УДК 621.314.26-83

АНАЛІЗ ДИНАМІЧНИХ РЕЖИМІВ ДВИГУНА У СИСТЕМІ АІН-АД З ШИРОТНО-ІМПУЛЬСНОЮ МОДУЛЯЦІЄЮ

В.М.Шумяцький
Донецький національний технічний університет
boris@elf.dgtu.donetsk.ua

The system a Independent Inverter of Voltage – Asynchronous Engine (IIV – AE) is considered, in quality of IIV was used the transistor converter of frequency. For it the mathematical model IIV with Pulse–Width Modulation is developed which can be used for the analysis of an asynchronous drive on a basis transistor conveter of frequency.

Об'єктом дослідження є автономний інвертор напруги, який живить трифазний асинхроний двигун. Метою роботи є розробка математичної моделі системи "АІН-АД" для дослідження електромагнітних процесів малопотужного електропривода із застосуванням транзисторного перетворювача частоти. АІН по заданому закону широтно-імпульсної модуляції (ШІМ) перетворює постійну напругу U_c у вихідну напругу U_2, що регулюється по частоті і амплітуді першої гармоніки.

Новизною такої математичної моделі системи "АІН-АД" є використання додатку Simulink універсального прикладного пакету Matlab, що дає можливість отримати наглядність динамічних процесів у системі. Це спрощує аналіз асинхронного електропривода з транзисторним перетворювачем частоти.

Існує декілька способів формування широтно-імпульсної модуляції. Найбільш кращу форму при порівняно простому способі формування імпульсів отримав "вертикальний" спосіб управління, коли моменти комутації силових вентилів відповідають рівності керуючого і розгортаючого сигналів. Причому найчастіше застосовується розгортаючий сигнал трикутної форми. Його можно реалізувати, якщо використовувати зворотні тригонометричні функції за формулою:

$$U_r(\omega t) = 2 \cdot \arcsin\left[\sin(S \cdot \omega t - \frac{\pi}{2})\right] / \pi \qquad (1)$$

де S – відношення частоти комутації до вихідної частоти автономного інвертора;

Керуючі сигнали являють синусоїди, які створюють трифазну систему:

$$U_{yA}(\omega t) = k_m \sin(\omega t), U_{yB}(\omega t) = k_m \sin\left(\omega t - \frac{2\pi}{3}\right), U_{yC}(\omega t) = k_m \sin\left(\omega t - \frac{4\pi}{3}\right), \qquad (2)$$

де k_m – відношення амплітуди керуючої напруги до напруги розгортки.

Чим більше значення S, тим краща форма вихідної напруги може бути отримана. Сучасні транзистори дозволяють здійснювати комутації з частотою декілька мегагерц, при необхідній частоті на виході інвертора в десятки герц. Тому значення S можуть досягати кількох сотень. Форма струму, що отримується при цьому, практично невідрізняється від синусоіди. При математичному моделюванні величина S обмежується значенням 100 (подальше звеличення S для цієї системи незначно поліпшує якість вихідної напруги АІН при значному звеличенні машинного часу на моделювання) і являє ряд чисел 12, 24, 48, 96, і т.д. Справа в тому.що при таких значеннях в період керуючої напруги укладається ціле число періодів сигналу розгортки, причому це справедливо для трифазної системи, що дозволяє застосовувати єдиний генератор сигналу розгортки (рис. 1).

Управляти частотою і діючим значенням вихідної напруги, можна змінюючи частоту і амплітуду керуючого сигналу. Завдяки цьому, форма струму навантаження наближається до синусоїдної. Таке управління дозволяє змінювати напругу на навантаженні від нуля до максимального значення при незмінній напрузі джерела живлення, за рахунок змінення амплитуди керуючого сигналу

