

УДК 621.317.7

Ю.М. Наконечний

Національний університет "Львівська політехніка",
кафедра "Інформаційно-вимірвальна техніка",СПОСОБИ КЕРУВАННЯ АСИНХРОННИМ
ДВОФАЗНИМ ДВИГУНОМ

© Наконечний Ю.М., 2002

Розглянуто способи керування швидкістю асинхронних двофазних двигунів та виконано їх порівняльний аналіз.

Methods of speed control of asynchronous two-phase engine and conduct of their comparative analysis.

У сучасних автоматичних пристроях, призначених для вимірювання теплових і електричних величин, як виконавчі елементи широко застосовуються асинхронні двофазні двигуни з короткозамкнутим ротором. Використання порівняно простих і дешевих асинхронних двигунів часто дає змогу значно покращити метрологічні характеристики таких пристроїв й істотно підвищити їх надійність, а також отримати економію, оскільки вартість асинхронного двигуна разом із схемою керування значно нижча від вартості двигуна постійного струму.

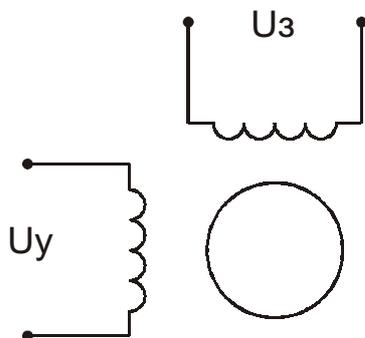


Рис. 1. Схема увімкнення асинхронного двофазного двигуна

Схема увімкнення асинхронного двофазного двигуна наведена на рис.1, де: U_y – напруга на обмотці управління двигуна (напруга управління); U_z – напруга на обмотці збудження двигуна (напруга збудження).

Управляють двигуном, змінюючи величини, що впливають на його роботу. Таких величин в асинхронних двофазних двигунах може бути виділено чотири: амплітуда напруги управління, амплітуда напруги збудження, кут зсуву фаз φ між напругами збудження та управління і частота f напруги живлення.

Способи управління швидкістю обертання ротора асинхронного двофазного двигуна впливають з теорії створення обертового магнітного поля в статорі двигуна. Як відомо, зміна напруги управління U_y або зміна кута фазового зсуву між векторами напруг φ , які подаються на обмотки управління і збудження двигуна, приводять до зміни обертового магнітного поля статора і тим самим до зміни швидкості обертання ротора двигуна.

Для регулювання швидкості асинхронних двофазних двигунів амплітудний, фазовий, амплітудно-фазовий і частотний способи управління.

Амплітудне управління, схема реалізації якого наведена на рис. 2, полягає у зміні напруги управління (або напруги збудження) при підтриманні постійною напруги збудження (або управління) або при одночасній зміні напруг управління і збудження.

