

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ СТІЛОЧНОГО ЕЛЕКТРОПРИВОДА

Наведено спосіб математичного моделювання стрілочного електропривода в системі «MATLAB + Simulink».

Приведён способ математического моделирования стрелочного электропривода в системе «MATLAB + Simulink».

The method of mathematical modeling of switch eclectic drive in the system MATLAB + Simulink is presented.

Вступ

В сучасній практиці експлуатації стрілочних переводів їх стан визначається працівниками колії, а стрілочних приводів і гарнітури працівниками дистанції сигналізації та зв'язку. Контроль здійснюється візуально, тому не може дати повноцінної інформації, щодо можливих відхилень від вільного переводу стрілки [1].

В процесі експлуатації на переводі можливе забруднення башмаків, відсутність на них мастила, потрапляння сторонніх предметів між гостряком і рамною рейкою, викривлення гостряків та інші випадки, коли перевід стрілки стає неможливим чи здійснюється уповільнено та ускладнено. Утримання стрілочного приводу передбачає змащення редуктора, контроль затиснення фрикційного зчеплення, перевірку колодок та контактів автоперемикача і т.ін. [1], що в сучасній практиці експлуатації також не перевіряється автоматизовано.

Для підвищення надійності експлуатації стрілочного переводу необхідне застосування системи автоматизованого контролю параметрів стрілочного переводу, яке б дозволило виявляти недоліки в роботі стрілочного переводу під час кожного спрацьовування. Це дасть можливість завчасно усувати причини, які в майбутньому могли б призвести до відмови, що в свою чергу могла б стати причиною затримки руху поїздів.

Діагностування стану стрілочних переводів централізованих стрілок з поста електричної централізації доцільно проводити за кривою струму, що протікає в колі електродвигуна стрілочного електроприводу під час переводу, адже амплітудне значення струму змінюється в залежності від моменту на валу двигуна, який в свою чергу є результатом дії сил опору пересуванню гостряків в крайнє положення. До сил, які перешкоджають вільному переведенню

стрілки, крім згаданих раніше, можна також віднести нерівномірність розподілу навантаження на привод через нерівність поверхні, що утворює поверхня башмаків, на яку вкладаються гостряки. Крім цього пошкодження можливі і в самому електродвигуні: обриви та короткі замикання в обмотках, несправність підшипника і т.д. [2].

Для розробки діагностичних систем необхідно мати модель об'єкту діагностування в справному стані, а також із можливими (ймовірними) дефектами [4], для того, щоб потім, порівнюючи струмові криві переводу стрілок, які знаходяться в експлуатації, з отриманими раніше зразками струмових кривих переводів стрілок, можна було з певною ймовірністю визначити стан приводу, що діагностується, і виявляти у разі появи дефекти. Ці дефекти можуть бути як вже дослідженими і підтвердженими експлуатаційною практикою [5], так і носити виключно теоретичний характер, що відповідає поглядам проектувальника.

Широке застосування в системах залізничної автоматики знайшли двигуни постійного струму з послідовним збудженням, оскільки вони відповідають усім вимогам, які висуваються до стрілочних двигунів [3].

Зважаючи на це, *метою роботи* є розробка математичної моделі стрілочного електроприводу з двигуном постійного струму з послідовним збудженням в системі «MATLAB + Simulink» (рис. 1).

Математична модель

Математичне моделювання проведено в системі «MATLAB + Simulink».

Розроблена схема моделі стрілочного електроприводу, яка наведена на рис. 1.

Схема включає джерело постійної напруги DC Voltage Source для живлення машини, блок

From Workspace «Moment» для завдання обертаючого моменту на валу машини й зняття її динамічних характеристик, досліджувану машину постійного струму з послдовним збудженням DC Machine, прилад для виміру змінних стану машини Display, блок Demux, який ділить вхідний вектор на його складові, і прилад Scope для візуального спостереження струмів і напруг, а також кривих перехідних процесів змін швидкості й моменту досліджуваної машини в тому числі й моменту, що задається [6].

