

УДК 621.313.33

Б.Т. Кононов, А.О. Нечаус, Н.М. Куравська, Р.Б. Галелюк

Харківський національний університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, Харків

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ДУГОСТАТОРНОГО АСИНХРОННОГО ЕЛЕКТРИЧНОГО ДВИГУНА З КОРОТКОЗАМКНЕНИМ РОТОРОМ

Викладаються результати імітаційного моделювання, в ході якого з'ясується вплив параметрів дугостаторного асинхронного двигуна з короткозамкненим ротором на його характеристики.

Ключові слова: імітаційне моделювання, дуго статорний асинхронний електричний двигун з короткозамкненим ротором, параметри двигуна.

Вступ

Дугостаторний асинхронний електричний двигун з короткозамкненим ротором є перспективним виконавчим пристроєм безредукторних електроприводів, які доцільно використовувати в системах обертання антен РЛС.

Аналіз літератури. В сучасній літературі [1 – 3] в якості основного типу регульованого асинхронного електроприводу з двигунами з короткозамкненим ротором розглядається частотно-регульований електропривод, який дозволяє задовольняти вимоги як по діапазону, так і по якості регулювання частоти обертання та відпрацьовувати потрібні закони руху. При використанні в якості приводного двигуна дугостаторного асинхронного двигуна з короткозамкненим ротором [4], відкритим залишається питання щодо можливості адекватної заміни типу двигуна зі збереженням або покращенням відповідних характеристик.

Метою статті є визначення впливу параметрів дугостаторного асинхронного двигуна на його характеристики для формалізації керуючих впливів системи керування, які забезпечать задані показники надійності та точності роботи двигуна у складі електроприводу.

Основний матеріал

При роботі дугостаторного асинхронного двигуна в умовах його живлення від зовнішньої мережі можливі різного роду негативні впливи, які приводить до відхилення параметрів електричної енергії від номінальних значень. Для своєчасного реагування на відхилення параметрів живлячої напруги від номінальних значень, а також для забезпечення реалізації заданого алгоритму роботи та точності його відпрацювання, в електроприводі передбачають систему керування, керуючі впливи якої спрямовані на реалізацію вимог щодо роботи двигуна.

Для з'ясування процесів, що можуть мати місце під час роботи приводу в умовах збурень, про-

ведено імітаційне моделювання. Дослід проведено на математичній моделі, побудованій в середовищі Matlab.

Адекватність даної моделі, відповідність математичних та натурних дослідів, проведених раніше, відповідають умовам подібності та доведені у [5].

В результаті дослідів отримані часові діаграми основних робочих параметрів двигуна, які представлені на рис. 1 – 4.

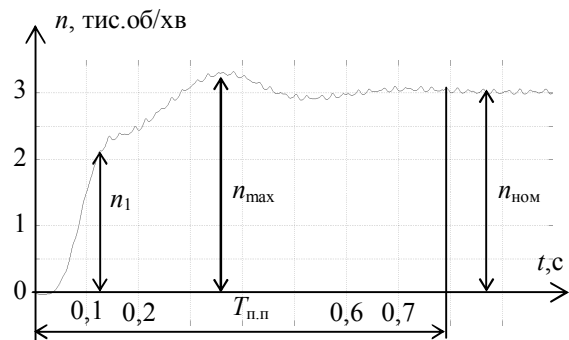


Рис. 1. Часова діаграма швидкості обертання двигуна

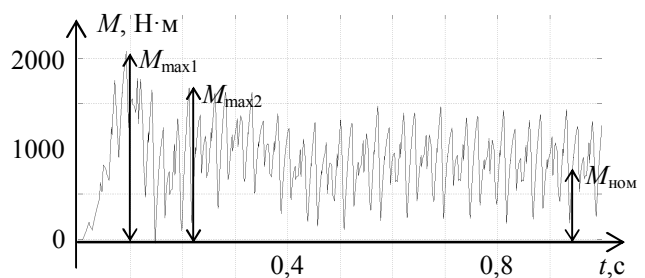


Рис. 2. Часова діаграма механічного моменту на валу двигуна

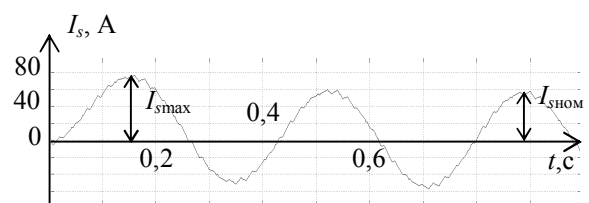


Рис. 3. Часова діаграма струму статора

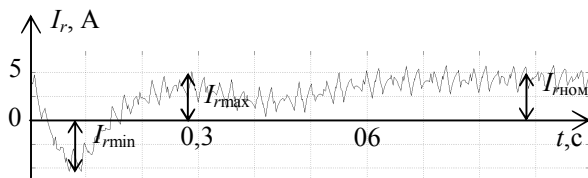


Рис. 4. Часова діаграма струму ротора

На діаграмах позначені деякі характеристики, які бралися до уваги при визначенні впливу збурюючих дій на вигляд часових діаграм. Для аналізу та узагальнення результатів дослідів використовувалися коефіцієнти:

