

ПРОЦЕСИ І ХАРАКТЕРИСТИКИ СИНХРОННОГО ЕЛЕКТРОПРИВОДУ ЗІ СТРУМОВИМ КОМПАУНДУВАННЯМ

Наведені результати дослідження режимів роботи синхронного електроприводу зі струмовим компаундуванням, отримані методами математичного моделювання середньокрокових напруг другого порядку. Проаналізовано вплив контуру компаундування на характеристики синхронного електроприводу.

Приведены результаты исследования режимов работы синхронного электропривода с токовым компаундированием, полученные методами математического моделирования средних шаговых напряжений второго порядка. Проанализировано влияние контура компаундирования на характеристики синхронного электропривода.

The article presents research results of electromechanical processes in compound excitation systems of synchronous machine that have been obtained by mathematical modeling method. The influence of compound circuit on synchronous drive characteristics has been analyzed.

Вступ. Синхронні електроприводи зі струмовим компаундуванням використовуються у механізмах з різко змінним навантаженням, де необхідно забезпечити високу швидкодію регулювання струму збудження синхронного двигуна (СД) для його стійкої роботи. Поряд з цим такі системи забезпечують стабілізацію cosφ статора СД. Системи збудження синхронних електроприводів зі струмовим компаундуванням реалізують принцип регулювання за збуренням (рис.1,а) та комбіноване (рис. 1,б).

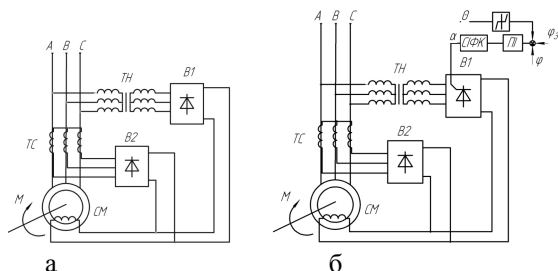


Рис.1. Схеми систем збудження синхронних електроприводів зі струмовим компаундуванням

Завдання дослідження - аналіз процесів та характеристик синхронного електроприводу зі струмовим компаундуванням методом математичного моделювання.

Виклад матеріалу. Системи збудження СД (рис.1,а), побудовані за принципом регулювання за збуренням, складаються з контуру компаундування (КК) та некерованого випрямляча. В системах збудження СД зі струмовим компаундуванням (рис. 1, б), що реалізують комбінований принцип регулювання, окрім КК міститься керований випрямляч з автоматичним регулятором збудження (АРЗ). КК складається з трансформаторів струму ТС та діодного випрямляча В2.

Математична модель систем збудження СД зі струмовим компаундуванням побудована на основі

теорії математичного моделювання електромашин-новентильних систем з застосуванням методу середньокрокових напруг 2-го порядку та описана в [2].

Особливістю математичної моделі є врахування: нелінійності синхронної машини (СМ), модель якої побудована у фазних координатах, а демпферна система – в координатах d, q ; дискретності вентилів напівпровідникових перетворювачів (кожний вентиль представляється RL – структурою зі змінними параметрами). Модель дозволяє врахувати взаємні впливи між джерелом напруги та джерелом струму (контуром компаундування) в системі збудження.

Результати досліджень. Параметри СМ, що використовується в математичній моделі: напруга живлення $U_n = 10,5$ кВ, потужність 100 МВт, номінальний струм статора $I_{сн} = 5000$ А, номінальний струм збудження $I_f = 1500$ А, $L_d = 0,00536$ Гн, $L_{ad} = 0,0048$ Гн, $L_{\sigma f} = 0,0007578$ Гн, індуктивність демпферної системи за осями d і q - $L_{\sigma D} = 0,0005389$ Гн, $L_{\sigma Q} = 0,005389$ Гн, $R_s = 0,008$ Ом, $R_f = 0,12$ Ом, $J = 10,5$ тн². Параметри КК: коефіцієнт трансформації трансформаторів струму $K_{тс} = 7$, внутрішній опір кола збудження $R_w = 2 \cdot R_f$.

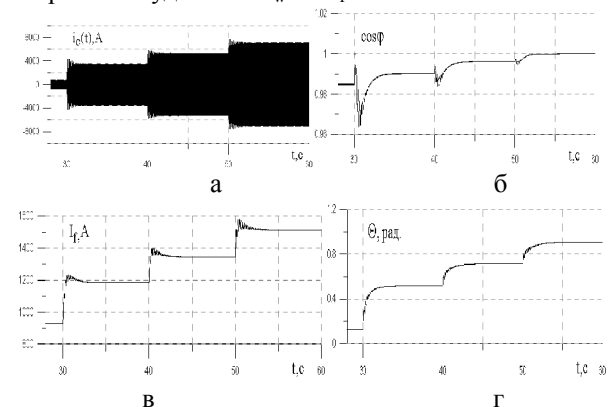


Рис. 2. Струм статора (а), коефіцієнт потужності (б), струм збудження (в) та кут навантаження (г) СД в режимі стрибкоподібної зміни навантаження

Параметри КК були підібрані таким чином, щоб для номінального навантаження $\cos\varphi$ був близьким до одиниці.

Дослідження синхронного електроприводу зі струмовим компаундуванням без АРЗ (рис.1,а), що проводились для різних навантажень СД: 0,1 0,5 0,75 та 1,0 від номінального значення, наведені на рисунках 2;3;4.

У режимі змін навантаження СД має місце зростання струму статора СД (рис.2,а), при цьому статична похибка регулювання коефіцієнта потужності становить 1,5 %, а максимальна динамічна похибка 3,5 % (рис. 2,б).

