

Рассмотрен вопрос применения метода частичных разрядов для выявления мест старения или повреждения изоляции кабелей из сшитого полиэтилена. Предложено применение современных приборов фирм ДАТОС ЛТД, ДИМРУС и Вибро-Центр.

Изоляция, контроль, тестирование, мониторинг, диагностирование, прогнозирование, частотные разряды, частотные импульсы.

The question of applying the method frequency discharges to detect locations aging or damage to isolation of cables of crosslinked polyethylene. Proposed application of modern instrumentation companies DATOS LTD, DIMRUS and Vibro Center.

Isolation, control, testing, monitoring, diagnosis, prognosis, frequency discharges, frequency pulses.

УДК 621.31

МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ РЕГУЛЬОВАНОГО ЗА НАПРУГОЮ АСИНХРОННОГО ДВИГУНА ДЛЯ СТАТИСТИЧНО ОПТИМАЛЬНОГО СИНТЕЗУ ЗАМКНУТИХ СИСТЕМ ЕЛЕКТРОПРИВОДА

Ю.В. Шуруб, кандидат технічних наук

Запропоновано лінеаризовану модель регульованого за напругою асинхронного двигуна при випадкових навантаженнях, що дозволяє застосовувати до регуляторів асинхронних електроприводів методи статистично оптимального синтезу.

Асинхронний двигун, перетворювач напруги, стохастичне навантаження.

Одним із шляхів усунення негативних наслідків випадкового характеру зміни моменту навантаження асинхронних електроприводів та підвищення ефективності їх роботи є створення замкнутих систем електроприводів, які за допомогою своїх регуляторів можуть активно впливати на перехідні та динамічні квазісталі режими роботи. У цій роботі досліджено електроприводи робочих машин, які мають значні випадкові коливання моменту навантаження та не потребують регулювання швидкості у великому діапазоні. Вказаним умовам відповідає замкнута система електропривода «перетворювач напруги – асинхронний двигун» із регулятором, оптимальним за критерієм мінімуму середньоквадратичної похибки регулювання при дії стохастичних навантажень – статистично оптимальним регулятором.

Мета досліджень – розробка математичної моделі асинхронного двигуна для статистично оптимального синтезу асинхронних електроприводів.

Матеріали і методика досліджень. Математичні моделі асинхронного двигуна, що найповніше описують динамічні режими роботи [3], є нелінійними, що робить неможливим їх застосування при використанні аналітичних методів статистичного синтезу оптимальних регуляторів асинхронних електроприводів за системою «перетворювач напруги – асинхронний двигун» за зовнішнім стохастичним збуренням.

У роботі [2] показано, що математична модель асинхронного двигуна може бути лінеаризована на робочій ділянці його механічної характеристики шляхом розкладання нелінійних членів диференціальних рівнянь повної динамічної моделі в ряд Тейлора. Тоді рівняння електричної частини асинхронного двигуна в операторній формі може бути подано в такому вигляді:

$$(1 + T_e s)M(t) = \frac{2M_k}{\omega_0 s_k} (\omega_0 - \omega(t)), \quad (1)$$

де M_k – критичний момент двигуна, Н·м; s_k – критичне ковзання двигуна, у.о.; $T_e = \frac{1}{\omega_0 s_k}$ – електромагнітна постійна часу, с; $\frac{2M_k}{\omega_0 s_k} = \beta$ – жорсткість механічної характеристики асинхронного двигуна, Н·м·с/рад.

Рівняння механічної частини електропривода в операторній формі має такий вигляд:

$$Js\omega(t) = M(t) - M_c(t), \quad (2)$$

де J – сумарний момент інерції електропривода, кг·м².

Вважаючи вихідною величиною двигуна як елемента автоматичної системи кутову швидкість обертання $\omega(t)$, вхідною керуючою дією – кутову швидкість обертання холостого ходу $\omega_0(t)$, вхідною збурюючою дією – момент навантаження $M_c(t)$, з рівнянь (1) та (2) отримаємо загальне рівняння електричної та механічної частин асинхронного двигуна, виключаючи проміжну змінну – електромагнітний момент $M(t)$:

$$T_e T_M s^2 \omega(t) + T_M s \omega(t) + \omega(t) = \omega_0 - \frac{1}{\beta} (1 + T_e s) M_c(t), \quad (3)$$

де $T_M = \frac{J}{\beta}$ – електромеханічна постійна часу асинхронного двигуна, с.