- коефіцієнт відносної зміни параметра залежно від збурюючого впливу

$$\alpha_{P,Q} = \frac{\Delta Q}{\Delta P} = \frac{Q_{\max} - Q_{\min}}{P_{\max} - P_{\min}}, \text{ в.о.}, \quad (1)$$

де ΔQ – зміна параметра Q (наприклад, максимальне значення струму статора I_{\max} , номінальна усталена частота обертання двигуна $n_{\text{ном}}$, тощо) при зміні збурюючого впливу ΔP (наприклад, вхідна напруга U , частота вхідної напруги f , тощо);

- коефіцієнт зміни параметра відносно номінального значення залежно від збурюючого впливу

$$\beta_{P,Q} = \frac{\Delta Q}{Q_{\text{ном}}}, \text{ в.о.}, \quad (2)$$

де $Q_{\text{ном}}$ – значення параметра за розрахункових значень збурюючого впливу.

Як збурюючі впливи для дугостаторного асинхронного двигуна з короткозамкненим ротором при дослідженні обрані параметри вхідної напруги живлення (діюче значення та частота), а також параметри механічного навантаження на валу двигуна. Як під час імітаційного моделювання розглядалась можливість зміни конструктивних параметрів двигуна, що може зніматися в процесі виробництва, налагодження та технічного обслуговування при експлуатації.

До таких параметрів віднесені активні опори та індуктивності статорної і роторної обмоток двигуна, а також їх взаємна індуктивність.

Як характеристики та показники дугостаторного асинхронного двигуна, які визначають його роботу у складі керуваного електроприводу обрані частота обертання валу, механічний момент на валу двигуна, струми статора та ротора. Для вказаних характеристик обрані характерні екстремальні та часові значення, які визначають роботу двигуна в пускових та перехідних режимах, і є показниками його ефективності.

На підставі обробки дослідних даних проведено оцінку впливу збурюючих величин на характеристики та показники двигуна.

Наприклад, зроблено висновок, що найбільший вплив на частоту обертання двигуна мають

взаємна індуктивність обмоток m і частота живлячої напруги f :

коефіцієнти

$$\alpha_{m,n} = 1,4, \alpha_{f,n} = 0,42,$$

$$\beta_{m,n} = 0,59, \beta_{f,n} = 0,72.$$

Найменший вплив на частоту обертання двигуна має діюче значення живлячої напруги U :

коефіцієнти

$$\alpha_{U,n} = 0,006, \beta_{U,n} = 0,24.$$

Графічні залежності, які ілюструють сказане, наведені на рис. 5, де показані ламані лінії, які з'єднують дослідні значення, та апроксимуючі їх криві.

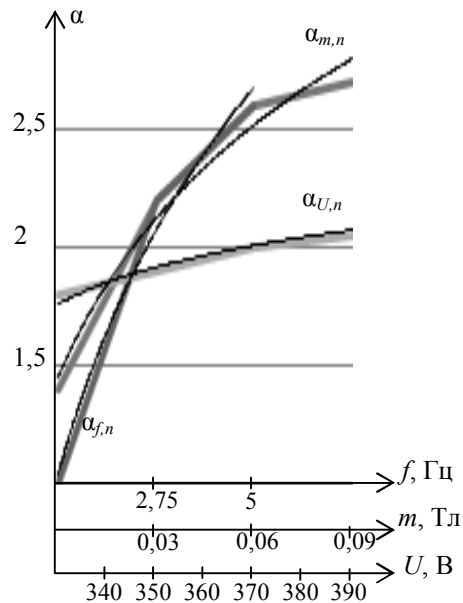


Рис. 5. Залежність частоти обертання двигуна при зміні збурюючих впливів

З рисунку видно, наскільки відмінний нахил діаграм для різних вхідних збурень.

На підставі дослідних даних з'ясовано, що такі параметри обмоток статора і ротора (їх активні опори та індуктивності) як менш впливові у порівнянні з моментом опору.