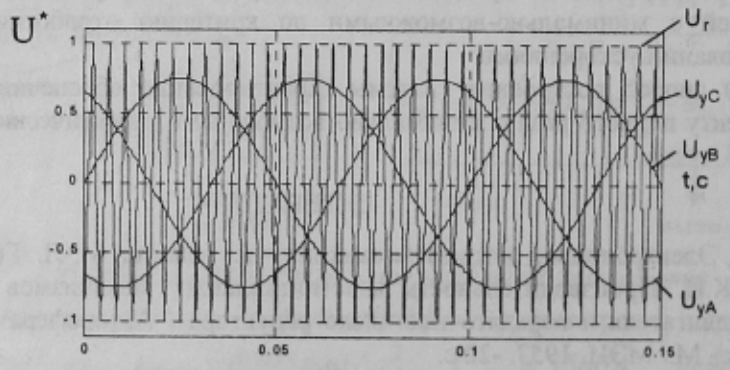


Рисунок 1– Напруги управління і розгортки

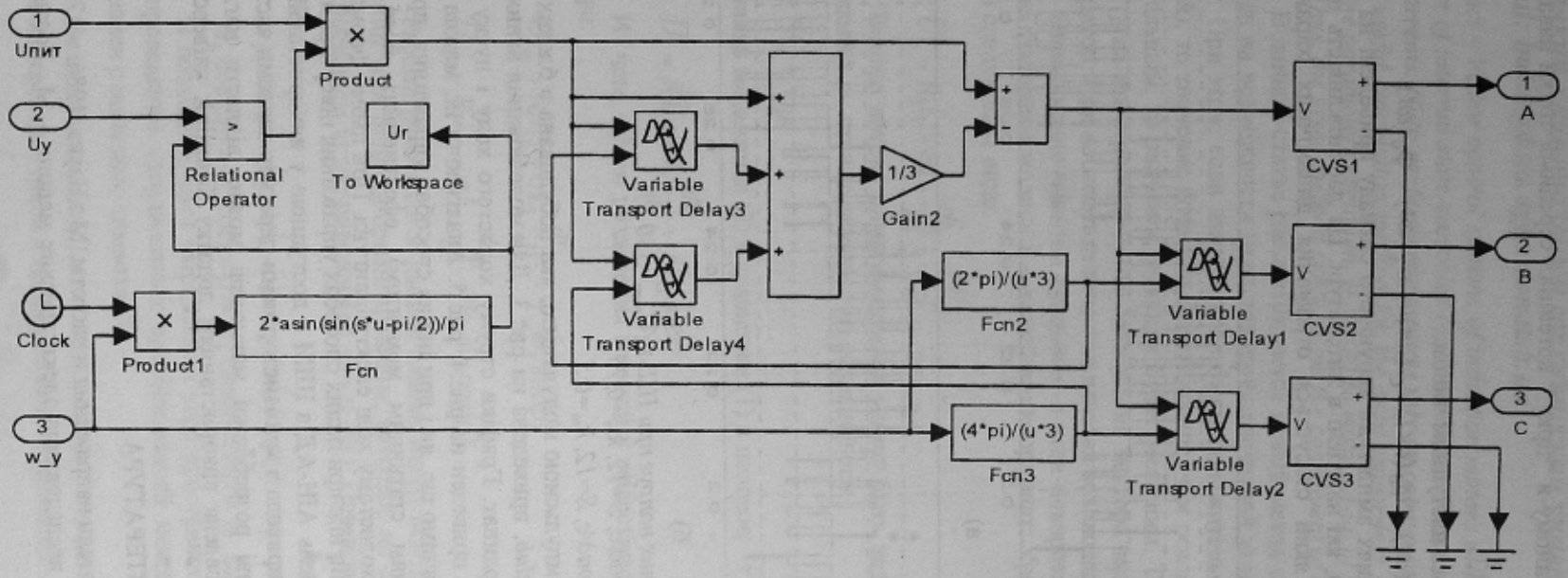


Рисунок 3. – Функціональна схема АІН з ШІМ у блоках Simulink

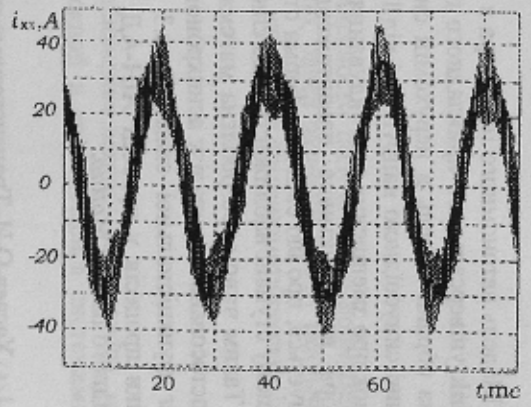


Рисунок 5 – Струм холостого ходу

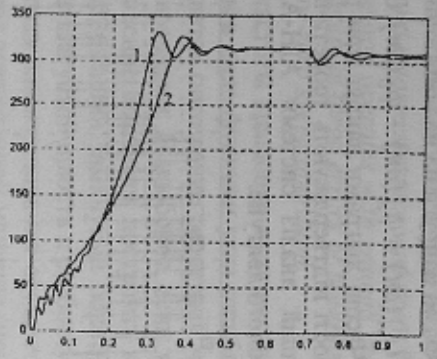


Рисунок 5 – Пуск асинхронного двигуна
1 – При живленні синусоідною напругою
2 – Система АІН–АД з ШІМ.

Методика розрахунку фазних напруг навантаження мало відрізняється від вищевикладеної. Відмінність полягає в тому, що керуючі сигнали порівнюються не з одиницею, а з сигналом розгортки. Потенціали фаз відносно точки нуль визначаються як:

$$\varphi_A(\omega t)=\begin{cases}1, & U_r(\omega t)<U_{yA}(\omega t)\\ 0, & U_r(\omega t)\geq U_{yA}(\omega t)\end{cases};\varphi_B(\omega t)=\begin{cases}1, & U_r(\omega t)<U_{yB}(\omega t)\\ 0, & U_r(\omega t)\geq U_{yB}(\omega t)\end{cases};\varphi_C(\omega t)=\begin{cases}1, & U_r(\omega t)<U_{yC}(\omega t)\\ 0, & U_r(\omega t)\geq U_{yC}(\omega t)\end{cases}. \quad (3)$$