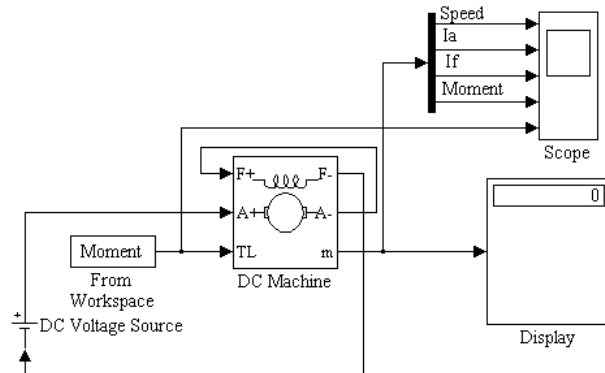


Рис. 1. Модель машини постійного струму з послдовним збудженням

В залежності від навантаження на двигун, яке задається за допомогою блока Moment, на осцилографі (Scope) можна спостерігати часові залежності зміни швидкості обертання валу двигуна (Speed) у рад/с, струму обмотки якоря (I_a) та обмотки збудження (I_f) в А, а також моменту на валу двигуна (Moment), який вимірюється у Н·м [6], що під'єднані до осцилографа через блок Demux, при цьому одночасно спостерігаючи за зміною моменту на валу, що задається.

У створеній математичній моделі в основу методу обробки сигналів покладено аналіз залежності величини амплітуди струму і характеру її зміни у колі двигуна від моменту на його валу. Момент на валу двигуна можна задавати як у вигляді масиву чисел, так і відповідно до математичних законів, або залежностей, які може створювати і задавати сам проектувальник. При цьому миттєві значення швидкості обертання валу двигуна (рад/с), струму в обмотках збудження і якоря (А), а також моменту на його валу (Н·м) виводяться у вигляді числового значення на Display.

Результати моделювання

Задаючи різні значення моменту на валу двигуна, можна дізнатися поведінку струмо-

вої кривої в залежності від характеру навантаження. Якщо, наприклад, навантаження несе логарифмічний характер і може бути описане функцією $y = \ln(x)$ (рис. 2), то реакція моделі буде такою, як зображено на рис. 3.

