

УДК 621.313

ДОСЛІДЖЕННЯ ХАРАКТЕРИСТИК КОЛЕКТОРНОГО ДВИГУНА ЗМІННОГО СТРУМУ З КОНДЕНСАТОРОМ У КОЛІ ОБМОТКИ ЯКОРЯ

Антоненко А. І., Бруско І. В.

Київський національний університет технологій та дизайну

У статті розглянуто дослідження впливу конденсатора у колі обмотки якоря колекторного двигуна змінного струму на його електромеханічні характеристики. Використані відомі, основані на законах теоретичної електротехніки та теорії електричних машин, методи математичного моделювання та розрахунку параметрів схем заміщення для аналізу електромагнітних і електромеханічних процесів в колекторних машинах змінного струму. Доведена можливість зміни жорсткості електромеханічної характеристики колекторного двигуна змінного струму з конденсатором в колі якоря. Встановлена залежність жорсткості електромеханічної характеристики двигуна дозволяє узгоджувати її з механічною характеристикою робочого органу машини при розробці електроприводу.

Ключові слова: колекторний двигун з послідовним збудженням, конденсатор, параметри, характеристики

Колекторні двигуни дозволяють плавно змінювати швидкість обертання приводу, плавно і економічно регулювати частоту обертання вище синхронної частоти обертання асинхронних двигунів. Завдяки цьому вони є дуже поширеними, особливо в побуті – пилососи, шуруповерти, міксери та інші прилади працюють саме завдяки колекторним двигунам. В них можуть застосовуватися колекторні машини змінного струму.

Електромеханічні характеристики колекторних двигунів з послідовним збудженням мають малу жорсткість, особливо при живленні змінним струмом, що обумовлено впливом індуктивних опорів. Індуктивні опори можна компенсувати ємнісними опорами. Послідовне ввімкнення конденсатора з колекторним двигуном змінного струму збільшить коефіцієнт потужності такої системи, а значить зменшить завантаження мережі реактивним струмом і зменшить втрати енергії.

Постановка завдання

Електромеханічні характеристики колекторних двигунів з послідовним збудженням дозволяють плавно і економічно регулювати частоту обертання вище синхронної частоти обертання асинхронних двигунів. Завдяки цьому вони є дуже поширеними, особливо в побуті – пилососи, шуруповерти, міксери і т.п. Разом з тим їх механічна характеристика не узгоджується з вентиляторною характеристикою, наприклад пилососу. Із зменшенням частоти обертання двигуна його момент і струм

різко зростають, що обумовлено впливом індуктивних опорів. Індуктивні опори можна компенсувати ємнісними опорами, що дозволить збільшити коефіцієнт потужності такої системи, а значить і зменшити втрати енергії в мережі.

Об'єктом дослідження є колекторний двигун змінного струму з послідовним збудженням.

Методами дослідження є методи математичного моделювання, основані на законах теоретичної електротехніки, математичні моделі розрахунку параметрів електричних машин та схем заміщення.

Результати досліджень

По характеру залежності моменту M опору руху робочого органу машини від частоти обертання n можна виділити п'ять класів механізмів (рис. 1):

1 – момент не залежить від частоти обертання. До таких механізмів відносяться ті, в яких переважним моментом є момент від сил тертя. Це – механізми подачі металообробних станків, механізми переміщення в підйомних кранах, конвесери, поршневі насоси, компресори;

2 – нелінійно-зростаюча характеристика виробничого механізму з відцентровим характером виробничого процесу: вентилятори, відцентрові насоси, центрифуги, гребні гвинти;

3 – Механічна характеристика виробничого механізму з підвищеним пусковим моментом. Таку характеристику мають міксери, деякі механізми перемішування рідких середовищ, наприклад красок, екструдери;

4 – лінійно-зростаюча механічна характеристика виробничого механізму. Таку характеристику мають обжимні валки прокатних станів, гладильні машини;

5 – нелінійно-спадаюча механічна характеристика виробничого механізму. Таку характеристику мають головні механізми обробних станків: свердлильні, фанеростругальні і т.п.

