

ДОСЛІДЖЕННЯ СЛІДКУЮЧОГО ЕЛЕКТРОПРИВОДУ ЗМІННОГО СТРУМУ З КОВЗНИМ КЕРУВАННЯМ

Теряєв В.І., доц.; Мисник О.В., магістрант

кафедра автоматизації електромеханічних систем та електроприводу

Вступ. Актуальною проблемою при розробці електроприводів різного технологічного призначення є зменшення чутливості до параметричних та зовнішніх збурень. Одним із шляхів вирішення цієї проблеми є використання методів релейного та, зокрема, ковзного керування.

Метою даного дослідження є розробка алгоритмів ковзного керування асинхронним електродвигуном з короткозамкненим ротором та принципів технічної реалізації керуючого та перетворювального пристроїв.

Розглянемо САК, стан якої в будь-який момент часу описується конкретними значеннями координат. Якщо ці координати вважати ортогональними, то їм буде відповідати певне положення зображувальної точки у просторі станів.

Фазові траєкторії стійкої системи можна організувати так, що на фазовій площині буде мати місце лінія, в яку будуть вливатися всі фазові траєкторії. Якщо зображувальна точка потрапляє на цю лінію переключення, то вона вже не може з неї зійти і буде аперіодично наближатися до початку координат (див. рис. 1). Лінію переключення S можна трактувати як "потенційну яму" з нахилом у бік початку координат, а режим руху зображувальної точки – як ковзний.

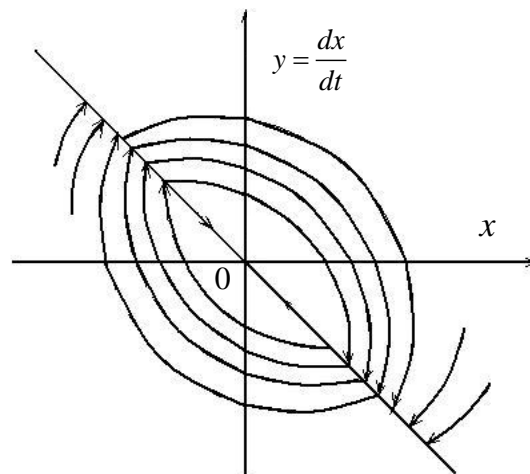


Рис. 1. Фазові траєкторії та лінія перемикавання у ковзному режимі САК

Якщо позначити S - відстань від зображувальної точки до лінії перемикавання, то в ковзному режимі швидкість переміщення зображувальної точки повинна бути спрямована протилежно переміщенню \bar{s} . Тоді математично ковзний режим представляється:

- у векторному вигляді: $\bar{s} \cdot \dot{\bar{s}} < 0$;
- у скалярному вигляді: $\dot{s} > 0$ при $s < 0$, та $\dot{s} < 0$ при $s > 0$ (1)

Задача керування полягає в тому, щоб при регулюванні координат САК виконувалася умова (1).

Розглянемо можливість ковзного керування швидкістю обертання n трифазного асинхронного двигуна з короткозамкненим ротором [1]. Завдання ковзного керування полягає в реалізації такого закону перемикань напруг u_a, u_b, u_c , щоб швидкість обертання ротора n дорівнювала бажаній $n_z(t)$, а потокозчеплення ротора $|\Psi|$ - бажаній величині Ψ_z .

Результати досліджень. Сформуємо наступні цільові функції, що характеризують відхилення від бажаного режиму:

$$\left. \begin{aligned} s_1 &= c_1(n - n_z) + \frac{d}{dt}(n - n_z) = 0, \quad c_1 = \text{const}, \\ s_2 &= c_2(|\Psi| - \Psi_z) + \frac{d}{dt}(|\Psi| - \Psi_z) = 0, \quad c_2 = \text{const}, \\ s_3 &= \int_0^t (u_A + u_B + u_C) dt = 0. \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

Для вирішення поставленої задачі управління достатньо забезпечити рівність нулю всіх функцій (2). Дійсно, рівняння $s_1 = 0$ можна розглядати як диференціальне рівняння на розузгодження фактичної і заданої швидкості обертання ротора, яке при $c_1 > 0$ прагнучиме до нуля по експоненціальному закону з постійною часу $1/c_1$. Рівняння $s_2 = 0$ при $c_2 > 0$ описує аперіодичний затухаючий процес зміни розузгодження фактичного і заданого потокозчеплення ротора. І, нарешті, рівність нулю функції s_3 свідчить про виконання умови трьохфазності для середньої за часом напруги u_a, u_b, u_c перетворювача.

