

МОДЕЛЮВАННЯ ПЕРЕХІДНИХ ПРОЦЕСІВ ПУСКУ В СИСТЕМІ АКУМУЛЯТОР – СУПЕРКОНДЕНСАТОР ЖИВЛЕННЯ АСИНХРОННОГО ДВИГУНА

Щерба А.А., д.т.н., професор, Бєлкін С.В., магістрант, Реуцький М.О., к.т.н., доцент

КПІ ім. Ігоря Сікорського, кафедра електромеханіки

На сьогоднішній день швидкісні характеристики та дальність пробігу електромобілів на одній заправці все ще поступаються бензиновим автомобілям, тому розробка систем електроприводу, що здатні їх покращити, є актуальною проблемою в розвитку галузі електромобілебудування.

Використання паралельно з батареєю акумуляторів батареї суперконденсаторів (іоністорів) дозволяє отримати ряд суттєвих переваг: суттєво падають ударні струми через акумулятор, за рахунок чого зростає швидкість розгону електродвигуна, зростає ККД такого електроприводу, а головне з'являється можливість збільшити пробіг електромобіля на одній заправці [1].

В роботі представлені результати моделювання в системі Matlab Simulink перехідних процесів в системі акумулятор та акумулятор з паралельно підключеним суперконденсатором, від яких здійснюється живлення асинхронного двигуна (рис. 1) [2].

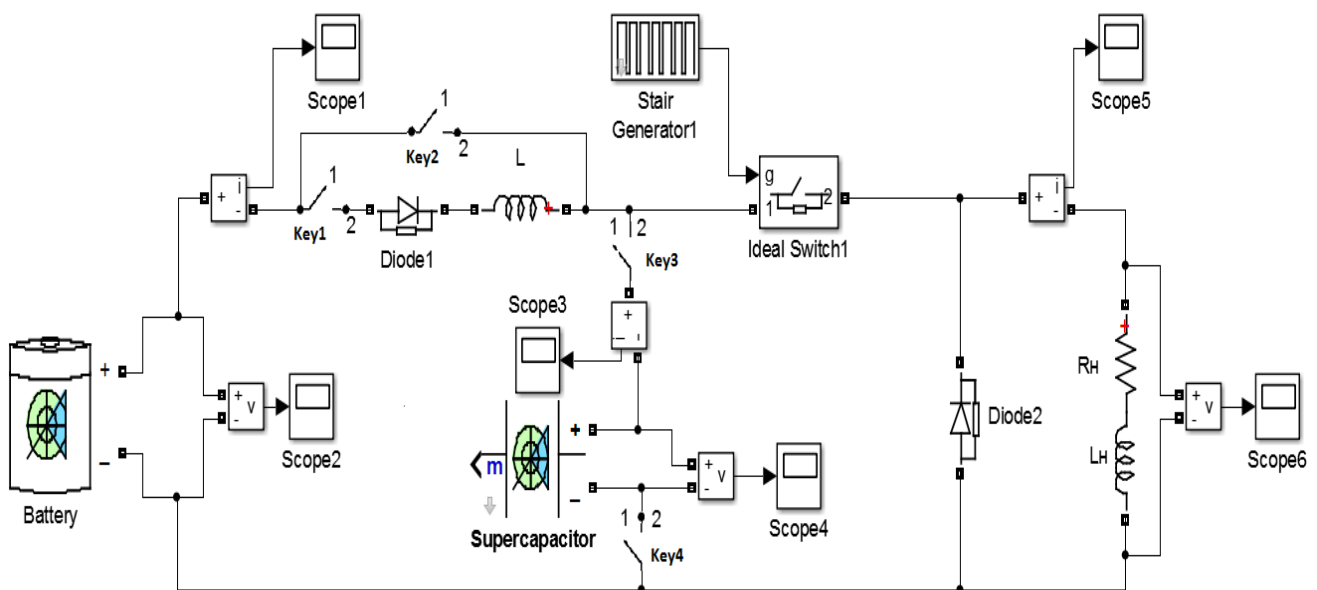


Рисунок 1 – Схема живлення електродвигуна

Асинхронний двигун представлений у вигляді R-L навантаження з параметрами R_n та L_n , які відповідають реальній машині.

Діод (Diode2 - на рис. 1) шунтує навантаження і слугує колом розряду енергії, яка запасється в котушці L_n в момент комутації ключа (Ideal Switch1) в режимі - 1 (живлення двигуна не відбувається).