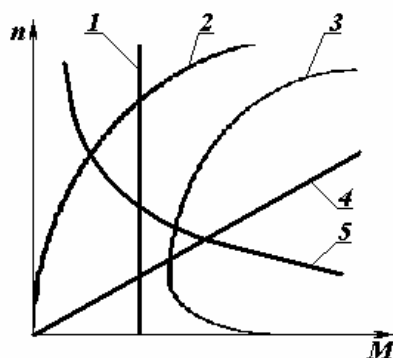


Рис. 1. Механічні характеристики

Відповідно для кожного класу механізмів необхідно підібрати двигун з узгодженою механічною характеристикою.

Для аналізу впливу послідовно ввімкненого конденсатора на електромеханічну характеристику двигуна уточнена методика розрахунку магнітного кола двигуна стосовно конфігурації його магнітної системи і форми описання кривої намагнічування електротехнічної сталі та методика розрахунку параметрів схеми заміщення двигуна [1-4]. На підставі розрахунку магнітного кола двигуна з врахуванням розмагнічуючої дії реакції якоря отримані значення коефіцієнтів зв'язку між магнітним потоком і струмом в колі якоря. Виведені співвідношення для розрахунку параметрів схеми заміщення двигуна з конденсатором в колі обмотки якоря. Проведені розрахунки електромеханічних характеристик двигуна для різних значень ємності конденсатора і значень напруги живлення при умові збереження однакового значення номінальної частоти обертання та струму двигуна (рис. 2).

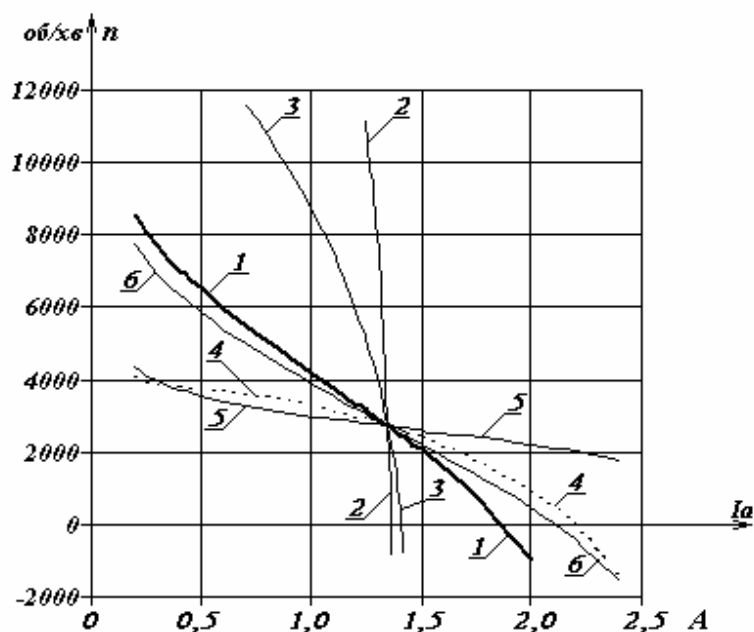


Рис. 2. Розрахункові електромеханічні характеристики двигуна ДТА-40: 1 – природна характеристика двигуна; 2 – характеристика двигуна з ємністю 10 мкФ при живленні напругою 354,5 В; 3 – характеристика двигуна з ємністю 20 мкФ при живленні напругою 146 В; 4 – характеристика двигуна з ємністю 50 мкФ при живленні напругою 53,5 В; 5 – характеристика двигуна з ємністю 80 мкФ при живленні напругою 58,7 В; 6 – характеристика двигуна з ємністю 500 мкФ при живленні напругою 88 В;

Розрахунки показують, що жорсткість електромеханічної характеристики можна змінювати в широких межах (жорсткість кривої 5 в 35,6 раз більша жорсткості кривої 2). Крім

того проведені додаткові розрахунки електромеханічних характеристик двигуна та порівняння їх з експериментальними. Експеримент було проведено за наступною схемою (Рис. 3).

