УДК 621.314.6

СІРОКЛИН І.М., к.т.н., ст.викл.,(УкрДАЗТ),
ПАНЧЕНКО В.В., ст.викл.,(УкрДАЗТ).

Визначення гармонічного складу вихідної напругивипрямної установки з вольтододавальним перетворювачем

Постановка проблеми

Процес комутації впливає на форми кривих випрямленої напруги та струмів у обмотках трансформатора. Це негативно відбивається на середньому значенні та гармонічному складі випрямленої напруги тягової підстанції з вольтододавальним перетворювачем. У порівнянні з випадком ідеальної випрямної установки з миттєвою комутацією при реальних процесах комутації змінюються амплітуди і фази гармонік в кривих випрямленої напруги та струму. Тому потрібно отримати співвідношення для розрахунку гармонік випрямленої напруги в різних режимах.

Аналіз останніх досліджень та публікацій

У роботах [1], [2], [3] комутаційні процеси у типових випрямлячах тягових підстанцій різної пульсності розглянуті достатньо добре. Однак, застосування керованого 6-ти пульсового мостового випрямляча у якості вольтододавального перетворювача поряд із основним некерованим 12-ти пульсовим залишилось за межами розглядання.

Мета роботи

Аналіз впливу комутації на гармонічний склад вихідної напруги тягової підстанції з вольтододавальним перетворювачем.

Виклад основного матеріалу

У режимі навантаження індуктивний опір у колі змінної напруги приводить до того, що струм з одного вентильного плеча випрямної установки на інше переходить за час, що оцінюється кутом комутації γ. Кут комутації залежить від схеми випрямлення, струму навантаження і індуктивного анодного опору [1]:

$$\gamma = \arccos(1 - 2u_k \sin\frac{\pi}{m}\frac{I_d}{I_{дном}}), \qquad (1)$$

де u_k - напруга короткого замикання тягового трансформатора;

m - пульсність випрямляча;

I_d - середнє значення випрямленого струму;

$I_{дном}$ - номінальний випрямлений струм.

Тобто, відповідно до виразу (1) можна зробити висновок, що використання багатопульсових схем випрямлення в однакових умовах роботи приводить до зменшення кута комутації.

Відомо, що склад вищих гармонічних складових при синусоїдальній і симетричній живлячій напрузі залежить лише від схеми випрямлення і не залежить від кутів керування і комутації. Однак, амплітуди окремих гармонік змінюються в залежності від глибини керування і кута комутації. Величина амплітуди вищої гармоніки k-го порядку визначається за формулою [3] :

$$U_{k\max} = \sqrt{M_k^2 + N_k^2}, \qquad (2)$$

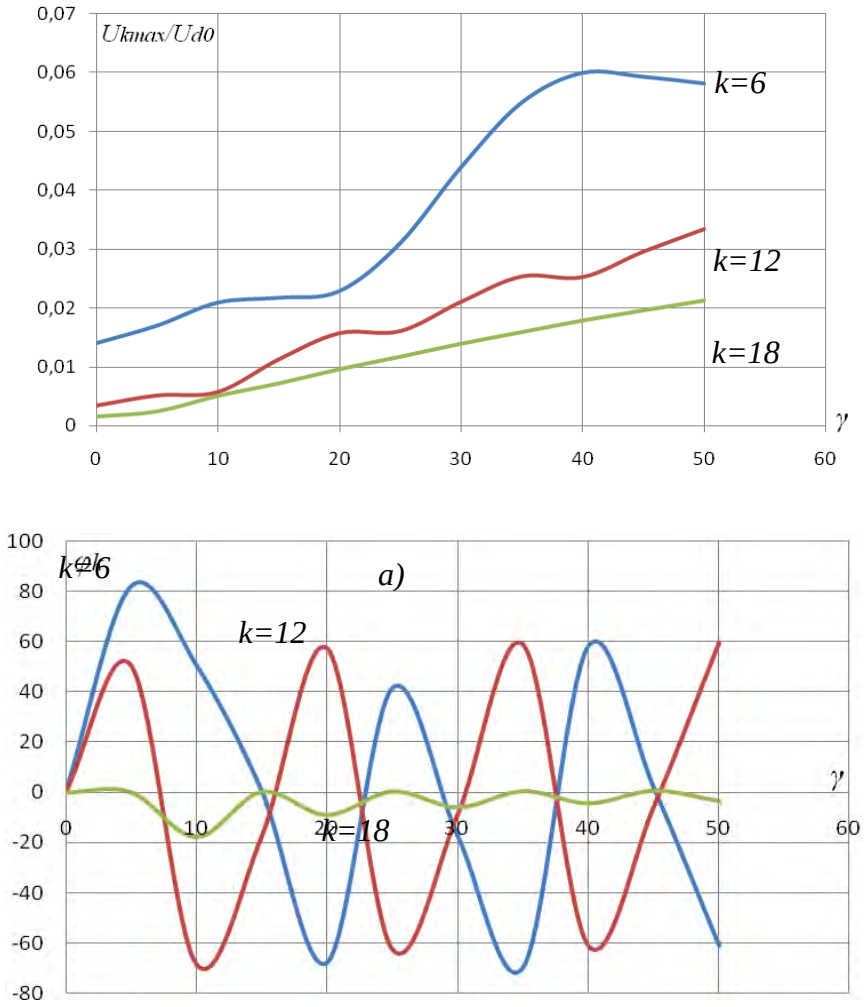
де M_k, N_k - відповідно косинусна та синусна складові гармоніки, що визначаються з наступних виразів:

$$M_k = \frac{U_{d0}}{2}\cos\pi m\left[\frac{\cos(km+1)(\alpha+\gamma)+\cos(km+1)\alpha}{km+1} - \frac{\cos(km-1)(\alpha+\gamma)+\cos(km-1)\alpha}{km-1}\right];$$

$$N_k = \frac{U_{d0}}{2}\cos\pi m\left[\frac{\sin(km+1)(\alpha+\gamma)+\sin(km+1)\alpha}{km+1} - \frac{\sin(km-1)(\alpha+\gamma)+\sin(km-1)\alpha}{km-1}\right].$$

Початкова фаза гармонічної складової визначається з виразу:

$$\varphi_k = arctg\frac{M_k}{N_k}. \qquad (3)$$



Рисунко 1. - Залежності відносної величини гармоніки ДВ (а) та її фазового зсуву (б) від кута комутації

У даному випадку, випрямна установка складається з діодного 12-ти пульсового послідовного випрямляча (ДВ) та тиристорного 6-ти пульсового мостового випрямляча (ТВ).

Розраховані за формулою (2) відносні значення гармонічних складових випрямленої напруги ДВ k=6, 12, 18 в функції від кута комутації наведені на рисунок1 а).

Ці криві показують зростання амплітудних значень $U_{k\max}$ гармонічних складових (600, 1200, 1800 Гц), характерних для 12-ти пульсових випрямлячів [4], при збільшенні кута комутації γ.

При появі потужних однофазних навантажень, у порівнянні з симетричним режимом (рисунок 2 а, б), ситуація ускладнюється. У такому випадку з'являється асиметрія напруг у трифазних системах, яка ускладнює гармонічний склад випрямленої напруги (рисунко 2 г).