В якості інвертора в схемі для живлення електродвигуна використовується ідеальний ключ та генератор імпульсів, який керує

положенням ключа. Генератор (Stair Generator1 – на рис. 1) має наступні параметри імпульсів: частота $f_i = 0.5$ кГц, скважність $s = 2$. Початкове положення ключа 1 – ключ розімкнений, струм через ключ не протікає.

В схемі використані два джерела живлення, а саме акумуляторна батарея (Battery – на рис. 1) з параметрами $U_a = 12$ В, $R_a = 0.5$ мОм та суперконденсатор (Supercapacitor – на рис. 1) внутрішній опір якого $R_c = 0.05$ мОм, ємність $C = 10$ Ф, прийнято, що суперконденсатор заряджений до напруги акумулятора $U_c = U_a$.

При живленні електродвигуна лише від акумуляторної батареї ключі на схемі: key2 – замкнений (положення – 2), key1, 3, 4 – розімкнені (положення – 1), безпосередньо на електродвигун в момент часу коли ключ інвертора закритий (положення – 2), струм який тече через акумулятор сягає позначки 1100А в момент пуску електродвигуна (рис. 2, а). Коли на ключ інвертора приходить імпульс генератора – ключ розмикається (положення – 1) струм в колі відсутній. З приходом наступних імпульсів струм через акумулятор падає, в процесі розгону двигуна. Напруга акумуляторної батареї під час розгону АД просідає на 8,75 В.

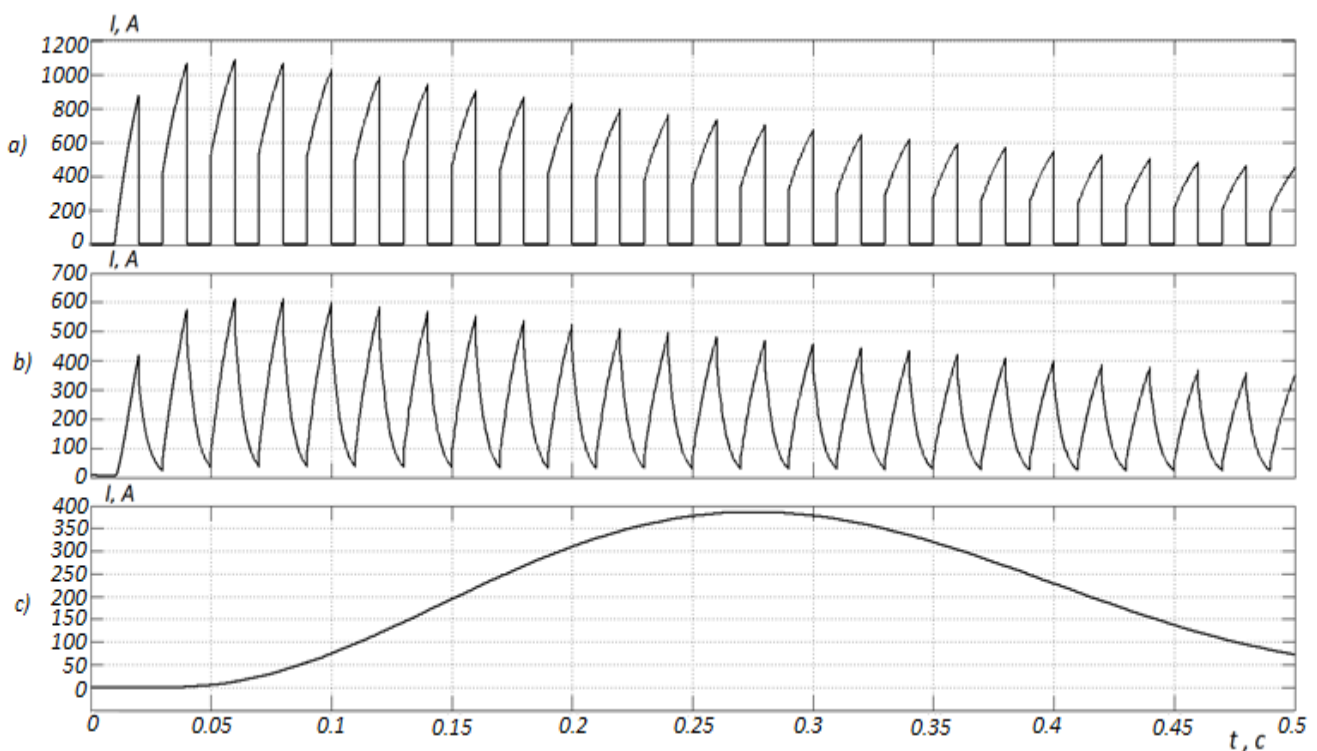


Рисунок 2 – Струм акумулятора: а) режим без суперконденсатора; б) комбінований режим акумулятор/суперконденсатор; с) комбінований режим акумулятор/суперконденсатор з котушкою індуктивності між ними.