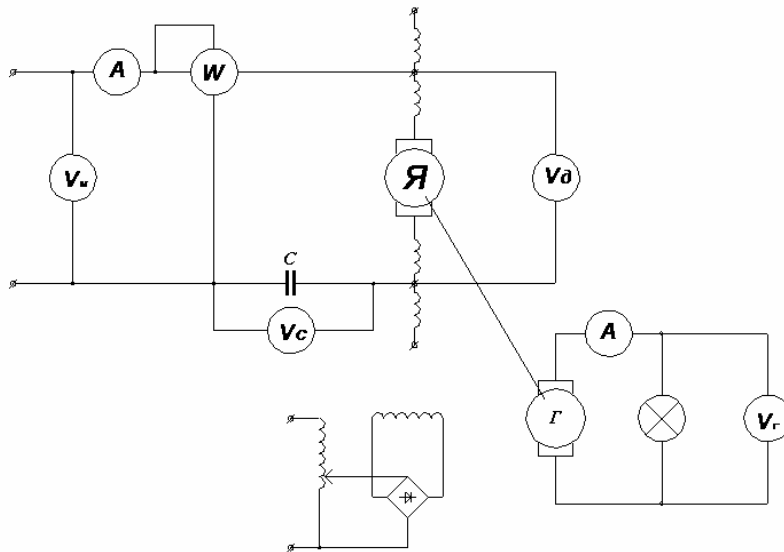


Рис. 3. Схема експерименту

При номінальній ємності конденсатора 30 мкФ та напрузі мережі живлення 80 В були виміряні струм кола якоря I_a та частота n обертання. Результати вимірювання показані квадратами на рис. 4. Оскільки ємність конденсатора має відхилення від номінального значення $\pm 10\%$, а також має активний опір, то проведено два варіанти розрахунку електромеханічної характеристики (рис. 4): 1 – для ідеального конденсатора 27 мкФ ; 2 – для конденсатора ємністю 30 мкФ з активним опором 17 Ом .

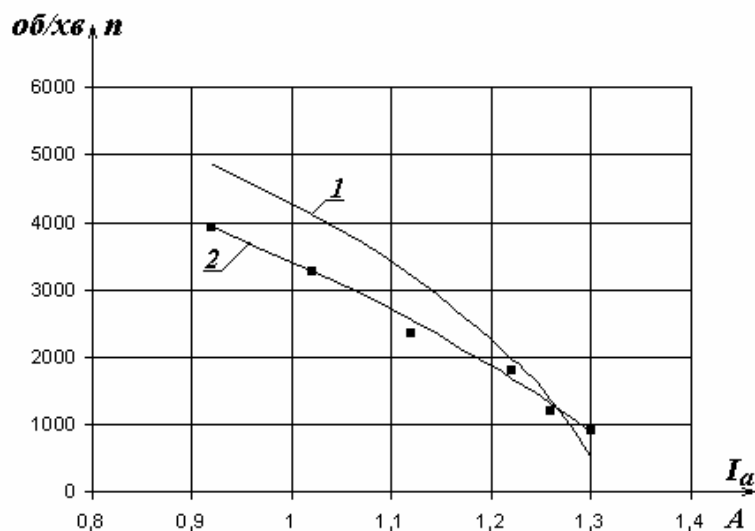


Рис. 4. Електромеханічна характеристика двигуна при напрузі живлення 80 В та номінальній ємності конденсатора 30 мкФ

Результати розрахунку та експериментальні значення приведені в таблиці 1.

