

НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ
ІНСТИТУТ ПРОБЛЕМ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ

На правах рукопису

ДАВИДКОВИЧ Владислав Маркович

УДК 621.313.451.

СИСТЕМИ ДИНАМІЧНОГО НАВАНТАЖЕННЯ
АСИНХРОННИХ ДВИГУНІВ З АМПЛІТУДНОЮ МОДУЛЯЦІЮ
НАПРУТИ ЖИВЛЕННЯ

Спеціальність 05.09.03 - "Електротехнічні комплекси та системи, включаючи їх управління та регулювання".

Автореферат
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Київ - 1995

АВ 32.008

Робота виконана в Криворізькому гірничорудному інституті

Науковий керівник - кандидат технічних наук,
доцент
Родькін Д. Я.

Офіційні опоненти: - доктор технічних наук,
професор
Архангельський В. І.

- кандидат технічних наук,
доцент
Закладной О. М.

Провідна організація - АТ "Електромашпромсервіс",
м. Кривий Ріг

Захист дисертації відбудеться "23" верезня 1995 р.
о 14 годині на засіданні спеціалізованої ради КО16.63.01
Інституту проблем енергозбереження НАН України за адресою:
252070, Київ - 70, вул. Покровська, 11.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці інституту
за адресою: 252070, Київ - 70, вул. Покровська, 11.

Автореферат розіслано "20" лютого 1995 р.

В. о. вченого секретаря спеціалізованої ради,
кандидат технічних наук *ВГ* Владзевич П. Г.

ЛНБ ім. В. Стефаника
АН України

ЛНБ України ім. В. Стефаника



00751709 (Г)

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність роботи. Зараз найбільш поширеним у промисловості видом електроприводу є асинхронний електропривод. Зростання парку АД призводить до того, що щорічно у масштабах СРСР ремонтується близько 13 млн. АД, що відповідає кількості знову випущених двигунів за рік. При цьому з усіх видів ремонту найчастіше проводиться капітальний ремонт - понад 80% від загальної кількості АД, що ремонтуються.

Технологічні операції по демонтажу, випаду обмоток та складанню асинхронних двигунів, які є обов'язковими для їх капітального ремонту, призводять до того, що параметри відремонтованих двигунів можуть суттєво відрізнитися від їх до-ремонтних значень. Саме тому найбільш важливим є питання об'єктивного контролю стану відремонтованої машини, відповідності її характеристик до паспортних. Для цього необхідно проводити випробування відремонтованих АД в умовах, що відповідають експлуатаційним, тобто під навантаженням. Проте традиційні способи й системи навантажувальних випробувань АД неефективні в умовах електроремонтних підприємств, тому що не задовольняють специфічному характерові їх роботи, який полягає в тому, що до ремонту, а потім на випробувальну дільницю надходить "випадковий" двигун "випадкового" типу-розміру та потужності. У зв'язку з цим випробування АД змушені проводитись за спрощеною технологією, зі скороченням кількості ознак, що діагностуються. Це не дає можливості об'єктивно контролювати якість ремонту АД.

Таким чином, розробка системи навантажувальних випробу-

вань АД, яка задовольнятиме специфіці роботи електроремонтного підприємства й дозволить підвищити ефективність післяремонтних випробувань двигунів, є актуальною задачею.

Метою дисертаційної роботи є розробка та дослідження систем динамічного навантаження асинхронних двигунів з амплітудною модуляцією напруги живлення, забезпечуючих підвищення ефективності післяремонтних випробувань АД.

Поставлена мета потребує розв'язання таких основних задач:

- дослідження порівняльної ефективності систем динамічного навантаження з модуляцією параметрів напруги живлення;
- розробка й дослідження системи автоматичної стабілізації навантаження АД протягом проведення випробувань;
- розробка шляхів реалізації систем динамічного навантаження АД з амплітудною модуляцією напруги живлення;
- розробка методу ідентифікації параметрів асинхронних двигунів при їх динамічному навантаженні;
- впровадження одержаних результатів у промисловості при створенні обладнання для навантажувальних випробувань АД.

Методи дослідження. Для дослідження та розв'язання поставлених задач у дисертаційній роботі використовувались: теорія функцій комплексного змінного; теорія Бесселевих функцій; теорія рядів Фур'є та методи спектрального аналізу; теорія автоматичного керування; теорія автоматизованого електроприводу; теорія напівпровідникових перетворювачів; чисельні методи, методи наближень, апроксимації та інтерполяції; методи техніко-економічного аналізу; перевірка достовірності основних теоретичних висновків та аналітичних роз-

рахунків шляхом експериментальних досліджень та дослідної апробації в промисловості.

Автор захищає такі основні наукові та практичні результати роботи:

1. Результати дослідження порівняльної ефективності систем динамічного навантаження з модуляцією параметрів напруги живлення.

