

ратних зв'язей належать до канонічних координат системи, що дозволяє розповсюдити результати даної роботи на всі системи п'ятого порядку, замкнуті по старшим похідним вихідної величини.

ЛИТЕРАТУРА

1. Дерез А.Л. Синтез параметров регулятора положення оптимальної по швидкодії релейної системи управління електроприводом з епругою зв'яззю методом N-i переключень / Дерез А.Л., Садовой А.В. // Електромеханічні і енергосберегаючі системи. Тематичний випуск «Проблеми автоматизованого електропривода. Теорія і практика». – Кременчуг: КрНУ. – 2012. – Вип. 3/2012 (19). – С.15-17.
2. Садовой А.В. Оптимізація по швидкодії режиму малих переміщень двохмасової електромеханічної системи методом N-i переключень на підвижних границях області / Садовой А.В., Дерез А.Л. // Електротехнічні і комп'ютерні системи: науко-технічний журнал Одеського національного політехнічного університету. – К.: «Техніка». – 2011. – С.89-91.
3. Садовой А.В. Параметричний синтез релейної системи підчиненого регулювання швидкості електропривода з епругою зв'яззю / Садовой А.В., Дерез А.Л. // Вестник Кременчугського державного політехнічного університету. – Кременчуг: КГПУ. – 2008. – Випуск 3/2008(50). Частина 1. – С.83-87.
4. Дерез А.Л. Оптимізація по швидкодії позиційного електропривода методом N-i переключень в контексті теореми об N інтервалах / Дерез А.Л., Садовой А.В. // Збірник науконих трудов ДГТУ. – Дніпродзержинськ. – 2013. – Вип. 3 (23). – С.93-97.

Поступила в редакцію 03.09.2015.

УДК 621.313.322

СТОРОЖКО С.П., к.т.н., доцент

Дніпродзержинський державний технічний університет

МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМИ ТИРИСТОРНИЙ РЕГУЛЯТОР НАПРУГИ – АСИНХРОННИЙ ДВИГУН З ІНДУКЦІЙНИМИ ОПОРАМИ В КОЛІ РОТОРНОЇ ОБМОТКИ

Вступ. Силовий електропривод (ЕП) є основним споживачем електроенергії і його енергетичні показники слугують основним критерієм оцінки ефективності роботи енергосистеми в цілому. Розрахунки й дослідження електромеханічних систем методом математичного моделювання значно прискорюються застосуванням прикладних пакетів комп'ютерних програм, які дозволяють на різних етапах вирішувати складну проблему всебічного аналізу режимів роботи систем електропривода.

Постановка задачі. Дослідження процесів перетворення енергії в пристрої плавного пуску асинхронного двигуна, реалізованого на основі тиристорного регулятора напруги.

Результати роботи. Математична модель (рис.1) складається із трифазного джерела живлення, схеми трифазного тиристорного регулятора напруги, асинхронної машини, системи імпульсно-фазового керування тиристорами, регуляторів і блоку вимірника змінних стану асинхронної машини (АМ). Для забезпечення невеликої тривалості перехідних процесів рекомендується вибрати АМ потужністю в декілька кВт. У джерелі живлення лінійна напруга прийнята 220В.

Система керування тиристорами розташована в блоці SIFU, яка синхронізується з мережею через вхід U_{abc} , і напруги вимірюються щодо землі. У вимірнику струмів і

