

УДК 621.3.011.74.005

В.В. Михайленко, І.В. Рубаненко, К.В. Левченко

АНАЛІЗ ЕЛЕКТРОМАГНІТНИХ ПРОЦЕСІВ В КОЛАХ НАПІВПРОВІДНИКОВИХ ФОРМУВАЧІВ РОЗРЯДНИХ ІМПУЛЬСІВ У ЕЛЕКТРОТЕХНОЛОГІЧНИХ СИСТЕМАХ

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут», кафедра теоретичної електротехніки, VladislavMihaenko@i.ua

У статті створено математичну модель електромагнітних процесів у тиристорних формувачах, які використовують схеми заряду, розряду й додаткового перезаряду накопичувальних конденсаторів на електроіскрове навантаження.

Ключові слова: тиристор, напруга, імпульс, розряд, нестабільність, регулювання, перезарядка, час паузи.

При розробці напівпровідникових формувачів розрядних імпульсів (ФРІ) для електроживлення технологічних установок об'ємного електроіскрового диспергування (ОЕІД) металевих гранул у рідині однією з найбільш складних наукових задач є зменшення нестабільності вихідної напруги ФРІ, причому така нестабільність збільшується при зростанні частоти розрядних імпульсів [1].

Відомо, що зростання напруги заряду накопичувального конденсатора ФРІ призводить до зменшення електричного опору електроіскрового навантаження. Ця залежність при коливальному заряді конденсатору і його коливальному розряді на навантаження викликає збільшення на пруги його перезаряду та підвищення напруги наступного заряду. Виникла потреба розробки схеми ФРІ з від'ємним зв'язком між напругою заряду конденсатору і напругою його попереднього перезаряду.

Для реалізації указаної залежності було розроблено схему тиристорного перетворювача, приведену на рис. 1, в якій накопичувальний конденсатор C_1 заряджається через високодобротний дросель L_1 від напівпровідникового формувача постійної напруги ФПН.

Для моделювання й аналізу режимів заряду, розряду і перезаряду конденсатору C_1 в схемі на рис. 1 доцільно використовувати прикладні програми типу *Simulink Matlab*, які призначені для чисельного розрахунку сталих і перехідних електромагнітних процесів в електричних колах з напівпровідниковими ключами.

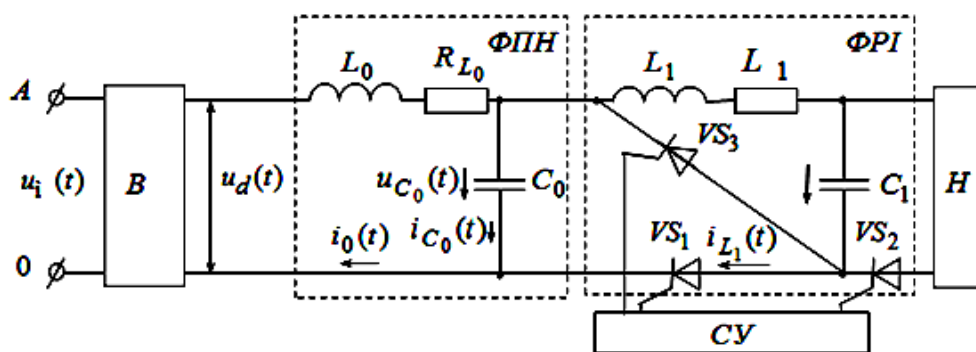


Рисунок 1. Функціональна схема тиристорного перетворювача

Метою роботи було виконати чисельний аналіз електромагнітних процесів у тиристорних формувачах, які використовують схеми заряду, розряду й додаткового перезаряду накопичувальних конденсаторів на електроіскрове навантаження, й обґрунтувати можливість регулювання вихідної напруги зазначених формувачів за рахунок використання зарядного дроселю й зміни часового інтервалу між включеннями тиристорів для перезаряду конденсатору та його наступного заряду.

На функціональній схемі, приведеній на рис. 1, позначено: B - однофазний випрямляч напруги мережі живлення $u_M(t)$; H - електроіскрове навантаження; C_0 і C_1 - ємності фільтруючого конденсатору на виході ФПН і накопичувального конденсатора Ф; L_0 , L_1 і L_2 - індуктивності фільтруючого дроселю на виході випрямляча B , зарядного дроселю конденсатора C_1 та його розрядного контуру; R_{L_0} і R_{L_1} - активні електричні опори дроселів L_0 і L_1 ; VS_1 , VS_2 і VS_3 - зарядний,

розрядний і перезарядний тиристорні ключі, які включають по черговому; $СУ$ - система управління включенням тиристорів VS_1 , VS_2 і VS_3 .

