

ДОСЛІДЖЕННЯ СТАТИЧНИХ ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ АСИНХРОННОГО ДВИГУНА З КОРОТКОЗАМКНУТИМ РОТОРОМ ПРИ ЧАСТОТНОМУ РЕГУЛЮВАННІ КУТОВОЇ ШВИДКОСТІ

Овчаренко В. О.

В статті досліджується статичні режими роботи при різних частотах живильної напруги за допомогою перетворювача частоти.

Постановка проблеми. У сучасних автоматизованих частотно-регульованих електроприводах, призначених для різних галузей промисловості і сільського господарства, живлення і керування асинхронними двигунами відбувається від тиристорних перетворювачів. Для виявлення й аналізу техніко-економічних характеристик, енергетичних і експлуатаційних показників тиристорного асинхронного електропривода з частотним керуванням необхідно в першу чергу дослідити статичні властивості двигуна, з огляду на характер навантаження на його валу і закони керування. Це дозволить сформулювати відповідні вимоги до тиристорного перетворювача частоти, зокрема до вибору його типу, схеми і потужності, для раціонального проектування й експлуатації тиристорної установки.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Аналіз опублікованих матеріалів показує, що в існуючих роботах статичні режими частотно-регульованого електропривода при несинусоїдальній симетричній напрузі живлення і струмі, вивчені для окремих випадків навантаження й особливо при законі керування, що забезпечує постійність статичного моменту і номінальний рівень магнітного потоку двигуна. Однак з теоретичної і практичної точок зору інтерес представляють подальші дослідження оптимального закону керування при мінімальних втратах, що забезпечують поліпшені енергетичні, техніко-економічні й експлуатаційні показники асинхронного електродвигуна у системах частотно-регульованого електропривода.

Основні матеріали досліджень. Кутова швидкість магнітного потоку асинхронного двигуна:

$$\omega_0 = \frac{2 \cdot \pi \cdot f_1}{P}, \quad (1)$$

де f_1 - частота струму статора;
 P - число пар полюсів двигуна.

Змінюючи f_1 , можна регулювати швидкість ω_0 , а отже і швидкість ротора асинхронного двигуна ω .

Жорсткість робочої частини механічної характеристики у відносних одиницях β_* при заданій частоті живильної напруги f_1 , визначається величиною ковзання S :

$$\beta_* = -\frac{1}{S} \quad (2)$$

Перевантажувальна здатність двигуна:

$$\lambda = \frac{M_{\max}}{M}, \quad (3)$$

де M_{\max} – максимальний момент асинхронного двигуна, що залежить від відношення напруги U до частоти f живильного струму і параметрів двигуна;
 M - необхідний момент.

Діапазон регулювання швидкості визначається властивостями перетворювача частоти і двигуна.

Як відомо, у сталому режимі роботи електромагнітний момент асинхронного двигуна пропорційний квадрату живильної напруги. Тому при заданому значенні перевантажувальної здатності:

$$\lambda = \frac{M_{\max}}{M_{\text{ном}}} \quad (4)$$

При зміні частоти струму необхідно одночасно змінювати і напругу U за законом:

$$\frac{U}{U_{\text{ном}}} = \frac{f}{f_{\text{ном}}} = \sqrt{\frac{M}{M_{\text{ном}}}} \quad (5)$$

Якщо напругу не змінювати, то із зниженням частоти і відповідно зі зменшенням індуктивного опору статорної обмотки росте струм холостого ходу і збільшуються втрати в сталі, тобто знижуються енергетичні показники двигуна.

Слід зазначити, що формула (5) виведена при знехтуванні активним опором статора R_1 . Якщо ж врахувати останнє, то закон регулювання при $\lambda = \text{const}$ повинен бути:

$$\frac{U - R_1 \cdot I_1}{U_{\text{ном}}} = \frac{f}{f_{\text{ном}}}, \quad (6)$$

де R_1 і I_1 - опір і струм статора $M1$. Це співвідношення з достатнім ступенем точності підтримується в тиристорному перетворювачі частоти ТПЧ-40.

Мета статті. Дослідити статичні електромеханічні властивості асинхронного двигуна з короткозамкнутим ротором при частотному регулюванні куткової швидкості. У експериментальну установку (рис.1) входять: тиристорний перетворювач частоти ТПЧ; випробуваний асинхронний двигун $M1$ і навантажувальний пристрій.

керування БСКВ, що подає імпульси напруги на керуючі електроди тиристорів $V1 - V6$.