2. Спосіб побудови та результати дослідження системи автоматичної стабілізації навантаження АД протягом проведення випробувань.

3. Способи реалізації систем динамічного навантаження АД з амплітудною модуляцією напруги живлення на повністю та не повністю керованих силових ключах.

4. Метод ідентифікації параметрів асинхронних двигунів при їх динамічному навантаженні.

Наукова новизна.

1. Розроблені основні способи реалізації режиму динамічного навантаження АД шляхом амплітудної модуляції (АМ) напруги живлення, які задовольняють вимогам одержання заданого навантажувального режиму.

2. Вперше розроблена методика аналізу порівняльної ефективності систем динамічного навантаження АД з АМ напруги живлення шляхом дослідження рівня створюваної знакозмінної потужності, що циркулює між двигуном, який навантажується, та живильною мережею.

3. Розроблений оригінальний спосіб аналізу порівняльної ефективності систем динамічного навантаження АД з АМ напруги живлення шляхом дослідження зміни за часом векторних діаграм

статорної напруги АД.

4. Розроблена система стабілізації навантаження АД шляхом підтримки заданого діючого струму під час динамічного навантаження, яка дозволяє із заданою точністю та швидкістю підтримувати необхідний режим навантаження при дії випадкових відхилюючих факторів.

5. Розроблена структура автоматизованого комплексу динамічного навантаження АД, який дозволяє проводити комплексний аналіз стану двигуна, що випробується.

Практична цінність. Результати досліджень, виконаних в дисертації, можуть бути використані для створення високо-ефективного обладнання для проведення навантажувальних випробувань в умовах електроремонтних та електромашинобудівних підприємств.

Реалізація результатів дослідження. Результати дослідження були використані при розробці та створенні автоматизованого стенду динамічного навантаження асинхронних двигунів у електроремонтному цеху №7 АТ "Електромашпромсервіс" (м. Кривий Ріг). Річний економічний ефект від впровадження системи ДН АД склав 126.7 млн. крб (у цінах вересня 1994 р.).

Апробація дисертаційної роботи. Основні положення та результати дисертації доповідалися та отримали схвальну оцінку на 2-й Міжнародній науково-технічній конференції "Актуальні проблеми фундаментальних наук" (секція "Електроніка та електротехнічні процеси") в МДУ ім. Баумана (Москва, 1994 р.); на науково-технічній конференції країн СНД "Енергозбереження, електроспоживання, електрообладнання" в РХТУ ім. Менделєєва (Новомосковськ Тульської обл., 1994р.).

Публікації. За наслідками виконаних досліджень опубліковано 6 друкованих робіт, подано 2 заявки на винаходи.

Структура та обсяг роботи. Дисертація складається із вступу, п'яти глав та висновків і викладена на 135 сторінках машинописного тексту, містить 58 малюнків, 14 таблиць, бібліографічний покажчик, що містить 119 джерел, та додатки.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

Все зростаючі вимоги до якості відремонтованих АД потребують проведення випробувань, які дозволять дати достовірну оцінку стану машини й зробити висновки про можливість її подальшої експлуатації на виробництві. Критерієм придатності двигуна до промислового використання є результати його випробувань під навантаженням. Необхідність таких випробувань обумовлена тим, що технологія ремонту АД погіршує магнітні властивості сталі статора. Крім того, значна доля ручної праці та розкид характеристик ремонтних матеріалів припускають наявність прихованих механічних та електричних дефектів у зібраному двигуні. Але виявити такі відхилення неможливо без проведення випробувань під струмовим та електромеханічним навантаженням.

Аналіз способів навантажувальних випробувань поданий у роботах багатьох авторів, зокрема Азікіна Р. І., Гольдберга О. Д., Долгошеева Е. А., Лерве Г. К., Коварського С. М., Котеленця Н. Ф., Кочубієвського І. Д., Кривницького М. Я., Кузнецова Н. Л., Мандича Н. К., Талія І. І., Янка Ю. І. Незважаючи

на існуючу різноманітність, традиційні способи проведення навантажувальних випробувань не відповідають специфіці роботи електроремонтного підприємства, коли до ремонту та на випробувальну дільницю надходить "випадковий" двигун "випадкової" потужності. Необхідність з'єднання валів машин, що випробується, та навантажувального пристрою потребує застосування навантажувального пристрою на максимальну потужність двигуна. Крім того, для випробування АД за найбільш розповсюдженим методом взаємного навантаження необхідна наявність двох мереж із різними частотами або застосування спеціального редуктора, що практично неможливо на електроремонтних підприємствах. Тому навантажувальні випробування АД на практиці, як правило, не проводяться, що, в свою чергу, не дає можливості провести об'єктивний контроль якості їх ремонту. Іншим суттєвим недоліком традиційних навантажувальних систем є неможливість виявлення ряду механічних дефектів (дисбаланс ротора, неспівосність ротора та розточка статора, перекошення підшипників, ненадійне кріплення обмоток та ін.).