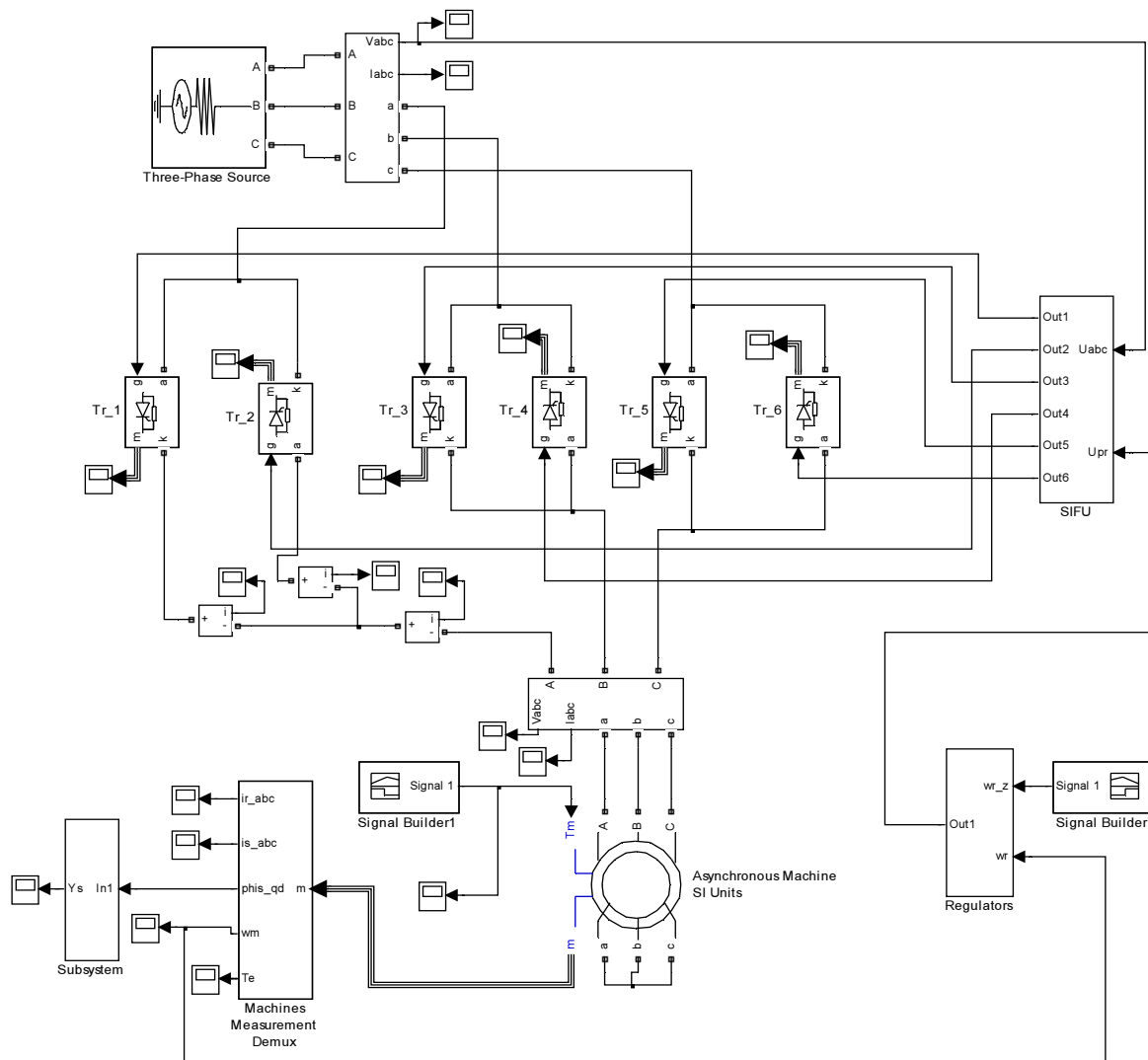


Рисунок 1 – Система імпульсно-фазового керування тиристорами

напруг на виході ТРН навпаки фіксуються лінійні напруги. Схема SIFU представлена на рис.2. Сигнал керування в блок SIFU надходить із виходу внутрішнього регулятора.

