх дестабілізуючих факторів (зміна напруги і частоти мережі живлення); інструментальні похибки (вносяться СШО, МС, Т, процесором); алгоритмічні похибки (похибки числового вимірювального перетворення, що виникають при реалізації обчислювальних алгоритмів, алгоритмів згладжування та диференціювання).

Оцінені похибки, що вносяться МС і встановлено, що вони носять періодичний характер і є систематичною складовою. Дані рекомендації по вибору МС. Правильний вибір МС полягає у слідуючому: попередній вибір розміру МС по величині номінального постійного в часі обертового моменту; вибрана МС повинна мати деяку жорсткість (податливість) для компенсації зміщення вісей з'єднаних валів, тобто ексцентриситету, і похибок, з ним зв'язаних; МС повинна передати (без руйнування) короткочасне пікове навантаження, що діє під час розбігу або вибігу ОВ. Поставленим умовам відповідають МС типу "сильфон", які мають велику жорсткість до обертаючого моменту і дозволяють зменшити похибки, зумовлені ексцентриситетом спряжених кінематичних пар.

Рівняння похибки цифрового тахометра вміщує у собі як випадкову $\mathring{\Delta}_\omega(t)$, так і систематичну $\bar{\Delta}_\omega(t)$ складову, остання визначається ексцентриситетом з'єднуваних валів та похибкою квантування:

$$\bar{\Delta}_\omega(t) = \frac{z\,\omega_r(t)}{2\pi f_0} - \frac{E\gamma}{\omega_0}\cos\left[\omega_0\left(t + \frac{exp(-\lambda t)}{\lambda}\right)\right], \qquad (5)$$

де ω_0 - номінальна кутова швидкість обертання; λ - постійна часу ОВ; ε - ексцентриситет; z - число штрихів СШО; γ - коефіцієнт, що визначає співвідношення між значеннями ексцентриситету і вихідного сигналу.

Випадкова складова $\mathring{\Delta}_\omega(t)$ в динамічному режимі роботи Т визначається, в основному, такими складовими - похибкою дискретизації та похибкою, що зумовлена усередненням швидкості на шляху $2\pi/z$ радіан. При цьому перша складова випадкової похибки особливо проявляється в зоні високих швидкостей, а друга - в зоні низьких швидкостей:

$$\mathring{\Delta}_\omega(t) = \sqrt{\left[\frac{\omega_r(t)z}{2\pi f_0}\right]^2 \sigma_1^2 + \left[\frac{\pi\varepsilon_{max}}{z\omega_r^2(t)}\right]^2 \sigma_2^2} \cdot 100;\ \%, \qquad (6)$$

де ε_{max} - максимальне прискорення руху ОВ в динамічному режимі; $\sigma_1 = 1/\sqrt{6}$ і $\sigma_2 = 1/\sqrt{3}$ - середньоквадратичні відхилення відповідно для трикутного і рівномірного законів розподілу в інтервалі $(-1;\ 1)$.

Аналіз показав, що загальна похибка $\Delta_\omega(t)$ не постійна у часі і змінюється певним чином. Максимальне значення похибки $\Delta_\omega(t)$, найголовнішою складовою якої є похибка квантування, не перевищує 1.7%. На основі формул (5)-(6) можливе створення ІВС, які дозволяють в процесі вимірювання змінювати параметри z чи f_0 для підтримки заданої користувачем верхньої межі похибки $\Delta_\omega(t)$ - так звані періодоміри із передвключеними чи післявключеними подільниками частоти.