При живленні електродвигуна від акумуляторної батареї та суперконденсатора, підключених паралельно (ключі на рис. 1: key2, 3, 4 – замкнуті (положення – 2), key1 – розімкнутий (положення – 1).

Суперконденсатор слугує джерелом енергії, яка обмежує струм акумулятора під час пуску АД за рахунок меншого внутрішнього опору в момент комутації ключа інвертора в положення – 2.

В початковий момент часу напруга на акумуляторній батареї і суперконденсаторі однакова і становить 12В. Ключ інвертора розімкнений, струм в колі відсутній. В момент коли на ключ приходить імпульс і в навантаженні починає протікати струм, двигун починає обертатися, струм в навантаженні 1100А (струм такий як і в режимі 1, рис. 3), але струм акумулятора в момент пуску становить лише 600А (рис. 2, б), що значно менше ніж у першому режимі коли працює лише одне джерело живлення – акумуляторна батарея.

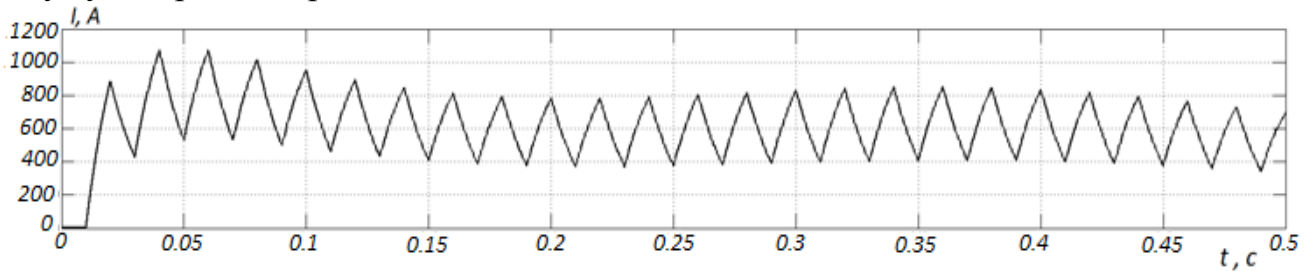


Рисунок 3 – Струм в навантаженні

В момент коли ключ інвертора розмикається (положення – 1), струм акумулятора протікає через суперконденсатор (рис. 2, б) задній фронт імпульсу, який в режимі заряду не стухає до нуля, заряджає суперконденсатор. Струм через суперконденсатор (рис. 4, а): передній фронт імпульсу відповідає за розряд суперконденсатора в момент замикання ключа інвертора на навантаження, задній фронт імпульсу за заряд від акумулятора в момент розмикання ключа інвертора. Напруга акумулятора під час розгону АД просідає на 7,25 В.