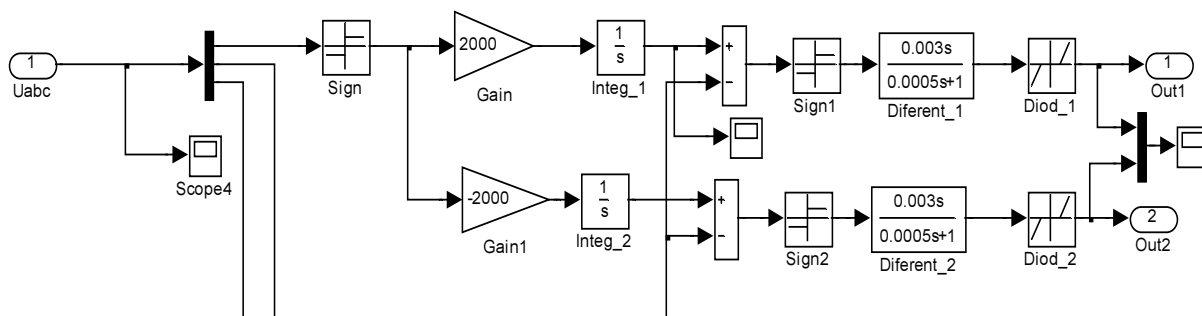


Рисунок 2 – Математична модель системи тиристорний регулятор напруги – АД

Живлення обмоток статора від регулятора напруги здійснюється таким чином, що при ковзанні ротора, відмінних від нуля, магнітний потік, створюваний струмами ротора, обертається із синхронною швидкістю й, таким чином, нерухомий щодо маг-

нітного потоку статора. Після перетворень, що полягають у заміні потокозчеплень струмами й розв'язку рівнянь щодо перших похідних струмів, система рівнянь АМ в осях а, в, с прийме наступний вигляд [1]:

$$\begin{cases} u_{sa} = (R_s + D X_s) i_{sa} + x_{ms} D i_{sb} + x_{ms} D i_{sc} + x_m D i'_{ra} - \frac{1}{2} x_m D i'_{rb} - \frac{1}{2} x_m D i'_{rc}; \\ u_{sb} = x_{ms} D i_{sa} + (R_s + D X_s) i_{sb} + x_{ms} D i_{sc} - \frac{1}{2} x_m D i'_{ra} + x_m D i'_{rb} - \frac{1}{2} x_m D i'_{rc}; \\ u_{sc} = x_{ms} D i_{sa} + x_{ms} D i_{sb} + (R_s + D X_s) i_{sc} - \frac{1}{2} x_m D i'_{ra} - \frac{1}{2} x_m D i'_{rb} + x_m D i'_{rc}. \end{cases}$$

$$\begin{cases} u'_{ra} = x_m D i_{sa} - x_m \left(\frac{1}{2} D - \frac{\sqrt{3}}{2} \omega \right) i_{sb} - x_m \left(\frac{1}{2} D + \frac{\sqrt{3}}{2} \omega \right) i_{sc} + \\ + (R_r + D X_r) i'_{ra} + [x_{mr} D + \frac{\omega}{\sqrt{3}} (x_r - x_{mr})] i'_{rb} + [x_{mr} D - \frac{\omega}{\sqrt{3}} (x_r - x_{mr})] i'_{rc}; \\ u'_{rb} = -x_m \left(\frac{1}{2} D + \frac{\sqrt{3}}{2} \omega \right) i_{sa} + x_m D i_{sb} - x_m \left(\frac{1}{2} D - \frac{\sqrt{3}}{2} \omega \right) i_{sc} + \\ + [x_{mr} D - \frac{\omega}{\sqrt{3}} (x_r - x_{mr})] i'_{ra} + (R_r + D X_r) i'_{rb} + [x_{mr} D + \frac{\omega}{\sqrt{3}} (x_r - x_{mr})] i'_{rc}; \\ u'_{rc} = -x_m \left(\frac{1}{2} D - \frac{\sqrt{3}}{2} \omega \right) i_{sa} - x_m \left(\frac{1}{2} D - \frac{\sqrt{3}}{2} \omega \right) i_{sb} + x_m D i_{sc} \\ + [x_{mr} D + \frac{\omega}{\sqrt{3}} (x_r - x_{mr})] i'_{ra} + [x_{mr} D - \frac{\omega}{\sqrt{3}} (x_r - x_{mr})] i'_{rb} + (R_r + D X_r) i'_{rc}. \end{cases}$$

Рівняння моменту записане через реальні величини

$$M_e = \frac{\sqrt{3}}{2} M_p [i'_{sa} (i'_{rc} - i'_{rb}) + i'_{sb} (i'_{ra} - i'_{rc}) + i'_{sc} (i'_{rb} - i'_{ra})],$$