Отримані рівняння для обчислення середньоквадратичних похибок вимірювання J, M_0, M_e:

$$\sigma_J = \frac{\sigma_\varepsilon J_3}{(\varepsilon_{r1} - \varepsilon_{r2})^2}\sqrt{\varepsilon_{r2}^2 + \varepsilon_{r1}^2}, \qquad (7)$$

$$\sigma_{M_0} = \frac{\sigma_\varepsilon J_3}{(\varepsilon_{r1} - \varepsilon_{r2})^2}\sqrt{\varepsilon_{r2}^4 + \varepsilon_{r1}^4}, \quad \sigma_{M_e} = \frac{\sigma_\varepsilon J_3}{(\varepsilon_{r1} - \varepsilon_{r2})^2} \cdot \qquad (8)$$

$$\cdot \sqrt{\left[\varepsilon_{n1}(\varepsilon_{r1} - \varepsilon_{r2})\right]^2 + \left[\varepsilon_{r2}(\varepsilon_{r2}+1)\right]^2 + \left[\varepsilon_{r1}(\varepsilon_{r1}+1)\right]^2}.$$

Аналіз показує, що найбільші значення похибок мають місце в зоні низьких швидкостей обертання і не перевищують відповідно 0.5%, 1.9%, 1.5%.

Синтезовано оптимальний алгоритм роботи ВК, який може працювати із передвключеним $f_0(t)$ і/або з післявключеним $z(t)$ подільниками частоти слідування імпульсів при фіксованій похибці квантування $\delta_{\text{КВconst}}$:

$$f_0(t) = \frac{z\ \omega_r(t)}{2\pi\ \delta_{\text{КВconst}}}; \qquad z(t) = \frac{2\pi f_0\ \delta_{\text{КВconst}}}{\omega_r(t)}. \qquad (9)$$

Реалізація оптимального алгоритму не вимагає перебудови узагальненої структурної схеми ІВС МХ.

П'ята глава присвячена розробці: інженерної методики проектування ІВС МХ; технічних засобів і ПЗ ІВС МХ; методики і технічних засобів метрологічної атестації ІВС МХ; експериментальним дослідженням ІВС МХ.

Методика проектування апаратної частини ВК зображається у вигляді наступної послідовності дій: схемотехнічна реалізація тахометра; розробка блоку спряження із персональним комп'ютером; організація драйвера вимірювальної процедури.

На базі запропонованої методики розроблені принципові схеми, конструкція випробувального стенду і ПЗ ІВС МХ.

Запропоновані засоби метрологічної атестації і повірки ВК ω_r, J та алгоритмів диференціювання показали добру збіжність експериментальних похибок (таблиця) з теоретичними.

Реалізована ІВС МХ на базі **ІВМ РС АТ 286/287** дозволила в автоматизованому режимі провести експериментальні дослідження (рис.2), в результаті яких встановлено: тривалість вимірювань з урахуванням часу обробки інформації не перевищує *5 хв.* Більша частина часу *(~4 хв.)* припадає на згладжування та диференціювання ω_r; реалізація тестового режиму дозволила постійно контролювати похибки ВК.

Результати експериментальних досліджень підтвердили правильність і вірогідність основних теоретичних положень.

ОСНОВНІ РЕЗУЛЬТАТИ РОБОТИ

Основними результатами досліджень, проведених в дисертаційній роботі, є:

В галузі теоретичних та експериментальних досліджень:

1. Обгрунтований вибір та досліджена ММ ОВ, оцінено вплив зовнішніх дестабілізуючих факторів на його характеристики руху.

2. За результатами дослідження ММ ОВ в різних режимах роботи сформульовані рекомендації по вибору найбільш інформативних режимів для визначення МХ. Підтверджено можливість

створення ефективних алгоритмів і програм ідентифікації для поетапної ідентифікації параметрів J та M_c в різних режимах роботи ОВ.

3. Досліджена можливість проведення ідентифікації параметрів J та M_c (ідентифікація за допомогою функцій чутливості, за алгоритмом Н.Дистефано) для ОВ - асинхронного двигуна, математична модель якого описується жорсткою системою нелінійних диференціальних рівнянь. Перевага надається застосуванню алгоритму Н.Дистефано, який забезпечує збіжність і достатню точність для досить широкого діапазону початкових значень J та M_c. Розроблені алгоритм та програмне забезпечення ідентифікації.