Для вдосконалення контролю якості ремонту АД у дисертації пропонується метод їх динамічного навантаження (ДН). Суть методу полягає у формуванні періодичних енергообмінних процесів між АД, що випробується, та мережею живлення. При цьому безперервне слідування процесів перетворення електричної енергії в кінетичну енергію мас, що обертаються, або енергії магнітного поля, кінетичної енергії в електричну і т.п. адекватне безперервному процесові навантаження. У ролі накопичувачів енергії виступають ротор, що обертається, та система обмоток із відповідними індуктивностями. Вираз для

потужності трьохфазного АД при ДН має вигляд:

$$P(t) = \sqrt{2} \frac{d}{dt} f^2(t) + \frac{1}{\Omega^2 L_m} \frac{d}{dt} \frac{U_a^2(t) + U_b^2(t) + U_c^2(t)}{f^2(t)} \quad (1)$$

Для формування режиму ДН АД у роботі пропонується використання способу амплітудної модуляції (АМ) фазних статорних напруг. Модульована за синусоїдальним законом напруга

$$U(t) = U_s \sin(\omega t + \varphi) (1 + \beta \sin(\Omega t + \psi)) \quad (2)$$

де ω - кругова частота мережі; Ω - кругова частота модулюючого сигналу; φ - зсув фази напруги мережі; ψ - зсув фази модулюючого сигналу; α, β - коефіцієнти, що характеризують глибину модуляції. На мал. 1 подані криві струму статора,

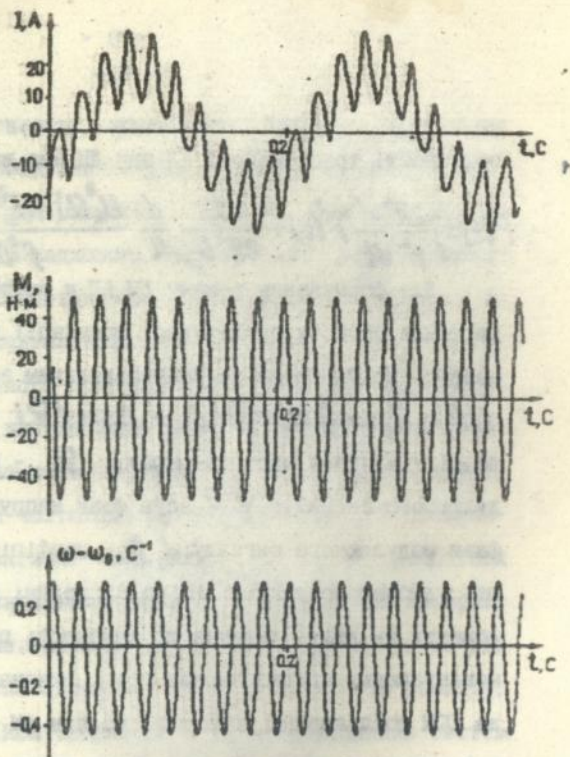
моменту на валу двигуна та швидкості ротора при динамічному навантаженні згідно виразу (1). Виконані шляхом моделювання на ЕОМ дослідження показали, що при АМ формується знакозмінний момент на валу АД, амплітуда якого може варіюватися від

$M_{x.k.}$ до $(4 - 5) M_{ном}$. Одержання знакозмінного моменту навантаження неможливе в будь-яких інших системах випробувань нединамічного типу. Знакозмінний момент дозволяє безпосередньо в ході навантажувальних випробувань оцінити рівень шуму та вібрації двигуна, виявити вказані раніше механічні дефекти. Крім того, знакозмінний момент більш точно, ніж статичний, імітує навантаження двигунів, що працюють у режимах частих реверсів (наприклад, у металургійному виробництві - до 2000 реверсів за годину).

Аналіз порівняльної ефективності систем ДН з АМ напруги живлення за рівнем створюваної знакозмінної потужності, що циркулює між мережею та двигуном, проведено для крайніх значень кутів зсуву фаз φ та ψ . Для першого режиму здійснення

АМ зсув між фазами модулюючої напруги відсутній, у другому та третьому режимах модулююча напруга має порядок чергування фаз, що співпадає з порядком чергування фаз напруги мережі та зворотній по відношенню до нього відповідно. У табл. 1 приведені одержані вирази для миттєвої потужності $P(t)$. Аналіз виявив, що при заданій глибині модуляції найбільший діапазон зміни потужності, а, отже,

і найбільший рівень навантаження досягається при $\gamma_A = \gamma_B = \gamma_C = 0$ та при частоті модуляції, близькій до частоти мережі ($\Omega = \omega$). Виявлено, що режим 2 (табл. 1) не є ефективним незалежно від співвідношення частот Ω і ω . Криві зміни потужності при різних режимах АМ напруги живлення подані на мал. 2. На мал. 3 показані криві зміни потужності у функції глибини модуляції, які підтверджують висновок, зроблений раніше.