Таблиця 1

Порівняння результатів розрахунку та експерименту

I_a, A	0,92	1,02	1,12	1,22	1,26	1,3
Розрахунок $n, об/хв.$	3921	3273	2541	1694	1314	904
Експеримент $n, об/хв.$	3926	3280	2360	1802	1204	920
Ідеальний конденсатор $n, об/хв.$	4844	4109	3198	1992	1358	541
$\frac{n_{розр} - n_{експ}}{n_{ном}}$	-0,002	-0,002	0,06	-0,036	0,037	-0,005
$\frac{n_i - n_{експ}}{n_{ном}}$	0,306	0,276	0,279	0,063	0,051	-0,126

Розбіжність розрахункових та експериментальних значень частоти обертання при однакових струмах не перевищує 6% для конденсатора з врахуванням його активного опору. Розрахунок для ідеального конденсатора ємністю 27 мкФ дає відхилення частоти обертання понад 30% від номінальної частоти. Це свідчить про необхідність врахування активного опору конденсатора.

Аналогічні розрахунки та експерименти були проведені для ємності 20 мкФ та 50 мкФ. На рис. 5 показані трикутниками точки вимірювання частоти обертання двигуна при заданих струмах якоря при живленні напругою 80 В через конденсатор номінальною ємністю 50 мкФ. На рис. 5 приведено три варіанти розрахунку електромеханічної характеристики: 1 – для ідеального конденсатора ємністю 45 мкФ; 2 – для ідеального конденсатора ємністю 39 мкФ; 3 – для конденсатора ємністю 50 мкФ з активним опором 10,5 Ом.

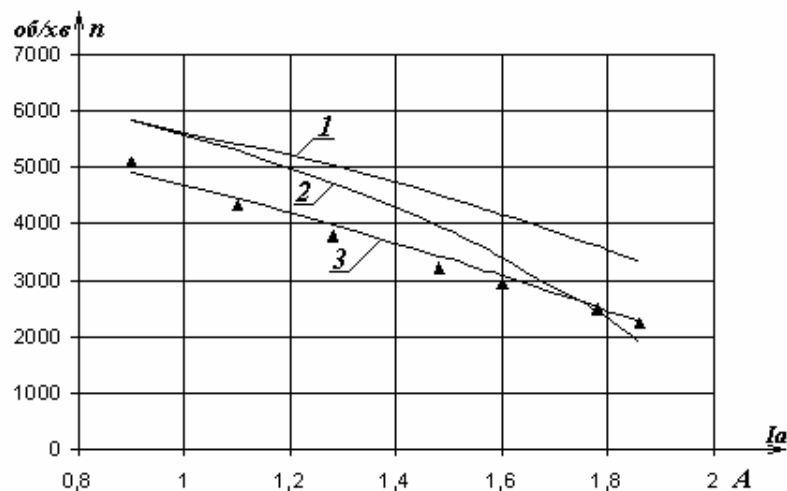


Рис. 5. Електромеханічна характеристика двигуна при напрузі живлення 80 В та ємності конденсатора 50 мкФ

Результати розрахунку та експериментальні значення приведені в таблиці 2.

Таблиця 2

Порівняння результатів розрахунку та експерименту

I_a, A	0,9	1,1	1,28	1,48	1,6	1,78	1,86
Розрахунок $n, об/хв.$	4934	4439	3974	3422	3070	2507	2241
Експеримент $n, об/хв.$	5088	4349	3776	3236	2918	2491	2215
Конденсатор 45 мкФ $n, об/хв.$	5827	5430	5028	4517	4173	3592	3304
Конденсатор 39 мкФ $n, об/хв.$	5820	5287	4717	3953	3410	2431	1906
$\frac{n_{розр} - n_{експ}}{n_{ном}}$	-0,051	0,03	0,066	0,062	0,051	0,005	0,009
$\frac{n_{i1} - n_{експ}}{n_{ном}}$	0,298	0,33	0,351	0,427	0,418	0,37	0,363
$\frac{n_{i2} - n_{експ}}{n_{ном}}$	0,244	0,313	0,314	0,239	0,164	-0,02	-0,1

Розбіжність розрахункових та експериментальних значень частоти обертання при однакових струмах в цьому випадку не перевищує 7% для конденсатора з врахуванням його активного опору. Розрахунок для ідеального конденсатора ємністю 45 мкФ дає відхилення частоти обертання понад 42% від номінальної частоти, а для конденсатора ємністю 39 мкФ – дає максимальне відхилення частоти обертання понад 31% від номінальної частоти.