а в відносних одиницях, поділивши на $M_{e\delta} = \frac{3}{2} p \frac{U_{\delta} \cdot I_{\delta}}{\omega_{\delta}}$, маємо

$$\mu_e = \frac{x_m}{\sqrt{3}} [i'_{sa} (i'_{rc} - i'_{rb}) + i'_{sb} (i'_{ra} - i'_{rc}) + i'_{sc} (i'_{rb} - i'_{ra})].$$

Схема формування керуючих імпульсів для тиристора синхронізується з живильною мережею. Для цього з вимірника напруги мережі сигнал подається на компаратор Sign і далі через підсилювач – на інтегратор.

Ці блоки становлять генератор однополярної пілкоподібної напруги з періодом, що дорівнює періоду напруги джерела живлення. Рівень сигналу (0-10В) блоку Constant1 визначає величину кута керування тиристором. Далі суматор, компаратор Sign1, диференціатор Transfer Fcp являють собою устрої формування керуючих імпульсів, з яких необхідні тільки імпульси позитивної полярності. Нелінійний елемент Dead

Zone відіграє роль діода, що не пропускає на керуючий електрод тиристора імпульси негативної полярності. Таким чином, система керування тиристором побудована по вертикальному принципу.

Регулятор швидкості настроєний на симетричний оптимум [1]. Блок регуляторів Regulators складається зі схеми регулятора швидкості АМ. Рівні всіх обмежень $\pm 10\text{В}$, коефіцієнт зворотного зв'язку по швидкості розрахований, виходячи з того, що АМ має дві пари полюсів. Коефіцієнти пропорційної й інтегральної частин Пі-регулятора швидкості підбираються експериментальним шляхом у процесі настроювання моделі. Блок Signal Builder формує сигнал завдання швидкості й при плавному пуску являє собою задатчик інтенсивності наростання швидкості. Швидкість АМ за 1-2 секунди повинна зрости від нуля до рівня, на 10% нижчого від синхронної швидкості. Потім стрибкоподібно прикладається момент статичного навантаження, що приблизно дорівнює половині номінального моменту АМ. Далі по сигналу завдання здійснюється зниження швидкості до $0.7\omega_0$. Цих режимів роботи досить для дослідження ТРН як пристрою плавного пуску асинхронного двигуна й регулювання його швидкості в невеликому діапазоні 1.5:1.

Висновки. Моделювання складної системи зі змінною структурою з урахуванням перехідних процесів не тільки в електричній машині, але й у тиристорному перетворювачі дозволяє вивчити динамічні режими у всіх елементах електропривода (рис.3-6).