Мал. 1. Криві струму статора, моменту на валу та шкорості ротора при ДН з АМ напруги живлення.

Табл. 1

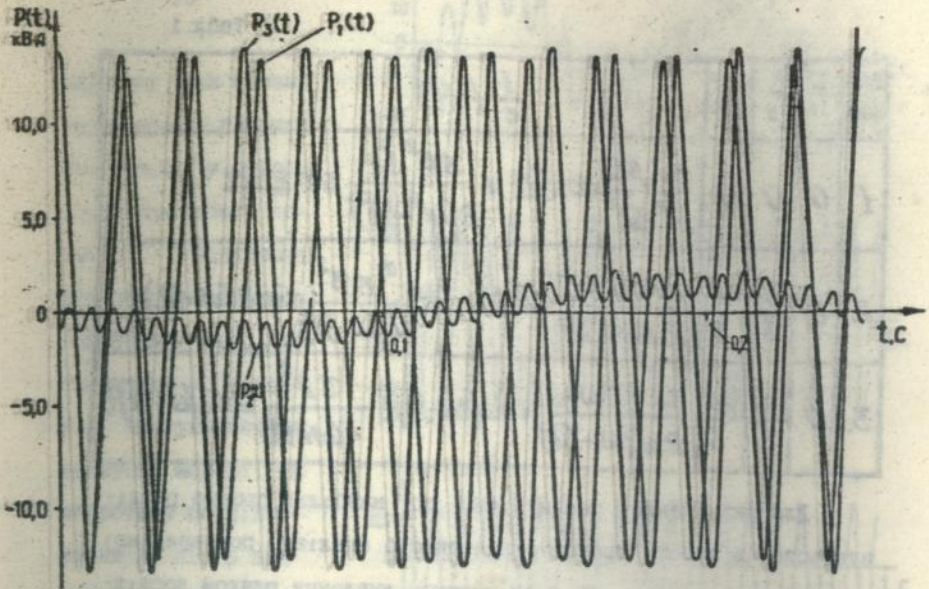
ре- жим	ψ_A	ψ_B	ψ_C	$\frac{1}{c} P(t)$
1	0	0	0	$\frac{3\alpha\beta\Omega}{\omega^2 - \Omega^2} \cos \Omega t + \frac{3\beta^2 \Omega}{2(\omega^2 - \Omega^2)} \sin 2\Omega t$
2	0	$\frac{2\Omega}{3}$	$\frac{4\Omega}{3}$	$\frac{3\alpha\beta(2\omega + \Omega)}{2\omega(\omega + \Omega)} \cos(2\omega + \Omega)t - \frac{3\beta^2}{4(\omega - \Omega)} \sin 2(\omega - \Omega)t$
3	0	$\frac{2\Omega}{3}$	$\frac{4\Omega}{3}$	$\frac{3\alpha\beta(2\omega - \Omega)}{2\omega(\omega - \Omega)} \cos(2\omega - \Omega)t - \frac{3\beta^2}{4(\omega + \Omega)} \sin 2(\omega + \Omega)t$

Для визначення режиму АМ, що найбільш просто реалізується, в роботі пропонується спосіб аналізу порівняльної ефективності систем ДН з АМ напруги живлення шляхом дослідження зміни за часом векторних діаграм трифазної напруги. Вектор фазної напруги є сумою трьох векторів: нерухомого вектора довжиною $d = \text{const}$ з фазов $\psi_{A,B,C}$ та двох векторів, що обертаються у протилежні боки, довжиною $\frac{B}{2} = \text{const}$ з фазами

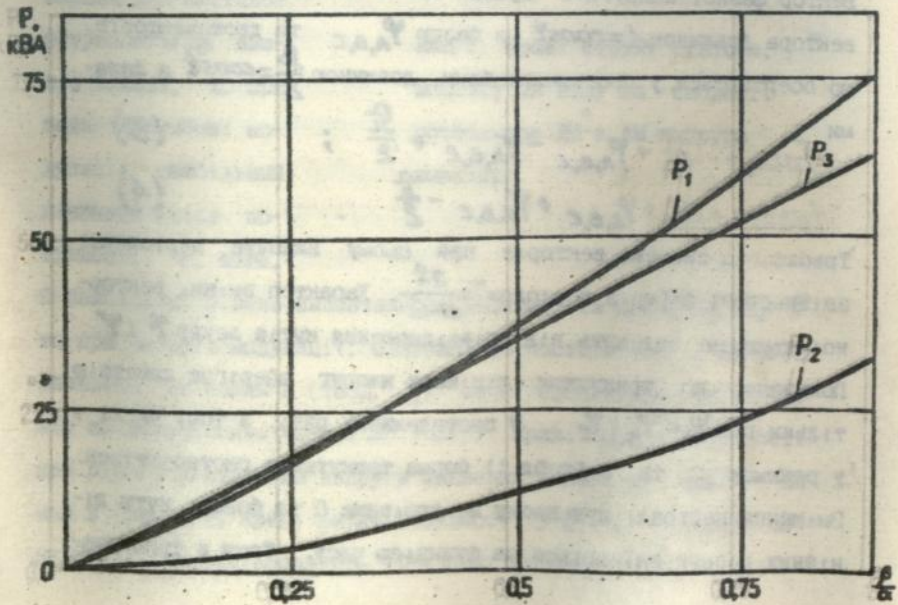
$$\text{faza}_1 = -\Omega t + \psi_{A,B,C} - \psi_{A,B,C} + \frac{\Omega}{2}; \quad (3)$$