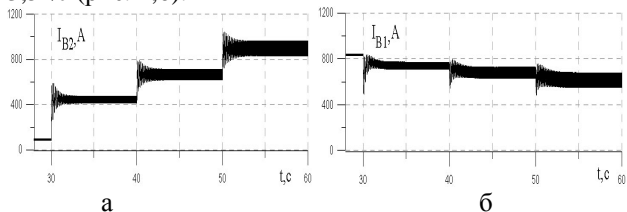


Рис. 3. Струм випрямляча В2 (а) та струм випрямляча В1 (б) в режимі стрибкоподібної зміни навантаження

Під час різкої зміни навантаження СД струм збудження (рис.2,в) формується за рахунок струму компаундування (рис.3,а). При цьому має місце просадка струму на виході некерованого випрямляча В1 (струму джерела напруги, рис.3,б). Зростання струму компаундування визначається параметрами ТС (коефіцієнтом трансформації k_{TC}) та величиною приросту навантаження. Приріст струму збудження та просадка струму джерела напруги згідно з [1]

$$\Delta I_f = \frac{k_{CX} \cdot \frac{\Delta I_{CM}}{k_{TC}}}{(1 + \frac{R_f}{R_w})}, \quad \Delta I_{B1} = -\frac{k_{CX} \cdot \frac{\Delta I_{CM}}{k_{TC}}}{(1 + \frac{R_w}{R_f})}, \quad (1)$$

де $k_{CX}=1,23$ – коефіцієнт трифазної мостової схеми випрямлення, k_{TC} – коефіцієнт трансформації ТС, ΔI_{CM} – приріст струму статора СМ.

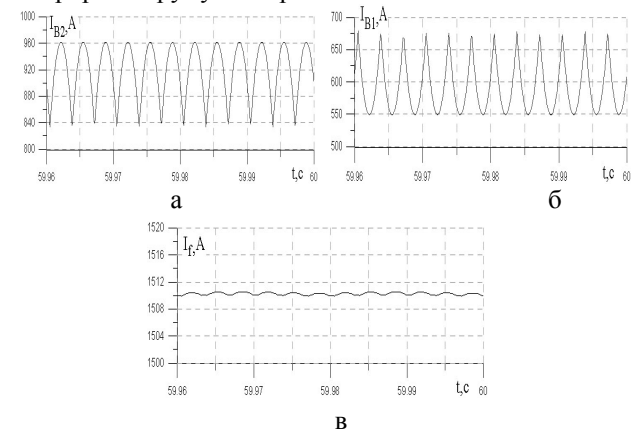


Рис.4. Струм випрямляча В2 (а) та струм випрямляча В1 (б) та струм збудження (в) СД в усталеному режимі при номінальному навантаженні СД

Пульсації струму компаундування (рис.4,б) не погіршують форму струму збудження СД (рис.4,а), лише змінюється характер струму на виході випрямляча В1 (рис.4,в). Це обумовлено тим, що індуктивність обмотки збудження СД є значно більшою від

внутрішньої індуктивності джерела напруги. Пульсації струму випрямляча В1 становлять 13,4 %, струму випрямляча В2 – 20,4 %, а струму збудження СД – 0,06 %.

Застосування АРЗ в системі збудження СМ зі струмовим компаундуванням (рис.1,б) дозволяє забезпечити відсутність статичної похибки регулювання та дещо кращі динамічні показники. Однак такі системи вимагають керованого випрямляча і є складнішими в налагодженні та експлуатації.

Висновки. Описані системи збудження синхронних електропроводів зі струмовим компаундуванням дозволяють забезпечити необхідний $\cos\varphi$ у всьому діапазоні навантажень зі статичною похибкою регулювання до 1,5 % та динамічною похибкою до 3,5 % без використання керованих випрямлячів та автоматичних регуляторів збудження. Пульсації струму компаундування не впливають на форму струму збудження СД, лише змінюється характер струму джерела напруги, що пояснюється значно більшою індуктивністю обмотки збудження СД в порівнянні з індуктивністю джерела напруги.

Список використаної літератури

1. Куцик А.С. Експериментальні дослідження електромагнітних процесів в електромеханічній системі з компенсацією реакції якоря синхронної машини /А.С.Куцик, М.Б.Семенюк, В.В.Тутка // Энергетика та Електрифікація. – №. 4. – К.: – 2010. – С. 41-45.
2. Плахтина О.Г. Системи споживання електроенергії синхронними машинами з компенсацією реакції якоря / О.Г.Плахтина, А.С.Куцик, М.Б.Семенюк // «Електроінформ». – Тем. вип. «Проблеми автоматизованого ел.приводу. Теорія і практика». – Львів: – 2009. – С. 144-45.

Отримано 07.07.2011



Куцик Андрій Степанович,
д-р техн.наук, проф. каф.
ел.приводу та автоматизації
пром.уст. Нац. ун-ту «Львівська
політехніка», м.Львів,
вул.Степана Бандери, 12,
тел. (032) 258 26 20
kutsyk@i.ua



Семенюк Микола Борисович,
асистент каф. ел.приводу та
автоматизації пром.уст. НУ
«Львівська політехніка»,
mykola.semenyuk@gmail.com



Тутка Василь Володимирович,
канд.техн.наук, інженер
Бурштинської ТЕС,
м. Бурштин,
вул. Калуська 10/76,
тел. 03438-43340
tutelli@mail.ru