На рис.2 приведено графіки змінення напруг $u_{C_0}(t)$ і $u_{C_1}(t)$ на конденсаторах C_0 і C_1 та струмів $i_{L_0}(t)$ і $i_{L_1}(t)$ через дроселі L_0 і L_1 у перехідному й усталеному режимах за два періоди змінення напруги $u_d(t)$ на виході випрямляча B (див. рис.1) без передчасного включення тиристора VS_1 .

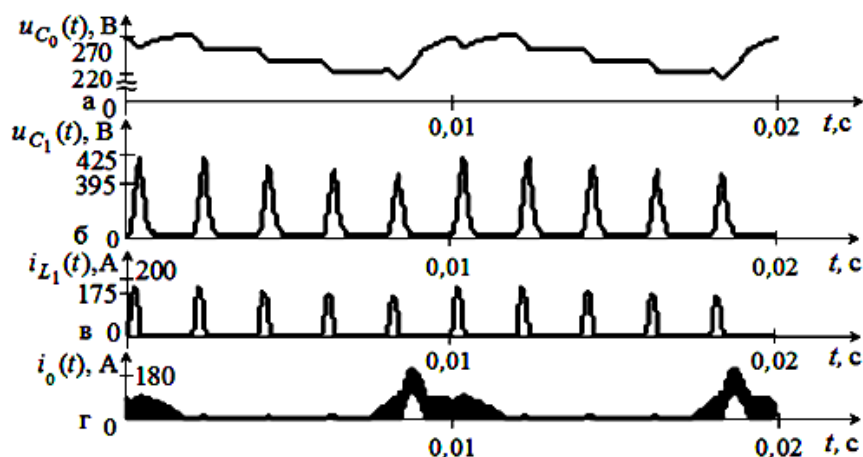


Рисунок 2. Діаграми напруг та струмів

Графіки змінення напруг $u_{C_0}(t)$ і $u_{C_1}(t)$ на конденсаторах C_0 і C_1 та струмів $i_{L_0}(t)$ і $i_{L_1}(t)$ через дроселі L_0 і L_1 у перехідному й усталеному режимах за два періоди змінення напруги $u_d(t)$ на виході випрямляча B (див. рис.1) з включенням зарядного тиристора VS_1 раніше, ніж вимикається перезарядний тиристор VS_3 , приведено на рис.3 і рис.4.

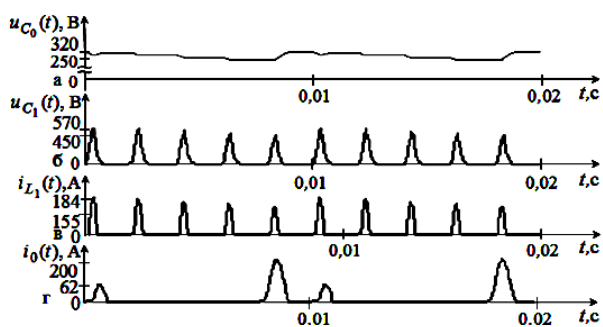


Рисунок 3. Діаграми напруг та струмів

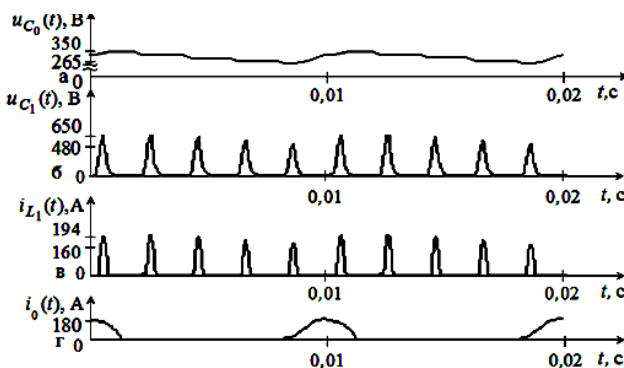


Рисунок 4. Діаграми напруг та струмів

Проводячи змінення паузи між включенням перезарядного VS_3 і зарядного VS_1 тиристорів в окремих зарядно-розрядно-перезарядних циклах можливо досягти зменшення нестабільності напруги на конденсаторі C_1 (тобто на виході ΦPI). При цьому тривалість затримки включення тиристора VS_1 для наступного заряду конденсатора після включення перезарядного тиристора VS_3 буде зменшуватись по мірі розряду конденсатора C_0 під час зарядів конденсатора C_1 , при яких підзаряду конденсатора C_0 від мережі електроживлення не відбувається.