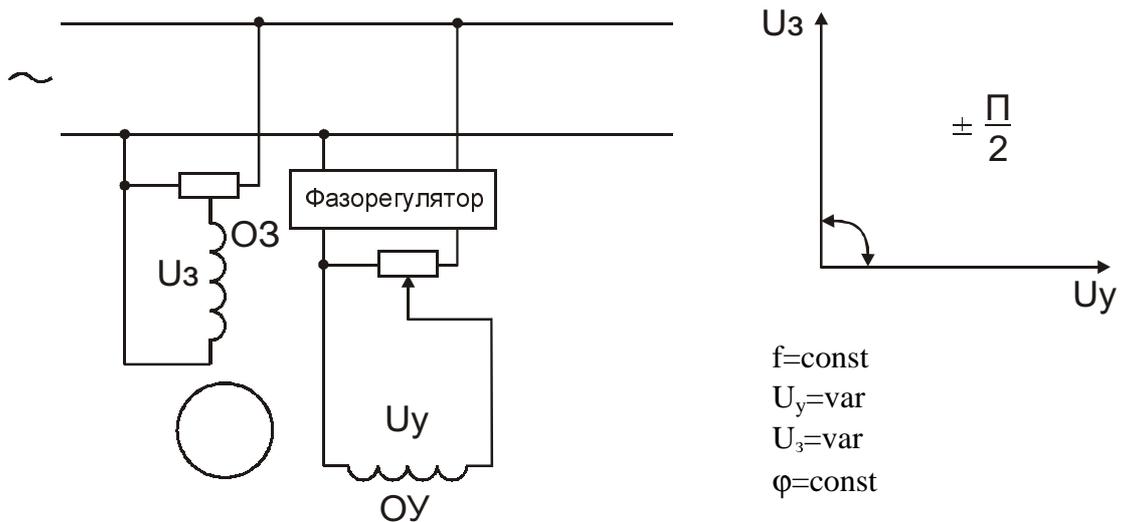


Рис. 2. Амплітудний спосіб управління асинхронним двофазним двигуном

Кут зсуву фаз φ і частота напруги живлення f підтримуються постійними, причому кут зсуву фаз φ становить $\pm\pi/2$, де знак “+” відповідає прямому напрямку обертання двигуна, а знак “-” зворотному. Необхідно зазначити, що через вимоги, які ставляться до нагріву двигуна, а також його конструктивних особливостей, напруги управління і збудження обмежені граничними значеннями $U_{y.z.}$, $U_{z.z.}$:

$$\begin{aligned} U_y &\leq U_{y.z.} \\ U_z &\leq U_{z.z.} \end{aligned} \quad (1)$$

При фазовому управлінні, схема якого наведена на рис.3, амплітудні значення напруг управління і збудження і частота живлення підтримуються постійними, а управління здійснюється за рахунок зміни кута зсуву фаз, причому кут зсуву фаз змінюється в межах від $+\pi/2$ до $-\pi/2$ і відповідно обмежений за абсолютним значенням:

$$|\varphi| \leq \pi/2 \quad (2)$$

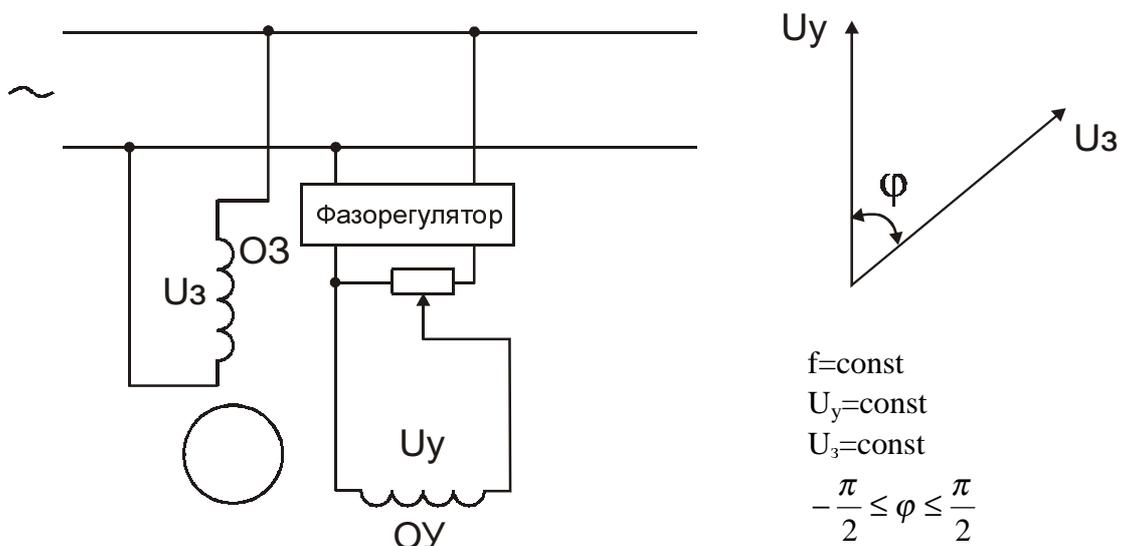


Рис. 3. Фазовий спосіб управління асинхронним двофазним двигуном

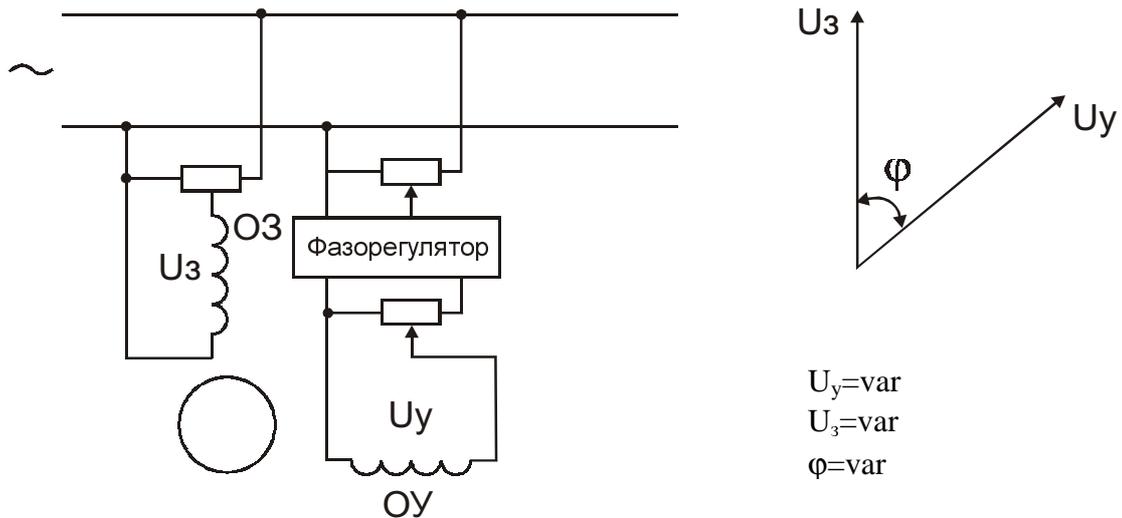


Рис. 4. Амплітудно-фазовий спосіб управління асинхронним двофазним двигуном

Амплітудно-фазове управління, схема якого наведена на рис. 4, полягає в одночасній зміні величин напруги управління (збудження) або обох разом і кута зсуву фаз.

Частота живлення залишається незмінною. До амплітудно-фазового може бути віднесено і так зване конденсаторне управління, при якому послідовно з обмоткою збудження вмикається ємність для створення зсуву фаз. У такому разі при зміні напруги управління змінюється кут зсуву фаз і напруга збудження внаслідок зміни напруги в обмотці збудження.

Частотне управління, схема якого подана на рис. 5, забезпечується зміною частоти напруги живлення двигуна.

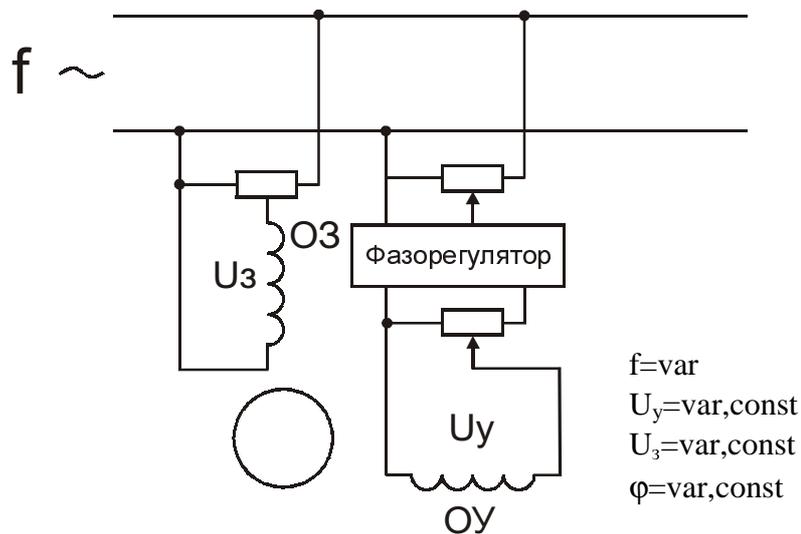


Рис. 5. Частотне управління асинхронним двофазним двигуном

Величини напруг управління і збудження і кут зсуву фаз можуть як підтримуватися постійними, так і змінюватися

Для наочності всі згадані способи управління зведені в таблицю.