Таким чином, основного керуючого впливу в якості за допомогою якого слід здійснювати регулювання частоти необхідно прийняти частоту живлячої напруги, а для зміни момента, що обертає, слід змінювати струм статора або напруги живлення. Під час регулювання та стабілізації частоти обертання дугостаторного двигуна управління його роботою повинно враховувати те, що керуючі впливи за частотою та моментом повинні бути узгоджені.

Виходячи з аналізу дослідних даних, поділивши визначені відносні коефіцієнти на три групи за значущістю, результати дослідів можна представити у вигляді табл. 1.

В таблиці позначені:

«+» суттєвий вплив,

«+/-» – несуттєвий вплив,

«-» – практично не впливає.

З таблиці видно, що найбільш залежними від зовнішніх параметрів та параметрів двигуна є механічний момент на валу та струм ротора.

Таблиця 1

Чинники, що впливають на роботу двигуна

	I_s	I_r	M	n	$T_{п.п}$
U	+/-	+/-	+	-	-
f	+	+	+/-	+	+
M_0	-	+/-	+	-	-
R_s	+	+	+	+/-	-
L_s	+	+	+	+/-	+/-
m	+/-	+/-	+	+	+/-

Найбільш стійкими для тих же чинників є частота обертання двигуна та тривалість перехідного процесу.

Також, з табл. 1 можна зробити висновок, що найбільш універсальним керуючим впливом можуть бути такі:

частота живлячої напруги,

індуктивність статорної обмотки;

взаємна індуктивність обмоток двигуна.

Висновки

1. Імітаційне моделювання дає підстави створювати, що параметри дугостаторного асинхронного електричного двигуна розраховані правильно, оскільки зміни їх значень в діапазоні від 0,9 до 1,2 від номіналу не викликає суттєвих змін характеристик двигуна.

2. Під час імітаційного моделювання встановлено, що при регулюванні та стабілізації частоти обертання слід узгоджувати керуючі впливи за частотою живлячої напруги та її величиною, або між частотою живлячої напруги і статорним струмом двигуна.

3. Результати моделювання підтверджують загальноприйняті положення теорії асинхронного електроприводу, що свідчить про адекватність імітаційної моделі та підкреслює доцільність використання частотно-регульованих систем керування для дугостаторного асинхронного двигуна з короткозамкненим ротором.

Список літератури

1. Системы управления электроснабжением и электроприводом. Учебник / Б.Ф. Самойленко, Б.Т. Кононов, П.М. Пушков и др. – М.: МО СССР, 1990. – 415 с.

2. Системы автономного электроснабжения / Б.Ф. Самойленко, Б.Т. Кононов, Ю.А.Скворцов и др. – М.: МО СССР, 1990. – 327 с.

3. Электропитания и электрооблання військових об'єктів. Підручник. Частина 1 / В.Б. Толубко, Б.Т. Кононов, Б.Ф. Самойленко, М.І. Григоров. – М.: МО України, 1998. – 374 с.

4. Кононов Б.Т. Система керування частотно-регульованим електроприводом на базі асинхронного електричного двигуна / Б.Т. Кононов, А.О. Нечаус, Н.М. Рябуха // Збірник наукових праць Харківського національного університету Повітряних Сил. – 2014. – № 3 (40). – С. 136-140.

5. Кононов Б.Т. Імітаційна модель електропривода антени радіолокаційної станції / Б.Т. Кононов, Б.Г. Любарський, Н.М. Куравська // Системи обробки інформації. – 2016. – Вип. 9(146). – С. 23-27.

Надійшла до редколегії 28.7.2016

Рецензент: д-р техн. наук, проф. В.М. Більчук, Харківський національний університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, Харків.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ДУГОСТАТОРНОГО АСИНХРОННОГО ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ С КОРОТКОЗАМКНУТЫМ РОТОРОМ

Б.Т. Кононов, А.А. Нечаус, Н.Н. Куравский, Р.Б. Галелюк

Излагаются результаты имитационного моделирования, в ходе которого выясняется влияние параметров дугостаторного асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором на его характеристики

Ключевые слова: имитационное моделирование, дугостаторный асинхронный электрический двигатель с короткозамкнутым ротором, параметры двигателя.

EXPERIMENTAL STUDIES ARC STATOR ASYNCHRONOUS ELECTRIC MOTOR WITH SQUIRREL CAGE

В.Т. Kononov, A.O. Nechaus, N.M. Kuravska, R.B. Galelyuka

We present the results of simulation, in which it appears the influence of parameters arc stator induction motor with squirrel cage on its characteristics

Keywords: simulation, arc stator asynchronous electric motor with cage rotor, engine parameters.