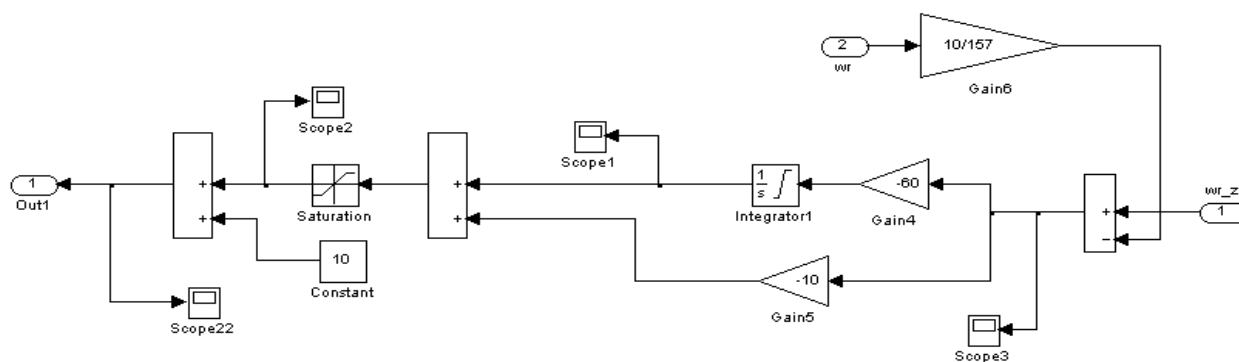


Рисунок 3 – Схема набору моделі регулятора напруги

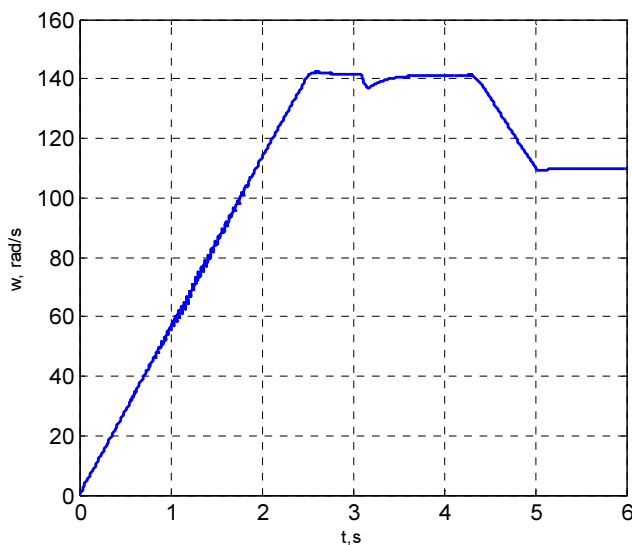


Рисунок 4 – Перехідний процес по швидкості в системі тиристорний регулятор напруги – асинхронний двигун

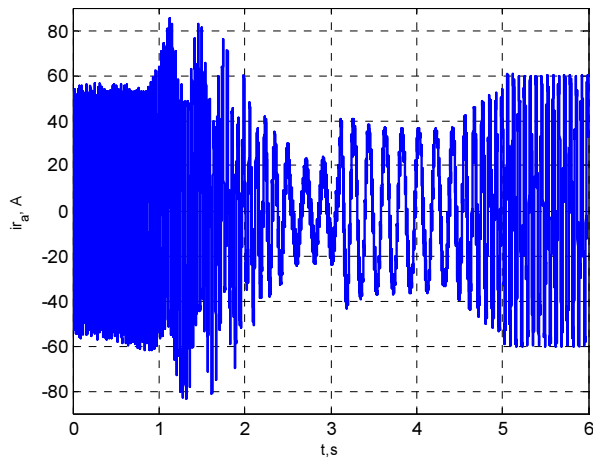


Рисунок 5 – Струм статора фази А

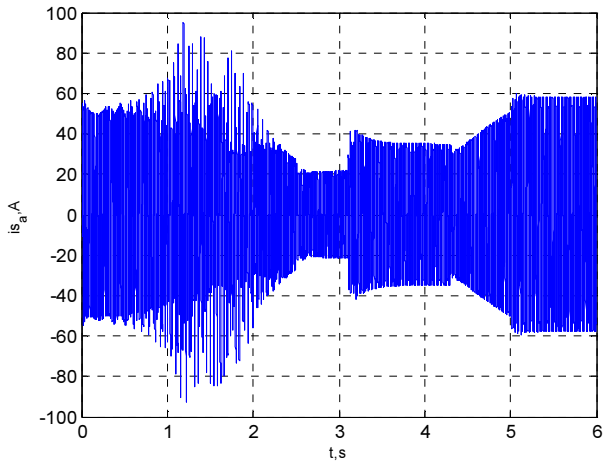


Рисунок 6 – Струм фази ротора

ЛІТЕРАТУРА

1. Войтех А.А. Исследование асинхронных двигателей с переменным составом гармоник поля / Войтех А.А., Сторожко С.П. – К.: Препринт ИЭД АН УССР. – 1974. – 60с.
2. Сторожко С.П. Дослідження динамічних режимів АД з індукційними опорами в роторних колах / Сторожко С.П., Сліпченко І.А. // Збірник наукових праць Дніпродзержинського державного технічного університету (технічні науки). – Дніпродзержинськ: ДДТУ. – 2009. – Випуск 3 (13). – С.114-121.

Надійшла до редколегії 07.09.2015.