МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ НАПІВПРОВІДНИКОВОГО ПЕРЕТВОРЮВАЧА З ШЕСТИЗОННИМ РЕГУЛЮВАННЯМ ВИХІДНОЇ НАПРУГИ

Михайленко В.В., к.т.н., ст. викладач
НТУУ «КПІ», кафедра теоретичної електротехніки
Куник Ю.І., студентка
НТУУ «КПІ», кафедра електричних станцій
Чупак В.В., студент
НТУУ «КПІ», кафедра технології машинобудування
Невмощенков М.В., студент
НТУУ «КПІ», кафедра конструювання станків і машин

Вступ. Тенденції якісного перетворення електричної енергії, а також успіхи у розвитку напівпровідникової техніки дозволяють використовувати в перетворювальних установках ланку високої частоти з частотою переключення вентилів значно більшої від частоти змінної напруги промислової мережі [1-3]. В тих випадках, коли за вимогами навантаження необхідно забезпечити його гальванічну розв'язку з енергетичною мережею при багатозонному регулюванні вихідної напруги, в якості проміжних структур доцільно використовувати структури перетворювачів частоти з однократною модуляцією (ПЧ з ОМ). У [1, 2] показана доцільність використання структур ПЧ з ОМ в діагностичних комплексах електромеханічних систем для побудови вторинних джерел живлення постійного струму. У даній роботі використовується така ж структура в якості ланки високої частоти перетворювачів трифазної напруги в постійну напругу при підключенні силових модуляторів (СМ) до лінійних проводів енергетичної мережі.

Метою цієї роботи є аналіз використання математичної моделі напівпровідникового перетворювача трифазної напруги у постійну з шестизонним регулюванням вихідної напруги

Матеріали і результати досліджень. На структурної схемі напівпровідникового перетворювача (НПП) (рисунок 1) умовно позначено: $СМ_{АВ}$, $СМ_{ВС}$, $СМ_{СА}$ – силові модулятори відповідних лінійних напруг та *ВЧВ* – високочастотний випрямляч.

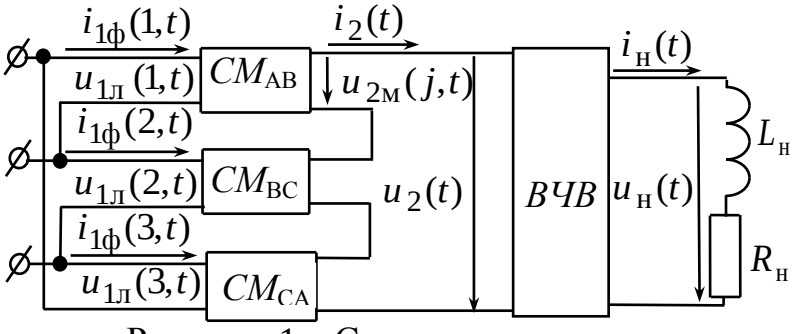

Рисунок. 1 – Структурна схема

Приймемо такі припущення: вхідна мережа симетрична і її внутрішній опір дорівнює нулю, транзистори і діоди представляються ідеальними ключами, трансформатори не мають втрат, навантаження має активно-індуктивний характер [1]

$$u_{\text{н}}(t)=\sum_{n=1}^{N=6}\sum_{j=1}^{3}\frac{u_{1\text{л}}(j,t)\psi_{\text{Вл}}(j,t)\psi_{\text{л}}(n,N,j,t)\psi_{\text{ВЧВ}}(t)}{k_{\text{тр}}}, \qquad (1)$$

де j = 1, 2, 3 – номери лінійних напруг; $k_{\text{тр}}$ – коефіцієнт трансформації; n = 1, 2, N=3 – номери зон регулювання; $\psi_{\text{Âë}}(j,t)$ – модулюючі функції, які співпадають за часом з лінійними напругами мережі; $u_{1\text{ë}}(j,t)$ – миттеві значення вхідних лінійних напруг; $\psi_{\text{ë}}(n,N,j,t)$ –модулюючі впливи j–х CM; $\psi_{\text{Â}\times\text{Â}}(t)$ – функція прямокутного синуса.

Струм на навантаженні перетворювача знайдемо, як реакцію одноконтурного RL–ланцюга на дію напруги $u_{\text{í}}(t)$. Для цього вирішимо диференціальне рівняння, складене для вихідного контуру перетворювача

$$i_{\text{í}}(t)R+L\frac{di_{\text{í}}(t)}{dt}=u_{\text{í}}(t) \qquad (2)$$

де: R і L – відповідно активний опір і індуктивність навантаження.

Рішення (2) відносно струму навантаження визначимо числовим методом за допомогою функції odesolve

$$i_{\text{í}}(t)=\text{odesolve}(t,s,z), \qquad (3)$$

де: t – час; s – часовий інтервал рішень; z – кількість точок на часовому інтервалі рішень.