$$\text{faza}_2 = +\Omega t + \psi_{A,B,C} + \psi_{A,B,C} - \frac{\Omega}{2}. \quad (4)$$

Трифазна система векторів при цьому виконує періодичні зміни своєї форми з періодом $T = \frac{2\pi}{\omega - \Omega}$. Характер зміни векторної діаграми залежить від співвідношення кутів зсуву $\psi : \psi'$. Показано, що трикутник лінійних напруг зберігає симетрію тільки при $\psi_A = \psi_B = \psi_C$. У протилежному разі, в тому числі і у режимах 2 та 3 (табл. 1) форма трикутника спотворюється. Зміщення нейтралі при цьому не дорівнює 0 та фазові кути лінійних напруг змінюються за функцією часу. Тому в трипрово-



Мал. 2. Криві $P(t)$ при різних режимах АМ напруги живлення.



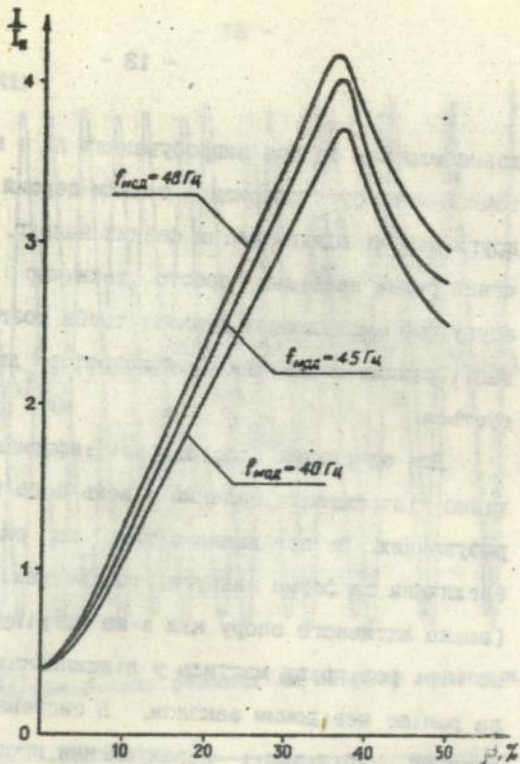
Мал. 3. Криві потужності в функції глибини модуляції.

дових мережах та при випробуваннях АД з недоступною нульовою точкою може бути одержаний тільки перший режим модуляції напруги мережі шляхом зміни фазних напруг. Таким чином, зазначений режим найбільш просто технічно реалізується. Зміну асуву фаз модулюючої функції треба розглядати як засіб імітації різних механічних дій на ротор двигуна, що випробується.

Для одержання достовірної інформації про стан АД необхідно підтримувати заданий рівень його навантаження при випробуваннях. Це пов'язано з тим, що ряд параметрів мережі (величина та форма напруги) та двигуна, який випробується (зміна активного опору кід а-ва нагріву, зміна моменту опору по мірі розігріву мастила у підшипниках та ін.), змінюється за раніше невідомим законом. В системах ДН АД як основний принцип стабілізації навантаження пропонується використання одержаної залежності діючого струму фази статора від глибини модуляції. При цьому потрібний рівень механічного навантаження на ротор створюється "автоматично" при вірному виборі частоти та кутів асуву фаз модулюючої функції. На мал. 4 подана одержана залежність, яка характеризує діапазон навантаження при ДН з амплітудною модуляцією напруги живлення. Робоча зона регулювання навантаження $(0.6 - 2.0) I_{ном}$ достатньо точно апроксимується прямою.