4. Розроблено новий спосіб та алгоритм визначення МХ в динамічному режимі роботи ОВ. На основі розробленого способу створена структурна схема ІВС із покращеними метрологічними характеристиками. Досліджені методи чисельного диференціювання і згладжування ω_r. Вказано на доцільність використання методів сплайнового диференціювання та згладжування поліномами, розроблене відповідне ПЗ.

5. Розроблена метрологічна модель ІВС МХ, на основі якої проведений аналіз основних складових похибок, що виникають в ІВС МХ. Оцінені похибки, що вносяться МС, встановлено, що вони мають періодичний характер і є систематичною складовою. Дані рекомендації по вибору муфти спряження. Одержано рівняння похибки вимірювального каналу ІВС МХ, аналіз якого показує, що максимальне значення похибки $\Delta_\omega(t)$ не перевищує 1.7%. Отримані рівняння для обчислення середньоквадратичних похибок вимірювання J, M_c, $M_{ем}$. Найбільші значення похибок мають місце в зоні низьких швидкостей обертання і не перевищують відповідно 0.5%, 1.9%, 1.5%.

6. Розроблений алгоритм вимірювання ω_r з нормованою похибкою квантування.

7. Розроблена інженерна методика проектування ІВС МХ.

8. Розроблена методика метрологічної атестації ІВС МХ.

В галузі практичного використання:

1. Розроблена та реалізована ІВС МХ, що містить випробувальний стенд, схеми електричні принципові, функціональне програмне та метрологічне забезпечення ІВС МХ.

2. Розроблені та реалізовані технічні засоби метрологічної атестації і повірки ІВС МХ.

ОСНОВНІ ПОЛОЖЕННЯ ДИСЕРТАЦІЇ ВІДОБРАЖЕНІ В ТАКИХ РОБОТАХ:

I. Джарадат Р.Х., Кучерук В.Ю., Поджаренко В.О. Динамічний метод визначення параметрів обмоток електричних машин. //Вісник ВПІ, №I, I993р., с.59-6I.

2. Поджаренко В.О., Кучерук В.Ю. До питання про ідентифікацію внутрішніх параметрів електричних машин.//Вісник ВПІ, №I(2), I994р., с.I0-I3.

3. Кучерук В.Ю. Комп'ютерно-вимірювальна система динамічних механічних характеристик електродвигунів.//В сб."Приборостроение-94".-Винница, I994р., с.I32.

4. Поджаренко В.А., Кучерук В.Ю., Кухарчук В.В. Способ косвенного определения параметров математической модели электромеханических преобразователей с использованием функций чувствительности.//В сб. "Контроль и управление в технических системах".-Винница, I992, с.9.

5. Поджаренко В.А., Андреев Н.В., Скилягин А.В., Кучерук В.Ю. ИИС для научных исследований и испытаний изделий электротехнической промышленности.//В сб."Измерительные информационные системы".-Санкт-Петербург, I99Iг., с.I82.

6. Кучерук В.Ю., Кухарчук В.В., Поджаренко В.О. Автоматизована система динамічного контролю і управління випробуванням електродвигунів.//В зб. "Автоматика-94".- Київ, I994р., с.I04.

7. Джарадат Р.Х., Кухарчук В.В., Кучерук В.Ю., Поджаренко В.А. Микропроцессорная система контроля параметров обмоток электрических машин.//В зб."Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах і конверсії виробництва", Хмельницький, I993г., с.22-23.

8. Джарадат Р.Х., Кухарчук В.В., Кучерук В.Ю., Поджаренко В.А. Микропроцессорная система контроля параметров обмоток электрических машин.//В сб."Контроль и управление в технических системах".-Винница, I993г., с.I27-I28.

9. Гоменюк А.С., Кухарчук В.В., Кучерук В.Ю., Поджаренко В.А. Микропроцессорное устройство измерения приведенного момента инерции механизмов.//В зб."Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах і конверсії виробництва".-Хмельницький, I993г., с.I53.