Струми на вході кожної зони регулювання знаходимо з виразу виду

$$i_{1\text{ë}}(n,N,j,t)=\frac{i_{\text{í}}(t)\psi_{\text{Âë}}(j,t)\left|\psi_{\text{ë}}(n,N,j,t)\right|}{k_{\text{òð}}}. \qquad (4)$$

Лінійні струми на вході НПП знаходимо з виразу

$$i_{1\text{ë}}(n,j,t)=i_{1\text{ë}}(1,6,j,t)+i_{1\text{ë}}(2,6,j,t)+i_{1\text{ë}}(3,6,j,t)+$$
$$+i_{1\text{ë}}(4,6,j,t)+i_{1\text{ë}}(5,6,j,t)+i_{1\text{ë}}(6,6,j,t), \qquad (5)$$

де $i_{1\text{л}}(1,3,j,t)$, $i_{1\text{л}}(2,3,j,t)$ і $i_{1\text{ë}}(3,3,j,t)$– вхідні струми інверторів j–х лінійних напруг для першої, другої та третьої зон регулювання.

Вхідні фазні струми перетворювача знайдено з співвідношень

$$i_{1\hat{o}}(n,1,t) = i_{1ë}(n,1,t) - i_{1ë}(n,3,t);$$

$$i_{1\hat{o}}(n,2,t) = i_{1ë}(n,2,t) - i_{1ë}(n,1,t);$$

$$i_{1\hat{o}}(n,3,t) = i_{1ë}(n,3,t) - i_{1ë}(n,2,t). \qquad (6)$$

Діаграми струму навантаження в координатах вихідної напруги перетворювача і вхідних фазних струмів та напруг перетворювача, побудовані по (1) – (4), представлені на рисунку 2.

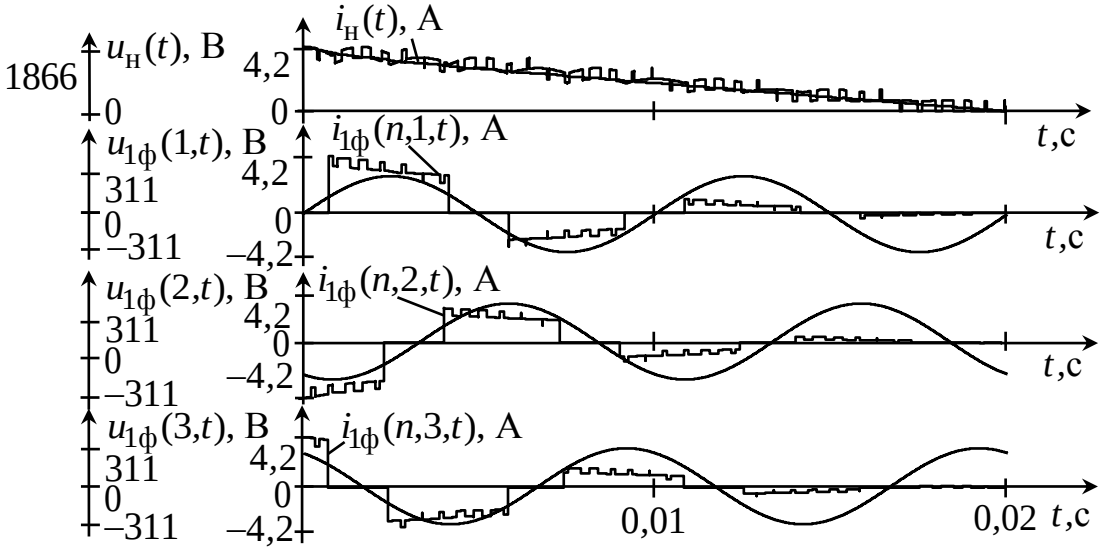

Рисунок 2 – Діаграми струму та напруги навантаження і вхідних фазних струмів та напруг

Висновки: Наведені результати досліджень показують, що різниця результатів експериментальних досліджень та досліджень, отриманих за допомогою аналізу данної математичної моделі, не перевищує 1 % Окрім наведених співвідношень і діаграм дана модель дозволяє аналізувати форми напруг і струмів на виході окремих СМ, а також їх елементах у процесі зонного регулювання вихідної напруги перетворювача.

Перелік посилань

1. Макаренко Н.П. Сетевые преобразователи электроэнергии комплексов технических средств промышленных предприятий // Вісник УБНТЗ. – 1999.-№1.-с.13-17.

2. Макаренко Н.П. Анализ и моделирование электромагнитных процессов в силовых преобразовательных устройствах методом модулирующих функций // Технічна електродинаміка.1999. Тематичний випуск. Системи електроживлення електротехнічних установок і комплексів, с.44-47.

3. Макаренко М.П. Аналіз електромагнітних процесів у модуляційному напівпровідниковому перетворювачі напруги з електромеханічним навантаженням / М.П. Макаренко, В.В. Михайленко // Техн. електродинаміка. Тем. вип. "Силова електроніка та енергоефективність". – 2003. – Ч. 3. – С. 21–24.