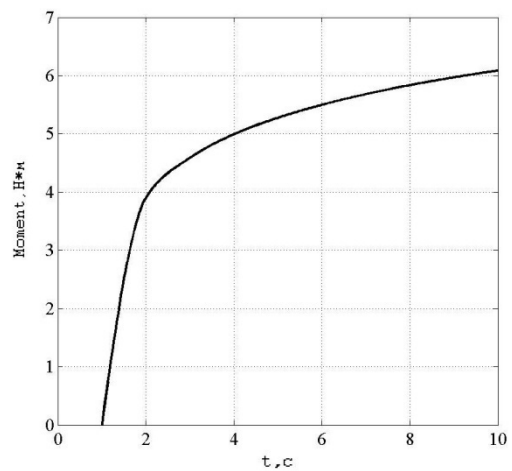


Рис. 2. Характер навантаження на валу двигуна у вигляді логарифмічної функції

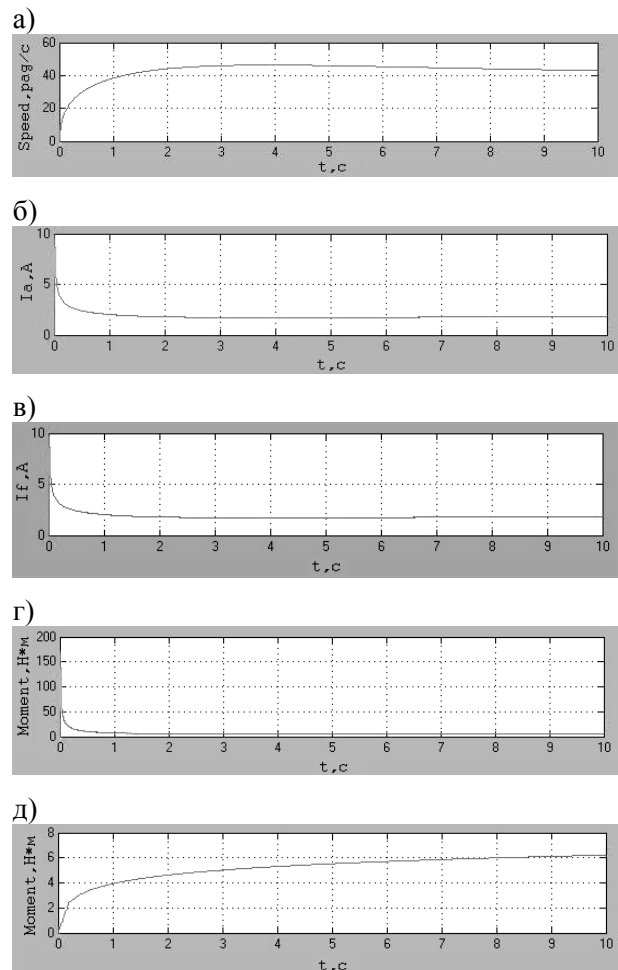


Рис. 3. Часові залежності при навантаженні у вигляді логарифмічної функції:

а – швидкості обертання валу двигуна; б – струму в обмотці якоря; в – струму в обмотці збудження; г – моменту на валу двигуна; д – моменту, що задається як навантаження

Судячи з отриманих результатів можна зробити висновок, що швидкість обертання валу двигуна обернено пропорційна моменту, який необхідно розвинути (див. рис. 3, а). Дві наступні осцилограми являють собою часову залежність зміни струму від моменту на валу. Оскільки обмотки з'єднані послідовно, то і струм в них протікає однаковий, тобто $I = I_a = I_f$.

Під час пуску двигуна спостерігається зростання струму, яке в кілька разів перевищує робочий струм (рис. 4). Це забезпечує великий пусковий момент, який наведено на четвертій часовій залежності (див. рис. 3, з) і більш наглядно показано на рис. 5. Зміну моменту на валу двигуна можна описати формулою [3]:

$$M = C_M \cdot I^2, \quad (1)$$

де C_M – постійна, яка залежить від конструкції двигуна;

I – струм у колі двигуна.

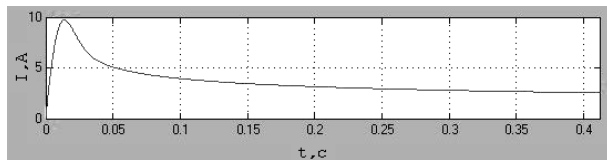


Рис. 4. Часова залежність струму під час пуску двигуна

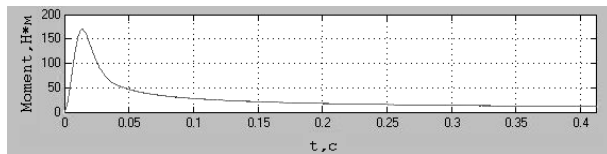


Рис. 5. Момент на валу під час пуску двигуна

На підставі наведених вище осцилограм можна дійти висновку, що робочі характеристики моделі при даному виді навантаження відповідають характеристикам двигунів постійного струму з послідовним збудженням [3]. З'ясуємо тепер як поводитиметься модель при навантаженнях, що задаються значеннями, які підкорюються іншим законам розподілу.

Надамо навантаженню характер експоненціальної функції виду $f(x) = e^x$ (рис. 6), реакція моделі показана на рис. 7.

При даному виді навантаження на основі отриманих осцилограм (див. рис. 7) можна зробити висновки, що реакцією моделі на зростання моменту на валу двигуна є пропорційне зростання струму в обмотках двигуна (рис. 7, б та 7, в) і, як наслідок, збільшення моменту на валу двигуна (рис. 7, з), та відповідно зменшення числа обертів вала (рис. 7, д). Як і в попередньому досліді, струм в обмотках та момент на валу під час пуску двигуна також мають зна-

чення, які в декілька разів перевищують робочі. Це свідчить про адекватну поведінку моделі при завданні моменту на валу двигуна у вигляді навантаження, що підкорюється експоненціальному закону. Отже результати обох дослідів, в яких навантаження носило різний характер, співпадають.