Вимогами до системи стабілізації навантаження є можливість підтримання заданого діючого струму статора у діапазоні $(0.6 - 2.0) I_{ном}$, час регулювання - до чотирьох періодів повторення кривої струму при точності регулювання не гірше

Робота системи стабілізації навантаження (САУ-Н) здійснюється циклічно відповідно до періоду повторення кривої струму $T = \frac{2\pi}{\omega - \Omega}$, який є періодом інтегрування для знаходження величини I . Зменшення T дає можливість поліпшити швидкодію системи, але потребує зменшення частоти модуляції, що



Мал. 4. Залежності $I(\beta)$ для різних частот модуляції

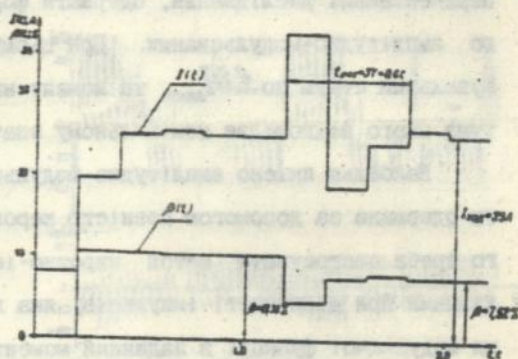
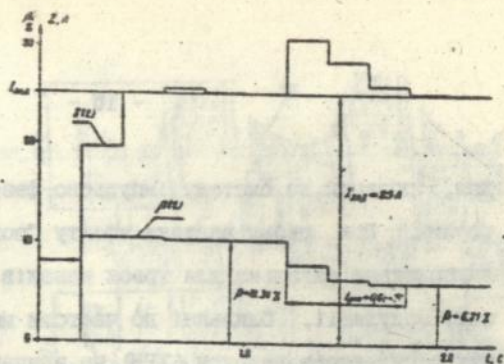
приводить до зниження ефективності навантаження. Протягом інтервалу T миттєві значення фазного струму записуються у масив. По закінченні інтервалу робиться розрахунок та корекція глибини модуляції β . Поправка $\Delta\beta = k(I_{доп} - I)$, де I - фактичне значення діючого струму фази статора, відмінне від заданого $I_{доп}$ через вплив відхиляючих факторів; k - коефіцієнт зв'язку β та I . Математичне моделювання САУ-Н на БОМ виявило високу ефективність запропонованого способу стабілізації навантаження. На мал. 5а

показані залежності $I(t)$ та $\beta(t)$ при ступеневому збільшенні напруги мережі на 30%, тобто понад межі, встановленої

Держстандартом. На мал. 5б показані залежності $I(t)$ та $\beta(t)$ при ступеневому збільшенні моменту опору від 0 до M_{max} . Аналіз роботи САУ-Н за ДІІ ЦНХ та інших відключених факторів виявив, що робота системи відповідає поставленим вимогам. Час регулювання не перевищує $3T$.

при точності регулювання 5%, відносно перерегулювання за діючим струмом $\delta < 20\%$.

Для реалізації АМ живлячої напруги доцільно використати силові напівпровідникові ключі. Найбільш простим є застосування не повністю керованих ключів (тиристри з природної комутацією). У роботі показано, що для одержання модульованої напруги необхідно використати періодичний керівний сиг-



Мал. 5. Робота системи стабілізації навантаження: а - при нахилі напруги мережі; б - при нахилі моменту опору.

над, поданий на систему імпульсно-фазового керування тиристорами. При цьому завдяки ефекту "розподілу фаз" може бути використана загальна для трьох каналів керівна дія при частоті модуляції, близької до частоти мережі. Схеми тиристорних регуляторів напруги (ТРН) на звичайних тиристорах є найбільш простими й дозволяють, як показали теоретичні та експериментальні дослідження, одержати форму та спектр, близькі до амплітудно-модульованих. При цьому досягається навантажувальний струм до $1.8 I_{ном}$ та момент на валу двигуна, амплітуда якого відповідає номінальному значенню.

Найбільш якісно амплітудно-модульована напруга може бути одержана за допомогою повністю керованих ключів. Для цього треба застосувати метод широтно-імпульсного управління ключами при щільності імпульсів, яка визначається значеннями модулюючої функції в заданий момент часу

$$\gamma(t) = \alpha + \beta \sin(\Omega t + \varphi) \quad (5)$$

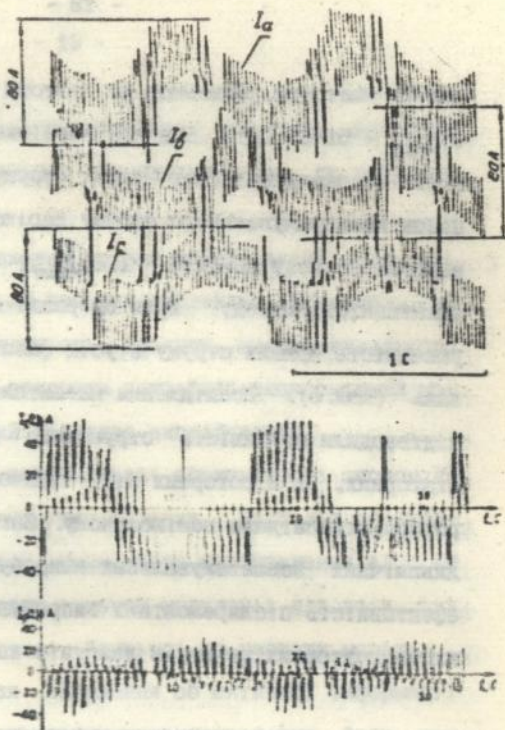
При цьому "вага" гармонік з частотами, відмінними від $f_{мережі}$ та $f_{мережі} \pm f_{мод}$, не перевищує 3% незалежно від співвідношення $f_{мережі}$ та $f_{мод}$ і може бути зменшена за рахунок підвищення частоти комутації ключів.