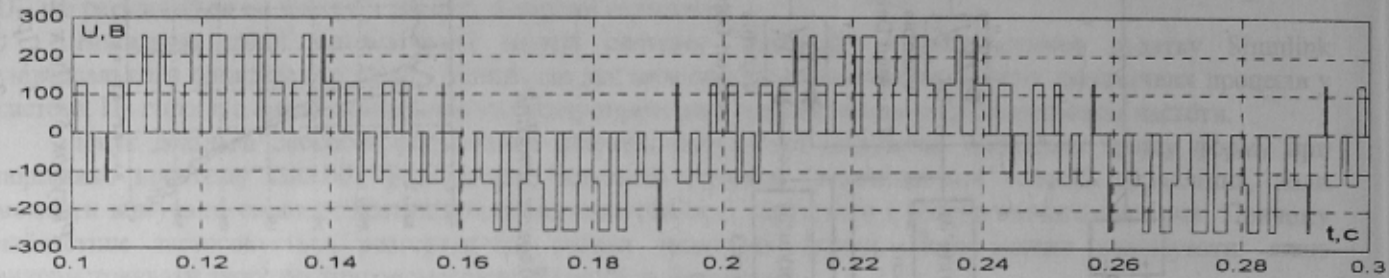
При симетричному навантаженні, сполученному в "зірку", потенціал середньої точки навантаження відносно точки нуль:

$$\varphi_0(\omega t)=(\varphi_A(\omega t)+\varphi_B(\omega t)+\varphi_C(\omega t))/3. \quad (4)$$

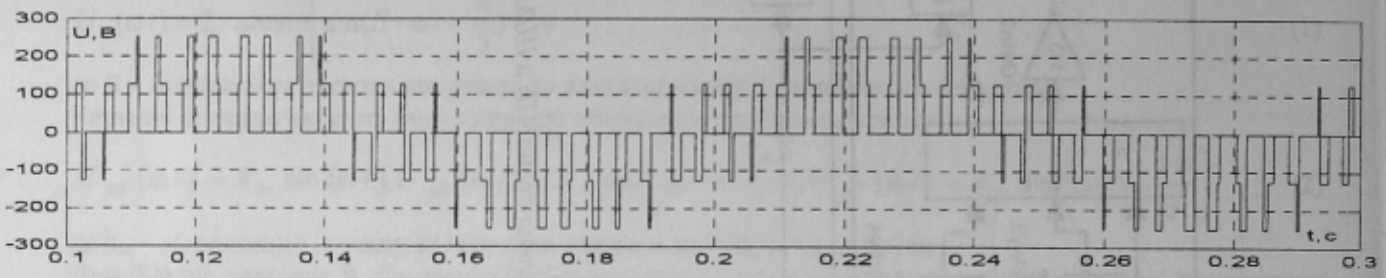
Фазні напруги на навантаженні визначаються наступним чином:

$$U_A(\omega t)=\varphi_A(\omega t)-\varphi_0(\omega t), U_B(\omega t)=\varphi_A(\omega t)-\varphi_0(\omega t), U_C(\omega t)=\varphi_A(\omega t)-\varphi_0(\omega t). \quad (5)$$

Часові діаграми напруг при різних значеннях амплітуди керуючого сигналу приведені на рис.2. Ці залежності підтверджують теоретичні положення, які наведені в літературі. Це дає можливість провадити подальший аналіз системи АІН-АД з ШІМ, який стосується отримання динамічних характеристик асинхроного двигуна.



а)



б)

Рисунок 2. – Форми фазних напруг при ШІМ ($U_{пит}$=380 В):
а) $\omega_з$=10 рад/с, S=12, k_m=0,75;
б) $\omega_з$=10 рад/с, S=12, k_m=0,5.

Модель автономного інвертора з широтно-імпульсною модуляцією, яка побудована в блоках додатку **Simulink** універсального прикладного пакету ***Matlab***, приведена на рис.3. Для моделювання асинхронного двигуна обрана модель в нерухомій системі координат. Графіки струму холостого ходу і пуску АД при живленні синусоїдною напругою і від ПЧ з ШІМ приведен на рис.4, рис.5. Аналізуючи їх, можна зробити висновок про зменшення розгойдування ротору. Бачимо що, як і при інших способах управління, при роботі інвертора на індуктивне навантаження (з малим статичним моментом), ефективність його роботи погіршується, про що свідчить форма струму при холостому ході електродвигуна. При цьому форма струму в більшому ступені наближається до синусоідальній, ніж при інших способах управління інверторами.

Таким чином, розроблєна математична модель АІН-АД з ШІМ є доступною у використанні і може бути застосована для аналізу асинхроного електропривода з **транзисторними** перетворювачами частоти. До переваг функціональної схеми (рис.3) на основі розробленої матмоделі можна віднести наглядність динаміки процесів у приводі АІН-АД, яка обумовлена використанням додатку **Simulink** універсального прикладного пакету ***Matlab.***

ЛІТЕРАТУРА

1. Хасаев О.И. Транзисторные преобразователи напряжения и частоты. М.: Наука, 1986. – 176с.
2. Грузов Л. Н. Методы математического исследования электрических машин. – М.: Госэнергоиздат, 1983.- 342с.