Вхідною керуючою дією двигуна в складі замкнутої системи «перетворювач напруги – асинхронний двигун» є напруга живлення статора. При зміні напруги змінюється жорсткість механічної характеристики двигуна, тому при переході від керуючої дії у вигляді швидкості обертання холостого ходу $\omega_0(t)$ до керуючої дії у вигляді напруги живлення $U(t)$ цю зміну жорсткості механічної характеристики слід враховувати коефіцієнтом передачі за напругою (коефіцієнтом передачі за керуючою дією):

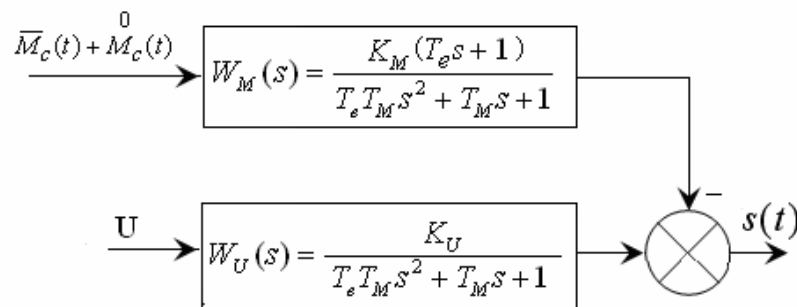
$$K_U = \frac{1}{\beta_{\text{прип}}} \frac{\Delta \beta}{\Delta U}, \quad (4)$$

де $\beta_{\text{прир}}$ – жорсткість природної механічної характеристики, Н·м·с/рад;

$\frac{\Delta\beta}{\Delta U}$ – чутливість зміни жорсткості штучних механічних характеристик

асинхронного двигуна $\Delta\beta$ до зміни напруги ΔU , яка визначається шляхом отримання сімейства штучних механічних характеристик при різних значеннях напруги живлення за допомогою повної динамічної математичної моделі та подальшого визначення залежності жорсткості штучної механічної характеристики від напруги живлення статора $\beta = f(U)$ і лінеаризації цієї залежності. Жорсткість штучних механічних характеристик для робочих ділянок визначалась як $\beta = \frac{dM}{d\omega}$.

Результати досліджень. Згідно з виразами (3) та (4) лінеаризована математична модель асинхронного двигуна, регульованого за напругою, може бути подана у вигляді структурної схеми (рисунок).



Структурна схема регульованого за напругою асинхронного двигуна

Оскільки в режимі оптимізації енергоспоживання контрольованою величиною системи «перетворювач напруги – асинхронний двигун» є ковзання, яке слід підтримувати на оптимальному рівні, у цій структурній схемі вихідною величиною показано саме ковзання $s(t)$, а не кутова швидкість обертання $\omega(t)$.

Враховуючи, що отримана структурна схема регульованого за напругою асинхронного двигуна необхідна для синтезу статистично оптимального регулятора замкнутого електропривода, що знаходиться під дією випадкових навантажень, вхідна збурююча дія – момент навантаження $M_c(t)$ – подана у вигляді суми середнього значення $\bar{M}_c(t)$ та центрова-

ного випадкового процесу $M_c(t)$, флуктуації коливань якого відбуваються

навколо цього середнього значення: $M_c(t) = \bar{M}_c(t) + M_c(t)$. Відтворення реалізацій центрованого випадкового процесу із заданими статистичними характеристиками може бути здійснено як результат проходження «білого» шуму через деяку динамічну систему, що отримала назву «формуючий фільтр», структура та параметри якої визначаються ви-

дом випадкового процесу [4]. Такий підхід дозволяє використовувати до цього класу електроприводів методи оптимального синтезу лінійних стохастичних динамічних систем [1].

Висновки

Запропонована лінеаризована на робочих ділянках штучних механічних характеристик математична модель регульованого за напругою асинхронного двигуна дозволяє застосовувати методи статистично оптимального синтезу асинхронних електроприводів за системою «перетворювач напруги – асинхронний двигун» при дії на них стохастичних навантажень.

Список літератури

1. Головінський Б.Л. Теорія автоматичного управління: навч. посіб. / Головінський Б.Л., Шуруб Ю.В., Лисенко В.П. – К.: Вид. Центр НУБіП України, 2012. – 240 с.
2. Ключев В.И. Теория электропривода / В.И.Ключев. – М.: Энергоатомиздат, 1985. – 560 с.
3. Математичні моделі, методи дослідження та проектування електромеханічних систем на базі асинхронних машин із особливостями живлення та навантаження / В.Я.Лісник, О.М.Попович, О.В.Бібік, Ю.В.Шуруб // Технічна електродинаміка. – 2008. – №5. – С.42 – 45.
4. Шуруб Ю.В. Розробка системи керування трифазно-однофазних асинхронних електроприводів при випадкових навантаженнях/ Ю.В.Шуруб // Електромеханічні і енергозберігаючі системи. – 2012. – Вип.1(17). – С. 12 – 15.

Предложено линеаризованную модель регулируемого по напряжению асинхронного двигателя при случайных нагрузках, позволяющую применять к регуляторам асинхронных электроприводов методы статистически оптимального синтеза.

Асинхронный двигатель, преобразователь напряжения, стохастическая нагрузка.

It is offered the linearized model of the voltage regulated induction motor at the random loads, allowing to apply to regulators of induction electric drives of methods of statistically optimal synthesis.

Induction motor, voltage converter, stochastic load.