I0. Поджаренко В.А., Кухарчук В.В., Кучерук В.Ю. Устройство контроля параметров электрических машин.//В сб."Из-

мерительная техника в технологических процессах и конверсии производств".-Хмельницкий, I992, с.94-95.

II. Поджаренко В.А., Кухарчук В.В., Кучерук В.Ю. Автоматизированная система измерения и контроля параметров электродвигателей.//В сб."Контроль и управление в технических системах".-Винница, I992, с.9.

I2. Поджаренко В.А., Кухарчук В.В., Кучерук В.Ю., Джарадат Р.Х. Микропроцессорная система для испытаний обмоток электрических двигателей-вибраторов.// В сб. "Применение колебаний в технологиях. Расчет и проектирование машин для реализации технологий".-Винница, I994, с.I2I-I22.

Позитивні рішення про видачу патентів на винахід:

I. Кучерук В.Ю., Поджаренко В.А., Гоменюк А.С. Способ определения приведенного момента инерции механизмов и устройство для его реализации.//Положительное решение о выдаче патента Украины по заявке №93040377 от 23.0I.95г.

2. Петрук В.Г., Поджаренко В.А., Кухарчук В.В., Кучерук В.Ю. и др. Способ исследования гуморальных сред и устройство для его реализации. /Положительное решение о выдаче патента России по заявке №94-006876/I4 (006851) от II.07.94г.

Автор висловлює щиру подяку кандидату технічних наук *Кухарчуку В.В.*, який наряду із науковим керівником консультував по суміжним питанням, а також кандидату фізико-математичних наук *Ясінському В.В.* за допомогу при впровадженні отриманих в дисертації теоретичних результатів в практику.

Таблиця

Основні технічні характеристики ІВС МХ

№	Назва характеристики	Значення
I	Швидкість обертання:	
	Нижня межа вимірювання	3 рад/с
	Верхня межа вимірювання	3I4 рад/с
	Зведена похибка	≤I.5%
2	Момент інерції:	
	Нижня межа вимірювання	0.000275 кГ·м²
	Верхня межа вимірювання	0.003000 кГ·м²
	Зведена похибка	≤I.5%
3	Динамічний момент:	
	Нижня межа вимірювання	30 Н·м
	Верхня межа вимірювання	0 Н·м
	Зведена похибка	≤2.5%
4	Кількість вимірюваних значень	I000
5	Час вимірювання	5 хв.

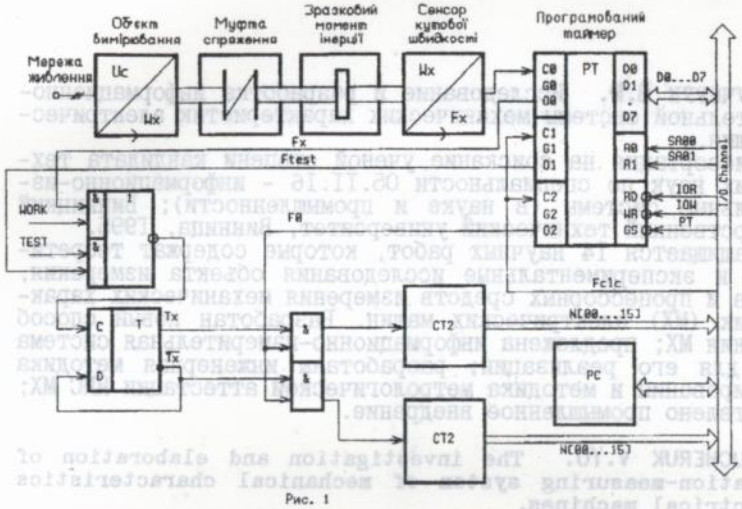
Об'єкт вимірювання
Муфта спряження
Зразковий момент інерції
Сенсор кутової швидкості
Програмований таймер
Мережа живлення
Uc
Ux
Fx
Ftest
WORK
TEST
F0
Tx
CT2
PC
Fclc
D0...D7
SA00
SA01
I/O Channel
IOR
IOW
PT
N[00...15]