Комутація тиристорів інвертора здійснюється конденсаторами $C1 - C6$. При відкриванні чергового тиристора шляхом подачі напруги на його керуючий електрод попередній тиристор, що знаходився в роботі, закривається, тому що через нього починає проходити струм розряду відповідного конденсатора, напруга на якому значно вище, ніж напруга на замикаючому тиристорі, і спрямована зустрічно.

Час і струм розряду конденсаторів визначається величиною індуктивностей дроселів $L7$ і $L8$. Відкривання вентилів моста $B2$ відбувається за рахунок е.р.с. самоіндукції статора двигуна в ті інтервали часу, коли струм і напруга фази двигуна мають протилежні знаки. Опори резисторів $R2$ і $R3$ зменшують струм вентилів.

Кут відкривання тиристорів випрямляча $B1$ реалізується блоком системи керування випрямлячем БСКВ, автономного інвертора – блоком системи керування інвертором БСКИ. Значення вихідної частоти перетворювача визначається потенціометром у блоці керування $B7$. Ручка движка потенціометра виведена на лицьову сторону дверей ТПЧ (регулятор швидкості). Блок керування автоматично підтримує сталість значень величини:

$$\frac{U - R_1 \cdot I_1}{f}$$

Вимір величини, пропорційної $U - R_1 \cdot I_1$, виконується спеціальним датчиком.

Навантажувальний пристрій (рис.1) являє собою машини постійного струму незалежного збудження $M2$, магнітний потік якої підтримується постійним, а струм якоря залежить від різниці е.р.с. машин $M2$ і $G1$. Генератор $G1$ обертається асинхронним двигуном $M3$. Впливаючи на величину і напрямок е.р.с. $G1$ за допомогою магнітного потоку збудження та дільника напруги $R1$ і перемикача $S1$, можна змінювати величину і напругу струму якоря $M2$ і, отже, момент на її валу, тобто навантаження випробуваного асинхронного двигуна $M1$.

Щоб уникнути ударного узгодженого включення е.р.с. $M2$ і $G1$ чи замикання якірного ланцюга цих машин при відсутності порушення однієї з машин у якірному ланцюзі встановлений рубильник (автомат) $S2$, який замикають тільки при рівності і зустрічно спрямованих е.р.с. машин $M2$ і $G1$.

Для контролю різниці цих е.р.с. ввімкнений вольтметр $PV4$ (так званий "нульовий вольтметр").

Коефіцієнт потужності асинхронного двигуна визначається по формулі:

$$\cos \varphi_i = \frac{P_{ai}}{P_{li}}, \quad (11)$$

де $P_a = 3P_{a\phi}$ – активна потужність на затисках M ;

$P_{a\phi}$ – активна потужність фази $M1$;

$P_1 = \sqrt{3} \cdot U_1 \cdot I_1$ – повна потужність $M1$.

Коефіцієнт корисної дії розраховується по формулі:

$$\eta = \frac{M_{ei} \cdot \omega_i}{P_{ai}}, \quad (12)$$

К.К.Д. досягає максимуму при рівності змінних втрат і втрат на збудження. Коефіцієнт потужності росте й досягає максимуму при малих значеннях потоку й значно зменшується при його збільшенні внаслідок зменшення активної складової струму статора й росту струму намагнічування.

Висновки. Аналіз способів регулювання швидкості обертання приводів приводить до висновку щодо перспективності частотного регулювання частотою обертання електроприводів за рахунок плавності регулювання, достатньо великого діапазону регулювання швидкості і значного зниження енергоспоживання.

Список використаних джерел

1. Чиликин М. Г. Основы автоматизированного электропривода / [Чиликин М. Г., Соколов М. М., Терехов В. М., Шинянский А. В.] – М.: Энергия, 1979.
2. Чиликин М. Г. Теория автоматизированного электропривода / М. Г. Чиликин, В. И. Ключев, А. С. Сандлер – М.: Энергия, 1979. – 616.

Аннотация

ИССЛЕДОВАНИЕ СТАТИЧЕСКИХ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ С КОРОТКОЗАМКНУТЫМ РОТОРОМ ПРИ ЧАСТОТНОМ РЕГУЛИРОВАНИИ УГЛОВОЙ СКОРОСТИ

Овчаренко В. А.

В статье исследуются статические режимы работы при разных частотах напряжения с помощью преобразователя частоты.

Abstract

INVESTIGATION STATICALLY ELECTROMECHANIC CHARACTERISTIC ANISOCRONOUS ENGINE WITH SHORTED ROTOR UNDER FREQUENCY REGULATION OF THE ANGULAR VELOCITY

V. Ovcharenko

In article under investigation statically of working are researched at voltage frequency miscellaneous by means of converter of the frequency.