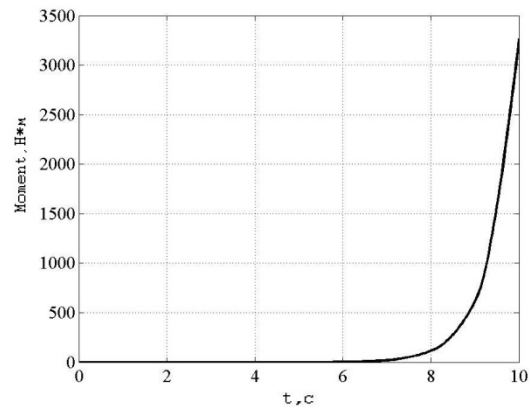


Рис. 6. Характер навантаження на валу двигуна у вигляді експоненціальної функції

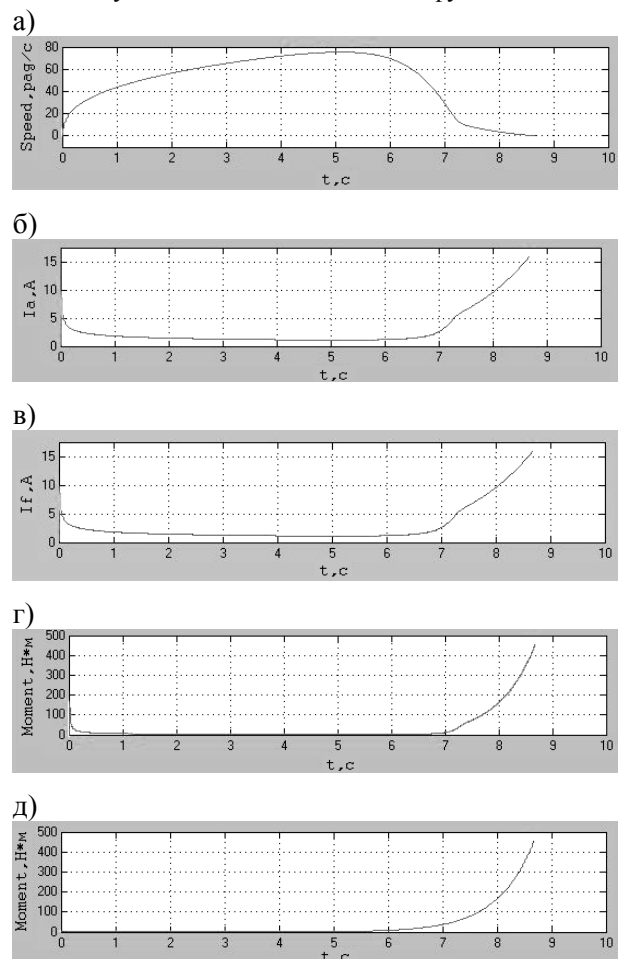


Рис. 7. Часові залежності при навантаженні у вигляді експоненціальної функції:

а – швидкості обертання валу двигуна; б – струму в обмотці якоря; в – струму в обмотці збудження; г – моменту на валу двигуна; д – моменту, що задається як навантаження

Особливістю двигунів постійного струму з послідовним збудженням є те, що їх не можна вмикати без навантаження, тому що швидкість обертання валу збільшується на стільки, що досягає неприпустимо великих значень і стає причиною виходу з ладу двигуна [7], який фактично йде в рознос. Перевіримо можливість цього процесу на даній моделі.

Отже при роботі моделі в режимі холостого ходу часові залежності параметрів будуть такими, як показано на рис. 8.