Суттєвою особливістю методу ДН АД шляхом АМ статорної напруги є можливість ідентифікації параметрів АД безпосередньо під час навантажувальних випробувань. У роботі показується, що методика розрахунку параметрів складається з двох етапів. Спочатку, під час досліду неробочого режиму (обов'язкова частина будь-яких випробувань АД) визначаються активний опір статорного ланцюга та величина сумарного індуктивного опору статора та контура намагнічування. Потім

на основі даних навантажувального режиму розв'язується система рівнянь відповідно до схеми заміщення для різних частот напруги живлення та визначаються решта параметрів двигуна. Подальший розрахунок механічних характеристик АД дає можливість робити висновки про його придатність до конкретних умов експлуатації. У той же час визначення теплового стану контрольних точок АД,

рівня шумів та вібрацій окремих вузлів та двигуна в цілому дозволяє оцінити якість ремонту двигуна.

Експериментальні дослідження системи ДН АД були проведені в умовах електрремонтного цеху №7 АТ "Електромашпромсервіс" (м. Кривий Ріг). Режим ДН був реалізований за допомогою ТРН на тиристорах із природною комутацією. Як керівна дія був використаний загальний задавальний синусоїдальний сиг-



Мал. 6. Експериментальні криві статорних та роторних струмів при динамічному навантаженні.

нал із частотою, близькою до частоти мережі ($f_{\text{мер}}$ - 40-49 Гц та $f_{\text{мер}}$ - 51-60 Гц). Під час досліджень була одержана подібність експериментальних кривих струму до розрахункових. Діапазон навантажувального струму варіювався в межах від струму неробочого ходу до $(1.5 - 1.8)I_{\text{ном}}$, що підтверджує високу ефективність методу. Були одержані однакові форми та повторюваність кривих струму в усіх фазах АД протягом випробувань (мал. 6). Дослідження навантаження АД з фазним ротором підтвердили можливість струмового навантаження не тільки статорних, а й роторних кіл, причому діюче значення струму ротора відповідало номінальному. Загалом впровадження стенду динамічних навантажувальних випробувань дозволило підвищити ефективність післяремонтних випробувань АД і знизити кількість повторних ремонтів двигунів за рекламціями на ЗЗК.

ОСНОВНІ РЕЗУЛЬТАТИ ТА ВИСНОВКИ

У дисертації дано розв'язання актуальної наукової задачі по підвищенню ефективності післяремонтних випробувань АД на основі розробки системи динамічного навантаження з амплітудною модуляцією напруги живлення.

Основні наукові та практичні висновки й рекомендації дисертації:

1. Доведена необхідність обов'язкового проведення навантажувальних випробувань АД як завершальної стадії контролю якості їх ремонту. Найбільш придатними для проведення таких випробувань в умовах електроремонтного підприємства є системи динамічного навантаження АД, які задовольняють спе-

щифці роботи підприємства та дозволяють простими засобами одержати об'єктивну інформацію про стан двигуна, що випробується.

2. Проведено дослідження рівня навантаження АД у разі використання систем ДН з АМ напруги живлення. Показано, що такі системи дають можливість досягти навантажувального струму статора до $4I_{ном}$ і створити потрібний знакозмінний момент на валу двигуна, який підлягає випробуванню.

3. Виконаний аналіз порівняльної ефективності систем ДН з модуляцією параметрів напруги живлення. Найбільш ефективними слід вважати системи динамічного навантаження АД з АМ напруги живлення з однаковим законом модуляції для всіх фаз статора при частоті модуляції, близької до частоти мережі.

4. Показано, що для одержання об'єктивної інформації про стан АД необхідно підтримання заданного рівня його навантаження при діянні випадкових відхилюючих факторів. Параметром, що характеризує рівень навантаження, необхідно вибрати діюче значення струму фази статора.

5. Досліджена робота системи стабілізації навантаження АД шляхом підтримання діючого струму фаз статора. Показано, що такий спосіб підтримання рівня навантаження дозволяє одержати потрібні статичні та динамічні характеристики режиму стабілізації навантаження.