Проведені дослідження підтвердили доцільність використання пакету прикладних програм *Simulink Matlab* для аналізу перехідних і усталених режимів в суттєво нелінійних електричних колах

напівпровідникових перетворювачів параметрів електричної енергії. Особливо важливим є те, що використання пакету прикладних програм *Simulink Matlab* забезпечує дослідження енергетичних і динамічних характеристик, які можуть бути критичними для елементів напівпровідникових *ФПІ*. Важливим також є те, що використання математичних моделей дає високу повторюваність отриманих результатів на відміну від досліджень на фізичних моделях і експериментальних зразках.

Частота можливих підзарядок від мережі електроживлення конденсатора C_0 для схеми напівпровідникового перетворювача, яка приведена на рис.1, складає 100 Гц , а частота відбору електричної енергії від нього при зарядах конденсатора C_1 була рівною 500 Гц , а в дійсності може бути набагато більшою.

Це призводить до зменшення напруги на конденсаторі C_0 під час тих зарядів конденсатора C_1 , при яких підзаряду конденсатора C_0 від мережі електроживлення не відбувається. За рахунок відповідного зменшення напруги і на конденсаторі C_1 , виникає низькочастотна модуляція (для даної схеми випрямляча *ФПН* з частотою 100 Гц) і вихідної напруги *ФПІ*.

При неузгоджених параметрах *ФПН* та *ФПІ* нестабільність напруги та інших параметрів розрядних імпульсів у технологічному навантаженні буду зростати. Так збільшення величини ємності C_1 та частоти її зарядно-розрядних циклів призводить до підвищення нестабільності параметрів розрядних імпульсів у навантаженні та збільшує нестабільність режимів споживання електроенергії від мережі електроживлення.

Збільшення величини ємності конденсатору C_0 зменшує нестабільність параметрів розрядних імпульсів, але при цьому зростає скажність імпульсних струмів на вході *ФПН* і нестабільність режимів споживання електроенергії від мережі живлення.

Збільшення індуктивності L_0 зменшує скажність імпульсних струмів підзарядки конденсатору C_0 і нестабільність напруги на виході *ФПН*, але при досягненні критичних значень призводить до обмеження електричної потужності.

В той же час, незважаючи на нестабільність напруги на виході *ФПН*, за рахунок регулювання тривалості паузи між включеннями перезарядного тиристора VS_3 і зарядного тиристора VS_1 можливо забезпечувати регулювання величини напруги на конденсаторі C_1 і відповідно на виході *ФПІ*. Використовуючи такий вплив тривалості паузи між включеннями перезарядного тиристора VS_3 і зарядного тиристора VS_1 можливо і суттєво зменшувати нестабільність напруги розрядних імпульсів в електроіскровому навантаженні.

Висновки і пропозиції.

Підтверджено доцільність використання пакету прикладних програм *Simulink Matlab* для аналізу перехідних і усталених режимів в суттєво нелінійних електричних колах напівпровідникових перетворювачів параметрів електроенергії для живлення електроіскрових навантажень.

Особливо важливим є те, що використання пакету прикладних програм *Simulink Matlab* забезпечує дослідження енергетичних і динамічних характеристик, які можуть бути критичними для елементів напівпровідникових *ФПІ*. Використовуючи вплив тривалості паузи між включеннями перезарядного тиристора VS_3 і зарядного тиристора VS_1 можливо суттєво зменшувати нестабільність напруги розрядних імпульсів в електроіскровому навантаженні.

Список використаних джерел

1. Михайленко В. В. Регулювання напруги параметрів напівпровідникового формувача розрядних імпульсів у високочастотній електротехнологічній системі шляхом зменшення паузи між включенням перезарядного та зарядного тиристорів / В. В. Михайленко, А. А. Щерба, О. О. Фаріна // Техн. електродинаміка. Темат. вип. "Силова електроніка та енергоефективність". – 2012. Ч.3. – С. 55 – 60.