Способи управління асинхронним двофазним двигуном

Вхідні параметри	Способи управління					
	Амплітудне		фазове	Ампліт-фазове		Частотне
	АУ-1	АУ-2		АФУ-1	АФУ-2	
U_y	var	var	const	var	Var	var/const
U_3	var	var	const	var	Const	var/const
φ	const	const	var	var	Var	var/const
f	const	const	const	const	Const	Var

У сучасних автоматичних системах здебільшого застосовують перші три вказані способи. Розглянуті способи управління забезпечують досить широкий діапазон регулювання кутової швидкості ротора, який визначається співвідношенням мінімальної та максимальної кутових швидкостей. У виконавчих мікродвигунів він досягає 1/100 – 1/200.

Механічні і регулювальні характеристики виконавчих асинхронних мікродвигунів у відносних одиницях ($\omega_2^s = \frac{\omega_2}{\omega_1} = 1 - s$; $M^s = \frac{M}{M_{no}}$) відповідно наведені на рис. 6 і 7 для найпоширеніших у схемах автоматики амплітудного (а), фазового (б) і амплітудно-фазового (в) способів управління [2].

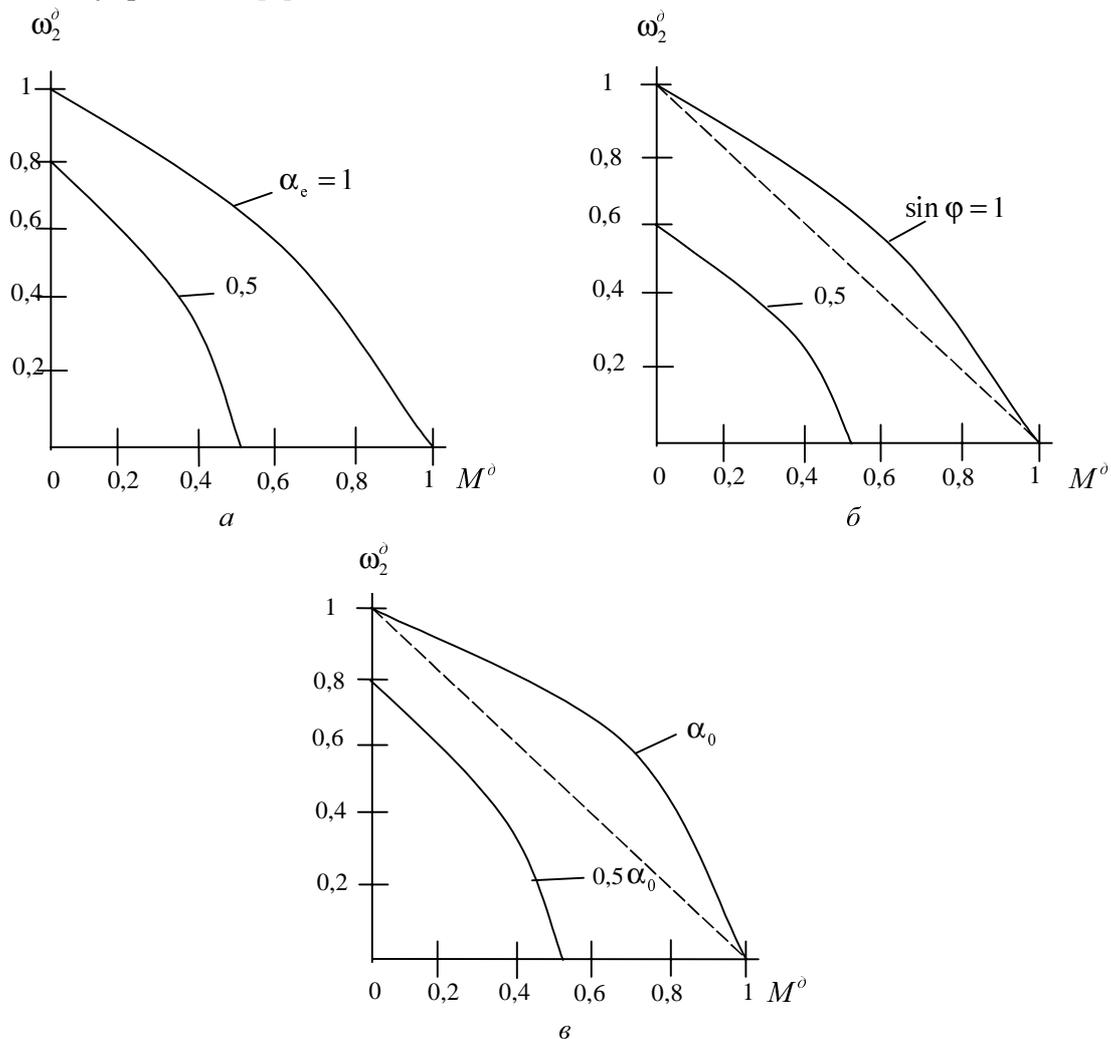


Рис. 6. Механічні характеристики мікродвигунів для амплітудного (а), фазового (б) і амплітудно-фазового (в) способів управління