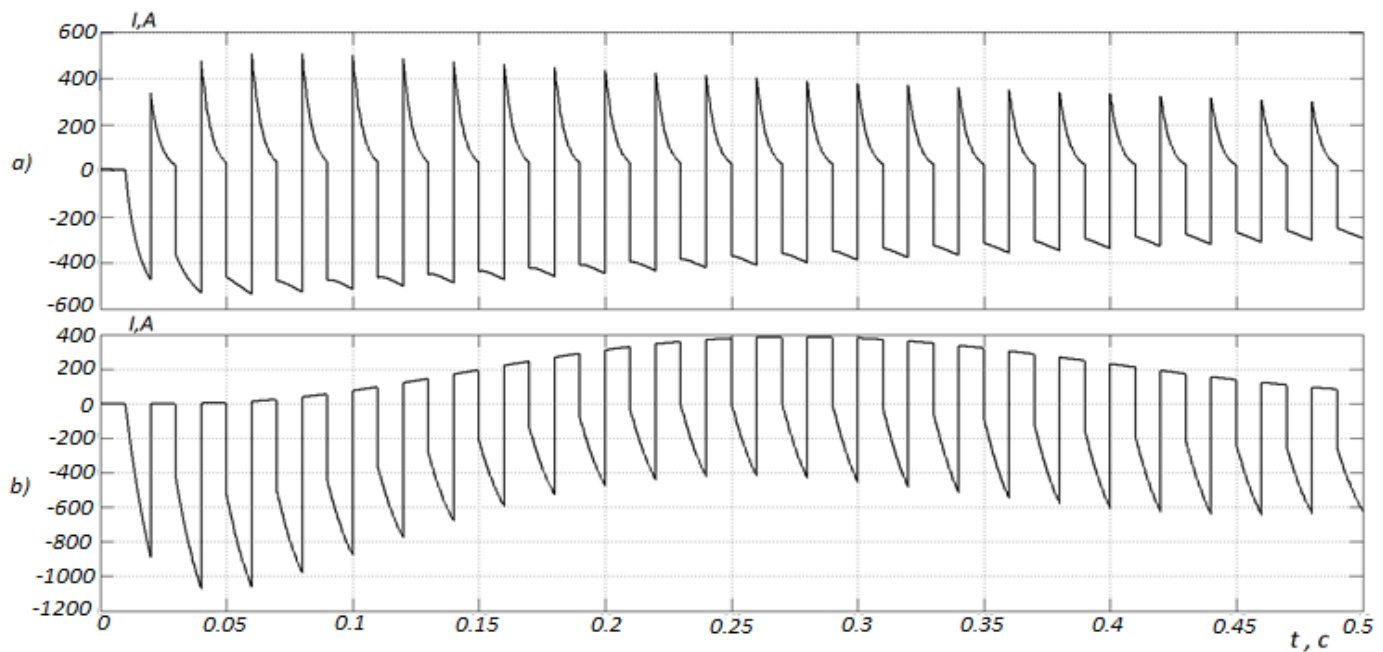


Рисунок 4 – Струм через суперконденсатор: а) режим без котушки індуктивності; б) режим з котушкою індуктивності.

При наявності котушки індуктивності між акумуляторною батареєю і суперконденсатором, індуктивність якої становить $L = 5\text{ мГн}$. Ключі на схемі: key1, 3, 4 – замкнені (положення – 2), key2 – розімкнений (положення – 1).

Котушка (L – на рис. 1) слугує додатковим накопичувачем енергії, яка буде при розімкненому ключі інвертора віддавати свою енергію саме суперконденсатору, а не акумулятору за рахунок наявності діоду (Diode1 – на рис. 1), і заряджати його до більш високої напруги ніж напруга акумулятора.

В початковий момент часу ключ інвертора розімкнений (положення – 1) струм в колі відсутній. Напруга акумулятора і суперконденсатора однакова 12В. В момент приходу імпульсу на ключ інвертора в колі навантаження починає протікати струм такий, як і в попередніх двох режимах (рис. 3). Струм через акумулятор в перші декілька періодів не протікає (рис. 2, с) за рахунок індуктивності (L – на рис.1). Тим самим даючи можливість запустити двигун з великими імпульсами струму лише від суперконденсатора. Лише на останніх фазах розгону двигуна включаючись в роботу з максимальним струмом до 400А (рис. 2, с), що значно менше ніж струм в попередніх двох режимах збільшуючи вдвічі можливість джерела електричної енергії.

В момент коли ключ інвертора розмикається (положення – 1) протікає струм заряджаючи суперконденсатор від акумулятора та котушки індуктивності (рис. 4, b – задній фронт імпульсу). Напруга акумулятора під час пуску АД просідає на 6,25 В.

Висновки:

1. Використання суперконденсатора в блоці живленні дозволяє значно зменшити струми акумулятора в момент пуску електродвигуна, що збільшує його ресурсні можливості та ККД.

2. За рахунок введення індуктивності в коло заряду суперконденсатора з'являється можливість зарядки суперконденсатора в момент розриву кола навантаження до більш високої напруги ніж напруга акумулятора $U_c > U_a$, за рахунок накопичення енергії в котушці.

3. Баланс внутрішніх опорів суперконденсатора і акумулятора має вагомий вплив на роботу схеми живлення електродвигуна. Чим більша різниця між ними тим заряд суперконденсатора відбувається до вищих напруг при однаковому проміжку часу.

Перелік посилань

1. Шидловский А.К., Павлов В.Б., Попов А.В. «Применение суперконденсаторов в автономном аккумуляторном электротранспорте». Технічна електродинаміка. – Київ, 2008. – 79 с.

2. Островерхов М.Я., Пижов В.М., «Модельовання електромеханічних систем в Simulink»: навч. посібник для студентів вищих технічних закладів.

3. Черных И.В. Моделирование электромеханических устройств в MATLAB, SimPowerSystems и Simulink. Питер, 2008. – 288 с.