УДК 62-83

СТРУКТУРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ ЕНЕРГІЇ

ЯК ЕЛЕМЕНТІВ СИСТЕМ ЕЛЕКТРОПРИВОДІВ

**Горбанов А.М., магістрант; Чекавський Г.С., доцент, к.т.н. (Ph.D.)**

*(Донецький національний технічний університет, м. Донецьк, Україна)*

Важливим етапом проектування систем електроприводів (ЕП) у відповідності до вимог, що висуваються до них, є математичне моделювання, яке проводиться з метою аналізу робочих режимів та, за необхідністю, уточнення параметрів системи автоматичного регулювання (САР). Оскільки сучасні методики синтезу САР засновані на попередній розробці математичної моделі об’єкта регулювання, то остання має характеризувати усі основні властивості об’єкта.

У реальних системах ЕП найбільш динамічні процеси протікають у силовому перетворювачі (СП). У більшості випадків при синтезі і аналізі систем СП представляють у вигляді інерційної ланки (або ланки чистого запізнювання), що не завжди дозволяє досягти бажаного результату на етапі проектування системи, і потребує відповідної підстроювання параметрів елементів САР у конкретних технологічних умовах. Розробка адекватних моделей СП з урахуванням особливостей їхньої роботи як нелінійних дискретних елементів систем ЕП дозволить багато в чому уточнити параметри САР вже на етапі проектування, і є важливою і актуальною задачею.

Автори поставили за мету створення адекватних моделей основних видів СП, що використовуються в ЕП постійного і змінного струму, і відображають їх роботу у контексті роботи системи ЕП в цілому. Серед підходів до моделювання СП [1] найбільш перспективним є підхід, який заснований на представлені об’єкта у вигляді структурної схеми (структурне моделювання).

Для зручності розглядання СП як елемента системи ЕП доцільно зберегти математичний та фізичний сенс вхідних і вихідних координат, що відповідають функціональній схемі системи, а також напрямок передачі сигналів. Перед складанням структурної схеми СП доцільно також виконати розділення елементів, що виконують відокремлені функції.

При цьому підході СП як елемент системи ЕП може бути представлений в узагальненому вигляді, що вказано на рис.1. Формування вихідної напруги СП виконується в залежності від параметрів напруги живильної мережі , сигналу управління , який поступає із САР, і струму навантаження , що визначає поточний режим роботи СП. Крім того, передбачається можливість передачі інформації про режим роботи СП в моделі елементів живильної мережі (зокрема, фільтрів, інших перетворювачів, власно мережі) та у САР за допомогою багаторівневого сигналу , а також блокування СП при надходженні сигналу заборони  із САР. Деталізація елементів СП проводилась таким чином, щоб по можливості зберегти форму и структурну схожість моделей (див. рис.1). Так, основою елементної бази СП є силові напівпровідникові прилади, через керуванням комутацією яких досягаються певна форма і параметри напруги (струму), що живить двигун, – в основному це діоди (у схемах некерованих випрямлячів та інверторів напруги), тиристори [у схемах керованих випрямлячів (КВ)] і транзистори (як базові комутаційні апарати інверторів напруги з ШІМ), що мають різне виконання.

У процесі роботи в середовищі додатка Simulink програмного пакету Matlab розроблені моделі напівпровідникових ключів (рис.2). Розроблені моделі дозволяють застосовувати різні ступені ідеалізації ключів, але не впливають на прийняту структуру їх представлення. На основі моделей ключів розробляються моделі напівпровідникових СП, які дозволяють виконувати аналіз процесів в об’єкті регулювання з урахуванням динаміки процесів в СП.

Розглянемо у цій статті підхід до створення моделі на прикладі керованих випрямлячів в ЕП постійного струму. В якості СП візьмемо нереверсивний трифазний КВ, виконаний за нульовою 3-пульсною схемою (рис.3). Для формування вектора стану ключів потрібно передбачити модель системи імпульсно-фазового керування (СІФК) (рис.4). Модель нульової схеми КВ (рис.3) може бути використана як конструктивний елемент при створенні моделей багатопульсних схем випрямлення.

1

Ud

Us\_f

state

Id

U\_vd

Тиристор C

Us\_f

state

Id

U\_vd

Тиристор B

Us\_f

state

Id

U\_vd

Тиристор A

max

3

states

2

Id

1

Us\_ABC

Рисунок 3 – Модель КВ, виконаного

за трифазною нульовою схемою.

1

states

Usm

Usm

Saturation

Relay2

Relay1

Relay

Uc\_ABC

Uop\_A1

Uop\_B1

Uop\_C1

Генератор

пилкоподібної

опорної

напруги

2

Uy

1

Uc\_ABC

Рисунок 4 – Модель СІФК.

Модель роботи КВ, виконаного за трифазною нульовою схемою, на активно-індуктивне навантаження (в якості якого може виступати, наприклад, обмотка збудження двигуна постійного стуму), представлена на рис.5, а графіки перехідних процесів при подачі напруги – на рис.6.

0

ws

Ufm

Ud,Id

Ud, Uy

y

Uc\_ABC

Uy

states

СИФУ

Tn.s+1

Ku\*Kt\*Tp/Rn.s

Regulator

1/Rn

Tn.s+1

Нагрузка

Ufm

Ws

t

fi0

Us\_A

Us\_B

Us\_C

Power Supply

Kt\*Idz

Ku

Kt

Current Sensor

Us\_ABC

Id

states

Ud

СП

Рисунок 5 – Модель КВ, який працює на активно-індуктивне навантаження.

На основі проведених досліджень можуть бути зроблені висновки:

1. При структурному моделюванні доцільно зберегти зв’язки між окремими елементами, що визначаються функціональною схемою. Це дозволяє легко перейти при моделюванні до дослідження статичних й динамічних властивостей системи ЕП з урахуванням реальних особливостей режимів роботи СП.

T

-300

-200

-100

0

100

200

300

2T

3T

4T

5T

*Uc\_ABC, Ud, Id*

*t*

*Ud*

*Id*

Рисунок 6 – Графіки відпрацьовування стрибка завдання струму при роботі

керованого випрямляча на активно-індуктивне навантаження.

2. За допомогою структурного підходу до моделювання можуть бути отримані уточнені моделі СП як нелінійних дискретних елементів у складі систем ЕП, що адекватно відображають їх основні властивості.

Перелік посилань

1. Чорний О.П. та ін. Моделювання електромеханічних систем: Підручник. – Кременчук, 2001. – 376 с.