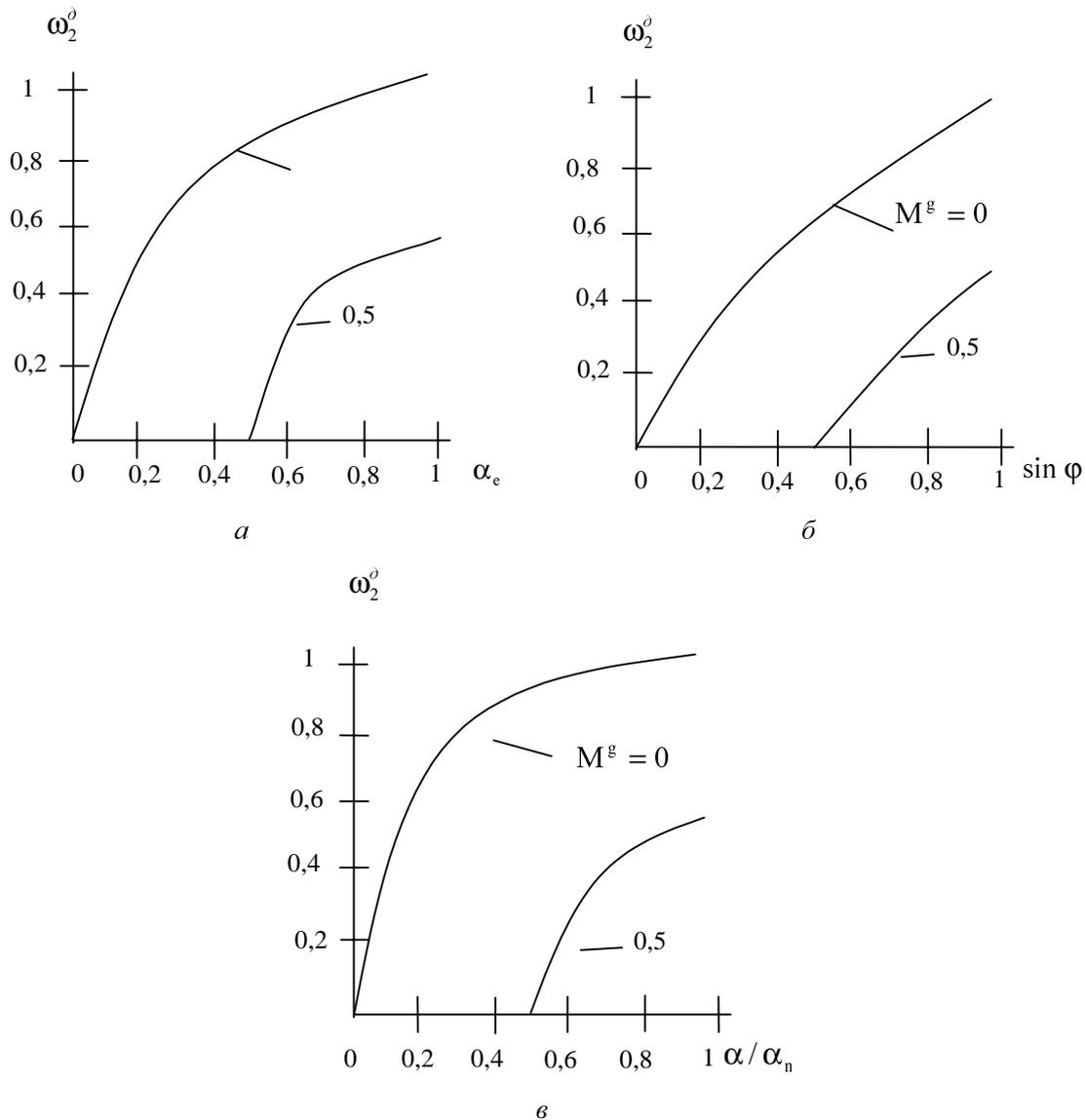


Рис. 7. Регулювальні характеристики мікродвигунів для амплітудного (а), фазового (б) і амплітудно-фазового (в) способів управління

Аналіз механічних характеристик показує, що при всіх способах управління характеристики нелінійні і їх жорсткість зменшується із зменшенням сигналу управління. Як видно з рис. 6 і 7, найлінійнішими є механічні характеристики при фазовому управлінні, причому жорсткість характеристик практично не змінюється у разі зміни коефіцієнта сигналу.

Найменш лінійними є механічні характеристики при амплітудно-фазовому управлінні. При всіх способах управління механічні характеристики забезпечують стійкість роботи у всьому діапазоні зміни вхідних величин і із зменшенням коефіцієнта сигналу зміщуються в бік менших моментів і кутових швидкостей. Обертний момент і механічна потужність, що розвивається двигуном, найбільші при амплітудно-фазовому управлінні. Це пояснюється тим, що при збільшенні кутової швидкості ротора конденсаторного мікродвигуна збільшуються напруга, магнітний потік обмотки збудження і, відповідно, обертний момент двигуна порівняно з моментом при амплітудному і фазовому управлінні. Недоліком амплітудно-фазового управління є деяке зниження стійкості в області малих кутових швидкостей.

Аналіз регулювальних характеристик (рис. 7) показує, що при всіх способах управління вони нелінійні. Нелінійність характеристик найбільша в режимі неробочого ходу і залежить переважно від тих параметрів двигуна, що і нелінійність механічних характеристик. Найбільш наближеними до лінійних є характеристики мікродвигуна з фазовим управлінням, потім йдуть характеристики з амплітудним і амплітудно-фазовим управлінням.