Досягти одночасної рівності нулю функцій (2) можливо за рахунок організації ковзного режиму на перетині поверхонь $s_1 = 0, s_2 = 0, s_3 = 0$ за допомогою тривимірного керування $u^T = (u_A, u_B, u_C)$. Якщо компоненти вектора керування зазнають розриви на поверхнях $s_1 = 0, s_2 = 0, s_3 = 0$, то отримані співвідношення означають, що знаки функцій s_i^* і їх швидкості будуть протилежні на кожній поверхні і при $s_i^* = 0$ виникне ковзний режим.

Використання вихідної величини n для формування функції s_1 дозволяє створити рух побудованої таким чином динамічної системи в ковзному режимі, визначуваний в основному коефіцієнтом c_1 і не залежним від моменту.

Алгоритм роботи САК не потребує визначення величини s_1 , а лише її знаку. З цією метою на компаратор подаються 2 сигнали – помилка по швидкості і її похідна. Знак різниці визначає перемикання компаратора DA2. Величини s_2 та s_3 використовуються для розрахунку амплітуди керуючого впливу, яку необхідно прикласти до ЕД для забезпечення ковзного режиму.

Функціональна схема системи представлена на рис. 2. Асинхронна машина живиться від джерела нерегульованої змінної напруги u_0 через силові транзисторні ключі. На вхід релейного регулятора швидкості DA2 надходять

сигнали похибки по швидкості Δn та її похідної $\Delta \dot{n}$, які отримуються з тахогенератора та диференціатора DA1.

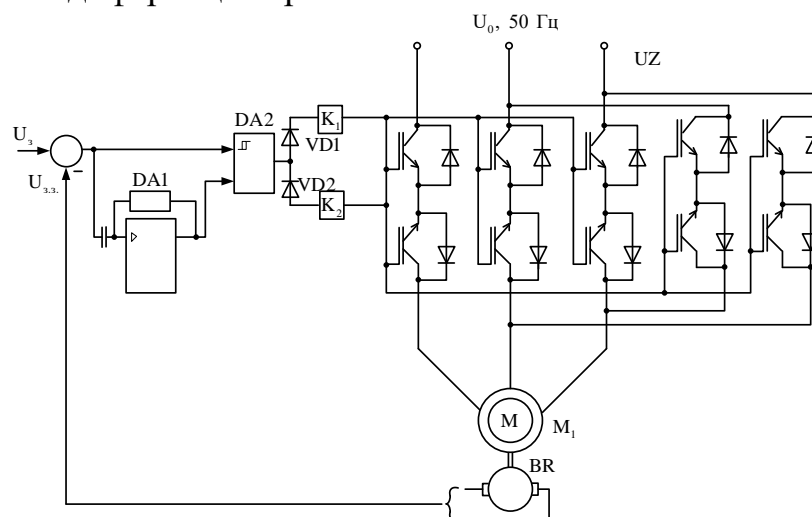


Рисунок 2 – Функціональна схема системи ТРН-АД з ковзним керуванням

Частота перемикання силових ключів визначається співвідношенням Δn і $\Delta \dot{n}$ і може змінюватися в процесі регулювання. В ковзному режимі вона лежить у межах десятків кілогерц, що накладає підвищення вимоги по швидкодії силових ключів перетворювача. Тому в схемі силового блоку UZ (див. рис. 2) застосовані ключі з двох послідовно включених IGBT-транзисторів, що забезпечують протікання струму в обох напрямках. За допомогою двох додаткових силових ключів здійснюється комутація двох фаз перетворювача з метою зміни порядку їх чергування. При цьому один силовий ключ працює постійно. Електронні ключі K1, K2 використовуються для узгодження сигналу компаратора з напругою затворів IGBT-транзисторів. За допомогою діодів VD1, VD2 визначається порядок чергування фаз напруги живлення двигуна.

Висновки. Перевагою ковзного керування є простота реалізації і нечутливість (робастність) відносно параметричних і зовнішніх збурень.

Недоліком є необхідність використання перетворювального пристрою з високою частотою комутації силових вентилів і необхідність у великому запасі по амплітуді і потужності для перетворювача та електродвигуна.

Описаний вище підхід можна використовувати не лише при управлінні швидкістю обертання ротора, але і при управлінні іншими координатами асинхронної машини: положенням і кутовим прискоренням ротора, електричним моментом, струмом статора. Різниця полягатиме лише у тому, що значення функцій перемикання повинні характеризувати відхилення від бажаного режиму залежно від мети керування.

Перелік посилань

1. Utkin V.I. Sliding Mode Control Design Principles and Applications to Electrical Drives. IEEE transactions of industrial electronics VOL 40 No 1 February 1993, pages 23 – 35.