6. Розроблені шляхи практичної реалізації АМ напруги живлення в системах динамічного навантаження. Показано, що найбільш простим є використання ТРН з природною комутацією вентилів, яке дозволяє одержати форму й спектральний склад навантажувального струму, який відповідає струмові при жив-

ленні АД амплітудно-модульованою напругою, при величині навантажувального струму до $18 I_{ном}$

7. Визначено, що для забезпечення потрібної якості амплітудної модуляції напруги живлення треба використовувати тиристорні регулятори на повністю керованих ключах та метод ШІМ формування АМ напруги.

8. Розроблений математичний апарат розрахунку параметрів схеми заміщення двигуна при його динамічному навантаженні з АМ напруги живлення. На базі розрахунку робиться висновок про якість ремонту АД та його подальше використання у виробництві.

9. Розроблена структура автоматизованного навантажувального комплексу на базі спеціалізованої ЕОМ, яка виконує функції збору та обробки діагностичної інформації та формування керівної дії для підтримки заданого рівня навантаження.

10. Впровадження систем ДН АД з АМ напруги живлення в електроремонті дозволило одержати значний економічний ефект за рахунок зниження часу підготовчих робіт при навантажувальних випробуваннях, вивільнення виробничих площ та умовного вивільнення персоналу, який проводить випробування, зниження затрат, пов'язаних із відшкодуванням збитків від рекламаций.

Основні положення дисертації опубліковані в таких роботах:

1. Оценка эффективности систем динамического нагружения асинхронных двигателей / Родькин Д. И., Давидович В. М., Алистратенко Ю. В. // Электротехника, 1994г., №1, с. 9-14.

2. Устройства динамического нагружения асинхронных двигателей при амплитудной модуляции напряжения / Давидкович В. М., Родькин Д. И. // Электротехника, 1994г., N5-6, с. 58-62.
3. Автоматизированные комплексы для диагностики электрических машин при их динамическом нагружении / Родькин Д. И., Давидкович В. М., Алистратенко Ю. В. // Актуальные проблемы фундаментальных наук (тез. докл. 2-ой Международной науч.-техн. конф.) М.: Изд. МГУ, 1994, т. 7.
4. Системы динамического нагружения электрических машин как новый тип энергосберегающего испытательного оборудования / Родькин Д. И., Давидкович В. М., Робалино Ванегас Д. М. // Энергосбережение, электропотребление, электрооборудование (тез. докл. науч.-техн. конф. СНГ) М.: Изд. МЭИ, 1994-с. 88-89.
5. Динамическое нагружение асинхронных двигателей при амплитудной модуляции напряжения питания / Давидкович В. М., Родькин Д. И. // В сб. "Автоматизация в горной промышленности". - Кривой Рог, 1994г. N1.
6. Тиристорные системы динамического нагружения асинхронных двигателей / Родькин Д. И., Давидкович В. М., Алистратенко Ю. В., Максимов М. Н. // Депонир. в УкрИНТЭМ. 23.07.92, N1124 - Ук. 94-18с.

Давидкович В. М. Системы динамического нагружения асинхронных двигателей с амплитудной модуляцией напряжения питания.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата тех-

418059

нических наук по специальности 05.09.03 - "Электротехнические комплексы и системы, включая их управление и регулирование", Институт проблем энергосбережения НАН Украины, Киев, 1995.

Защита диссертация, содержащая исследование систем динамического нагружения асинхронных двигателей (СДН АД) с амплитудной модуляцией питающего напряжения. Установлено, что наиболее эффективным является использование общей модулирующей функции с частотой модуляции, близкой к частоте сети. Показано использование зависимости действующего тока статора от глубины модуляции для стабилизации нагрузки. Представлены результаты экспериментальных исследований СДН АД.

Davidkovich V.M. Induction Motors Dynamically Loading Systems with Amplitude-Modulated Supply Voltage.

Candidate of Sciences Degree dissertation work in speciality 05.09.03 "Electrical Engineering complexes and systems including their control and regulation". National Academy of Sciences, Institute of Energysaving Problems, Kiev, 1995.

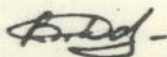
Dissertation, containing research of induction motors dynamically loading test systems with amplitude-modulated voltage, is defended. The method of using common modulating function with frequency, close to the frequency of supply voltage, is the most effective one. The application of stator current as a function of a degree of modulation for load stabilization purposes is demonstrated. The results

of the experimental research are presented.

Ключові слова:

асинхронний двигун, динамічне навантаження, стабілізація навантаження.

Здобувач



Давидкович В. М.

Подписано к печати 14.02. 1995 г.
Бумага офсетная. Усл. - печ. лист. 1,0.
Тираж 100 экз.

Формат 60x84/16
Усл. - изд. лист. 1,0.
Бесплатно.

Отпечатано в Институте проблем энергосбережения НАН
Украины.
252070, Киев-70, ул. Покровская, 11.

448059