Пусковий момент при всіх способах управління прямо пропорційний до сигналу управління і у відносних одиницях дорівнює ефективному коефіцієнту сигналу.

Потужністю збудження є потужність, що споживається колом обмотки збудження двигуна

$$P_3 = U_3 I_3 \cos \varphi_3, \quad (3)$$

де φ_3 – кут зсуву між напругою в мережі і струмом в обмотці збудження.

Потужність управління – це потужність, що споживається обмоткою управління мікродвигуна:

$$P_y = U_y I_y \cos \varphi_y, \quad (4)$$

де φ_y – кут зсуву між напругою і струмом в обмотці управління.

Аналіз виразу (4) показує, що при амплітудному управлінні потужність управління виконавчих асинхронних мікродвигунів така, як і при амплітудно-фазовому, і досить сильно залежить від коефіцієнта сигналу. При фазовому управлінні ця потужність із зменшенням коефіцієнта сигналу практично не змінюється. Щодо цього амплітудний і амплітудно-фазовий способи управління мають істотну перевагу над фазовим.

Коефіцієнт корисної дії виконавчих асинхронних мікродвигунів трохи нижчий, ніж у однакових за потужністю асинхронних мікродвигунів загального призначення через підвищений активний опір ротора, причому вищий ККД мають двигуни з амплітудно-фазовим управлінням. Найнижчий ККД у двигунів з фазовим управлінням (за рахунок великої потужності управління). Вищий коефіцієнт потужності мають мікродвигуни з амплітудно-фазовим управлінням завдяки наявності конденсатора в колі збудження ($\cos \varphi = 0,8 \div 0,95$). Слід зазначити, що серед схем живлення виконавчих асинхронних двигунів найбільшою простотою відзначається схема конденсаторного мікродвигуна, оскільки в ній відсутні складні пристрої для зсуву фаз між напругами управління і збудження.