Рис. 1

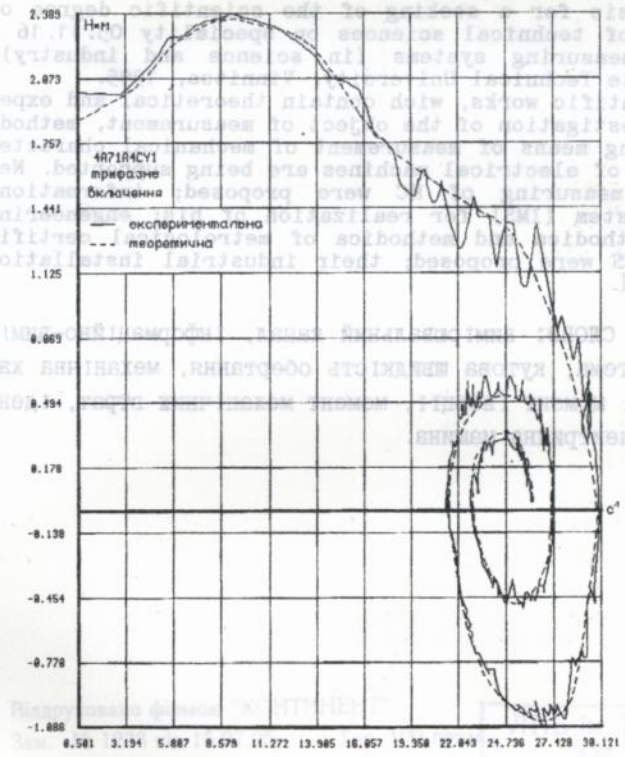
Нм
4A71A4CY1
трифазне
включення
експериментальна
теоретична
2.389
2.073
1.757
1.441
1.125
0.809
0.494
0.178
-0.138
-0.454
-0.770
-1.086
0.501
3.194
5.887
8.579
11.272
13.965
16.657
19.350
22.043
24.736
27.428
30.121
c°

Рис. 2

Кучерук В.Ю. Исследование и разработка информационно-измерительной системы механических характеристик электрических машин.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.11.16 - информационно-измерительные системы (в науке и промышленности); Винницкий государственный технический университет, Винница, 1995.

Защищается 14 научных работ, которые содержат теоретические и экспериментальные исследования объекта измерения, методов и процессорных средств измерения механических характеристик (МХ) электрических машин. Разработан новый способ измерения МХ; предложена информационно-измерительная система (ИИС) для его реализации; разработаны инженерная методика проектирования и методика метрологической аттестации ИИС МХ; осуществлено промышленное внедрение.

KUCHERUK V.YU. The investigation and elaboration of information-measuring system of mechanical characteristics of electrical machines.

The thesis for a seeking of the scientific degree of Canditate's of technical sciences on speciality 05.11.16 - information-measuring systems (in science and industry); Vinnitsa State Technical University, Vinnitsa, 1995.

14 scientific works, wich contain theoretical and experimental investigation of the object of measurement, methods and processing means of measurement of mechanical characteristics (MC) of electrical machines are being supported. New methods of measuring of MC were proposed; information-measuring system (IMS) for realization of his; engeneering project's methodica and methodica of metrological certification of IMS were proposed; their industrial installation was performed.

Ключові слова: вимірювальний канал, інформаційно-вимірювальна система, кутова швидкість обертання, механічна характеристика, момент інерції, момент механічних втрат, ідентифікація, електрична машина.

Віддруковано фірмою "КОНТИНЕНТ"
Зам. № 1238 від 15.07.95 Тир. 100 прим.

ЛНБ ім. В. Стефаника
АН України

454033

AB 32.747