Використана методика розрахунку параметрів схеми заміщення колекторного двигуна змінного струму з послідовним збудженням адекватно відображає його електромеханічні характеристики за дослідними параметрами. Максимальне відхилення експериментально визначеної швидкості при заданому струмі від розрахованої становить всього 7% (табл. 1 та 2), що слід віднести на рахунок похибок вимірювання частоти обертання при проведенні експерименту та відхилення параметрів конденсатора від номінальних.

Отже на основі експериментальних та розрахункових даних ми можемо отримати необхідну механічну характеристику колекторного двигуна для певної побутової техніки, включивши в обмотку його якоря конденсатор необхідної ємності.

Висновки

Прийнята в роботі методика розрахунку параметрів схеми заміщення колекторного двигуна змінного струму з послідовним збудженням та його електромеханічної характеристики по цих параметрах адекватно відображає об'єкт дослідження.

Живлення колекторного двигуна змінного струму з послідовним збудженням від мережі з незмінною напругою через конденсатор дозволяє отримати електромеханічні характеристики з різною жорсткістю. Менші значення ємності конденсатора дозволяють отримати характеристики практично з нульовою жорсткістю, коли незначне зменшення струму приводить до суттєвого збільшення частоти обертання.

При більших значеннях ємності конденсатора можна отримати електромеханічні характеристики з більшою, ніж для природної, жорсткістю.

Значення напруги живлення не впливає на жорсткість електромеханічної характеристики при незмінній ємності конденсатора.

Прийнята в роботі методика розрахунку дозволяє дослідити вплив різної комбінації параметрів на характеристику двигуна.

ЛІТЕРАТУРА

1. Ермолин Н. П. Электрические машины малой мощности. Второе издание исправленное и дополненное / Ермолин Н. П. – М.: Высшая школа, 1967. – 503 с.
2. Антоненко А. І. Визначення різниці фаз струму і магнітного потоку колекторного двигуна змінного струму / А. І. Антоненко // Вісник КНУТД – 2008. – № 1 – С. 308-310.
3. Антоненко А. І. Параметри схеми заміщення колекторного двигуна змінного струму / А. І. Антоненко // Вісник КНУТД – 2008. – Т.1, № 4 – С.26-29.

Антоненко А. И., Бруско И. В.

Исследование характеристик коллекторного двигателя переменного тока с конденсатором в цепи обмотки якоря

Киевский национальный университет технологий и дизайна

В статье рассмотрены исследования влияния конденсатора в кругу обмотки якоря коллекторного двигателя переменного тока на его электромеханические характеристики. Используются известные, основанные на законах теоретической электротехники и теории электрических машин, методы математического моделирования и расчета параметров схем замещения для анализа электромагнитных и электромеханических процессов в коллекторных машинах переменного тока. Доказана возможность изменения жесткости электромеханической характеристики коллекторного двигателя переменного тока с конденсатором в кругу якоря. Установлена зависимость жесткости электромеханической характеристики двигателя позволяет согласовывать ее с механической характеристикой рабочего органа машины при разработке электропривода.

Ключевые слова: коллекторный двигатель с последовательным возбуждением, конденсатор, параметры, характеристики

Antonenko A. I. Brusko I. V.

Investigation of the characteristics of the collector AC motor with a capacitor in a circuit of the armature winding

Kyiv National University of Technology & Design

In the article the study of the effect of the capacitor in the circle of the collector armature winding AC motor drives in its performance. Used known, based on the laws of theoretical electrical theory and electrical machines, methods of mathematical modeling and calculation of parameters of equivalent circuits to analyze electromagnetic and electromechanical processes in collector cars AC. Proven ability to change the stiffness characteristics of collector electromechanical AC motor with a capacitor in a circle anchor. The dependence of electromechanical rigidity of the engine allows it to coordinate with the mechanical characteristics of the working body in the development of electric cars.

Keywords: collector motor with series excitation, capacitor, parameters, characteristics