Отже, кожний із розглянутих вище перших трьох способів управління має свої переваги і недоліки, які і зумовлюють його застосування в тій чи іншій системі. Так, амплітудне управління забезпечує максимальний ККД, фазове управління – високу лінійність механічних характеристик.

Амплітудно-фазове управління при простій схемі дає змогу одержати найбільшу механічну потужність. Незважаючи на те, що розглянуті способи управління асинхронними двигунами широко застосовуються в пристроях автоматики і вимірювальної техніки, їх можливості щодо покращання швидкодії і забезпечення плавності регулювання швидкості є досить обмеженими. Тому досить перспективним є частотний спосіб керування, який забезпечує можливість покращання швидкодії двигуна за рахунок виключення складових перехідного процесу, що зумовлені впливом електричних параметрів самого двигуна.

Аналіз частотного способу управління асинхронним двигуном [1] показує, що при його застосуванні разом із забезпеченням плавності регулювання швидкості двигуна можна значно покращати динамічні характеристики системи, в якій використовується цей двигун.

На закінчення слід зазначити, що в кожному конкретному випадку вибір способу управління повинен визначатися умовами роботи системи, ланкою якої є двигун, і вимогами, що ставляться до цієї ланки.

1. Васильев А.И., Анисимов А.С. *Оптимальные процессы в микроэлектродвигових. – М., 1966.* 2. Арменский Е.В., Фалк Г.Б. *Электрические микромашины. – М., 1985.* 3. Лопухина Е.В. *Асинхронные исполнительные микродвигатели для систем автоматизации. – М., 1988.* 4. Юферов Ф.М. *Электрические машины автоматических устройств. – М., 1988.* 5. Поджаренко В., Кухарчук В., Кулаков П. *Аналіз математичних моделей вимірювального перетворення параметрів асинхронних машин // Вимірювальна техніка та метрологія. – 1999. – № 55. – С. 153-159.*

УДК 681.2.08

М. І. Грибок

Національний університет “Львівська політехніка”,
кафедра “Інформаційно-вимірювальна техніка”

ВИМІРЮВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ДВОКОМПОНЕНТНИХ КОМПЛЕКСНИХ ОПОРІВ МЕТОДОМ ЗМІЩЕННЯ СИСТЕМИ КООРДИНАТ ПО СКЛАДОВИХ ОПОРУ І ПРОВІДНОСТІ

© Грибок М.І., 2002

Досліджена можливість вимірювання RLC-параметрів двокомпонентних комплексних опорів у діапазоні частот методом зміщення системи координат по складових опорів.

The two-elements complex resistance RLC - parameters in a range of frequencies by the coordinates system displacement method on the resistance components opportunity is investigated.

1. Вступ. Необхідність вимірювання RLC-параметрів двокомпонентних комплексних опорів у діапазоні частот виникає в багатьох галузях науки і техніки [1,2,3], наприклад в хімії, медицині, геології, геофізиці тощо. Найдосконалішими і перевіреними в практиці вимірювань RLC-параметрів є методи зрівноваження (компенсаційні або мостові), які, на жаль, забезпечують високі метрологічні характеристики лише на фіксованих частотах [1, 2]. Такий самий недолік мають і засоби вимірювання, які використовують фазочутливе детектування [4].

Завдяки інтенсивному впровадженню засобів обчислювальної техніки у вимірювальні експерименти і використанню алгоритмічних методів вимірювань [5, 6] з'явилися кардинально нові можливості вимірювання RLC-параметрів у діапазоні частот. У цьому плані було б цікавим використати метод зміщення системи координат [7 – 12]. Як векторні величини можуть розглядатися комплексний опір, комплексна провідність, комплексні складові потужності та комплексні складові напруги і струму (рис. 1).

Розглянемо лише методи вимірювання RLC-параметрів зі зміщенням координат по складових опорів та провідності (рис. 2 і рис. 3).