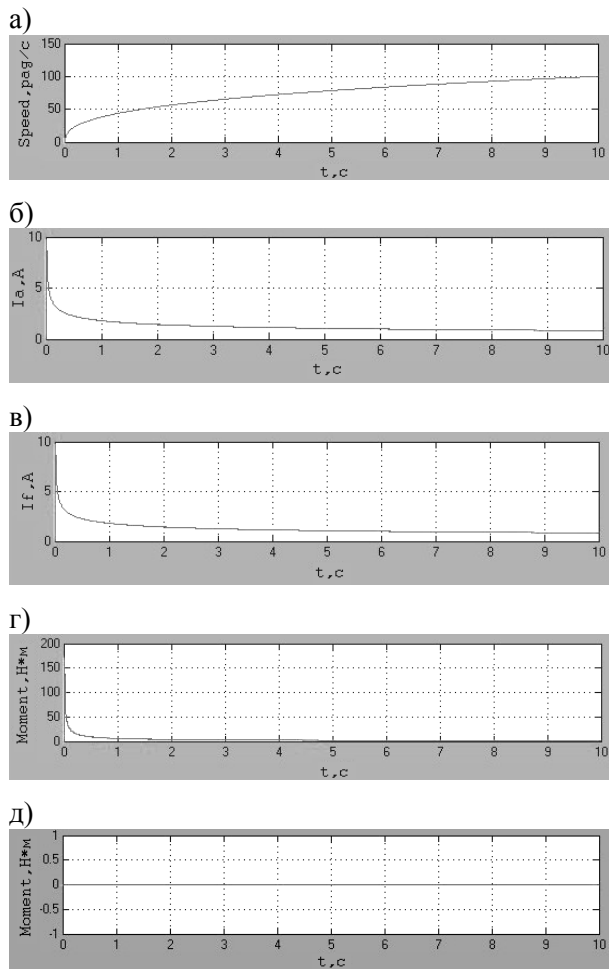


Рис. 8. Часові залежності при холостому ході: а – швидкості обертання валу двигуна; б – струму в обмотці якоря; в – струму в обмотці збудження; г – моменту на валу двигуна; д – моменту, що задається як навантаження

З осцилограм можна встановити, що швидкість обертання валу двигуна поступово і неухильно збільшується і навіть за 10 с не набирає свого максимального значення, що в дійсності призводить до руйнування двигуна.

При цьому момент на валу майже відсутній, а струм в обмотках стає дедалі меншим.

На основі цих спостережень про відповідність моделі її реальним аналогам можна дійти висновку, що параметри даної моделі відповідають реальним і в режимі холостого ходу.

Висновки

Розроблено математичну модель стрілочного електроприводу в системі «MATLAB + Simulink».

Проведено моделювання з аналізом отриманих результатів.

Одержано залежності швидкості обертання вала двигуна, струму в обмотках і моменту на валу від характеру навантаження.

Результати моделювання задовільно співпадають із результатами експериментальних досліджень.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. ЦШЕОТ 0012 [Текст] : інструкція з технічного обслуговування пристроїв сигналізації, централізації та блокування. – К.: Укрзалізниця, 1998. – 72 с.
2. Маловічко, В. В. Вивчення діагностичних ознак для автоматизованого контролю технічного стану стрілочних електродвигунів [Текст] / В. В. Маловічко, В. І. Гаврилюк // Вісник Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – 2007. – Вип. 16. – Д.: Вид-во ДНУЗТ, 2007. – С. 5-8.
3. Станционные системы автоматики и телемеханики [Текст]: учеб. для вузов ж.-д. трансп. / Вл. В. Сапожников [и др.]; под ред. Вл. В. Сапожникова. – М.: Транспорт, 2000. – 432 с.
4. Сапожников, В. В. Основы технической диагностики [Текст] : учеб. пособие для студ. вузов ж.-д. трансп. / В. В. Сапожников, Вл. В. Сапожников. – М.: Маршрут, 2004. – 318 с.
5. Перникис, Б. Д. Предупреждение и устранение неисправностей в устройствах СЦБ [Текст] / Б. Д. Перникис, Р. Ш. Ягудин. – М.: Транспорт, 1984. – 224 с.
6. Герман-Галкин, С. Г. Электрические машины: лабораторные работы на ПК [Текст] / С. Г. Герман-Галкин, Г. А. Кардонов. – СПб.: КОРОНА принт, 2003. – 256 с.
7. Вольдек, А. И. Электрические машины [Текст] : учеб. для студ. высш. техн. учебн. заведений / А. И. Вольдек. – 3-е изд., перераб. – Л.: Энергия, 1978. – 832 с.

Надійшла до редколегії 13.04.2010.

Прийнята до друку 29.04.2010.