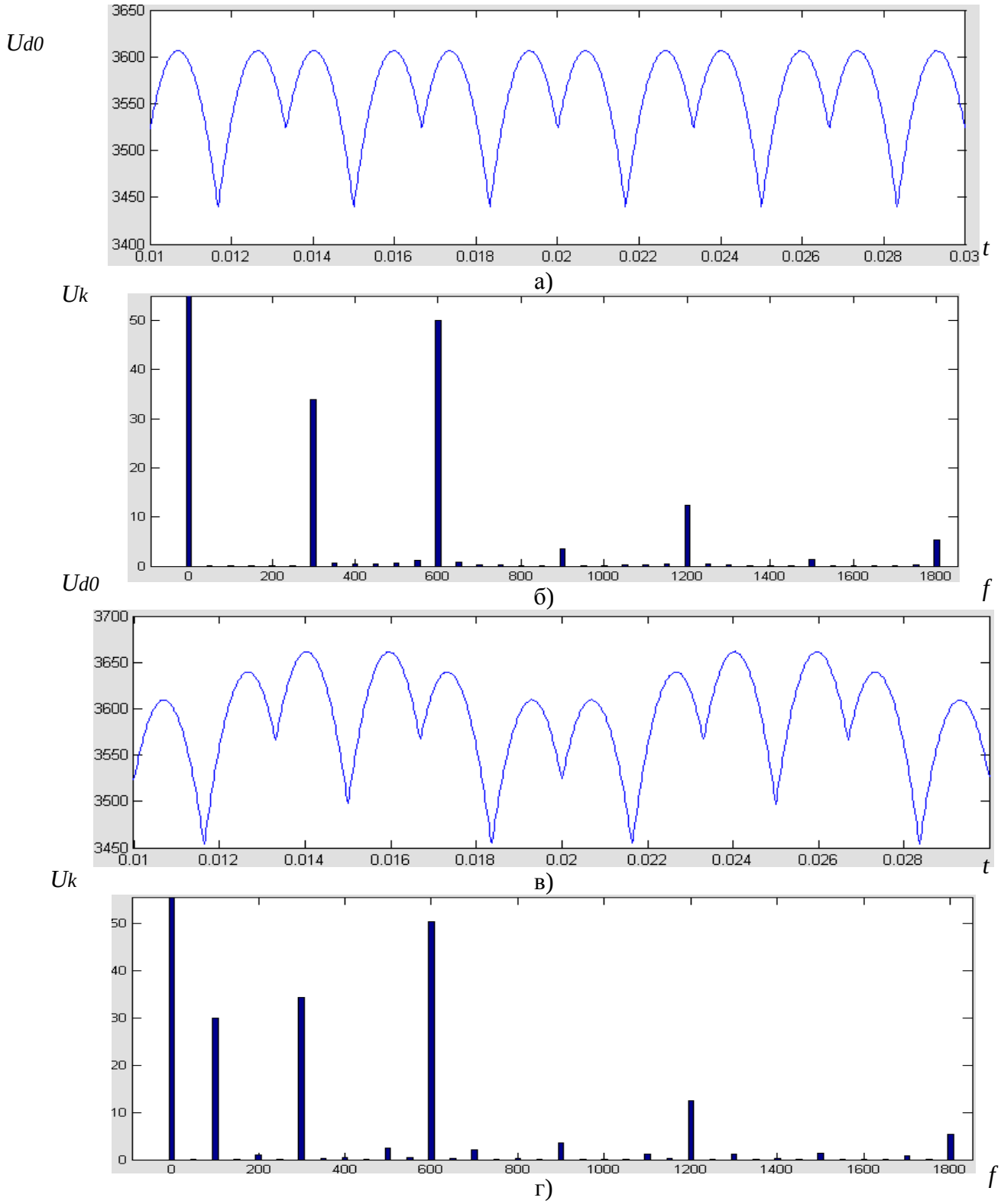


Рисунок 2. - Осцилограми випрямлених напруг (а, в) та їх гармонічний склад (б, г) для симетричного та асиметричного режимів роботи випрямної установки з вольтододавальним перетворювачем

Слід також зазначити, що дещо незвичайна форма вихідної напруги випрямної установки (рисунко2 а) обумовлена тим, що вона є результуючою при графічному додаванні $U_{dДВ}$ та $U_{dТВ}$.

Таким чином, з діаграм видно, що в асиметричному режимі у випрямленій напрузі з'являються гармоніки кратні 100Гц (неканонічні гармоніки). При збільшенні кута комутації збільшується і амплітуда гармоніки v=2 (100Гц) (рисунко 3). Підвищення кута комутації, у даному випадку, моделюється за допомогою збільшення індуктивностей фаз обмоток трансформатора.

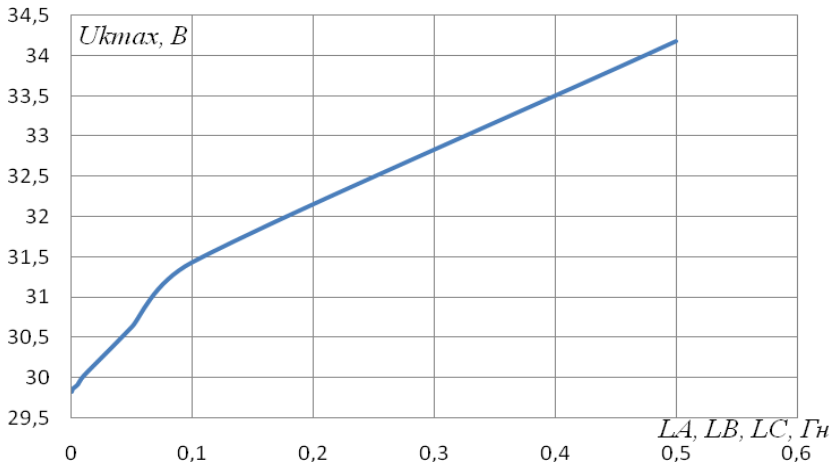


Рисунок 3. - Залежність амплітуди гармоніки 100Гц від величини індуктивностей фаз обмоток трансформатора

Одним з ефективних методів придушення небажаних гармонік є розширення смуги пропускання перетворювача, для чого застосовується широтно-імпульсна модуляція (ШІМ). У такому випадку гранична частота дорівнює:

$$f_{гр} = \frac{1}{2} m f_{ШІМ}, \qquad (4)$$

де $f_{ШІМ} = \frac{p \cdot \omega_0}{2 \cdot \pi}$ - частота ШІМ,

p =2,3,4,… - коефіцієнт, що залежить від частоти ШІМ.

Розширення смуги пропускання ТВ дає можливість придушувати більш широкий спектр гармонічних складових випрямленої напруги за допомогою замкнутих систем автоматичного регулювання, що у свою чергу веде до зменшення обсягу фільтрувального обладнання та поліпшення електромагнітної сумісності з контактною мережею.

Висновки

Використання у якості випрямної установки діодного 12-ти пульсового випрямляча поряд із керованим тиристорним 6-ти пульсовим випрямлячем ускладнює гармонічний склад випрямленої напруги при комутаціях. Це зумовлює необхідність детального дослідження впливу комутації на сукупний гармонічний склад та отримання співвідношень для розрахунку відповідних гармонічних складових.

За допомогою розрахунків та моделювання встановлено, що в процесі комутації в симетричному та несиметричному режимах роботи випрямної установки збільшуються амплітуди гармонічних складових випрямленої напруги. Цей факт необхідно враховувати при проектуванні фільтрувального обладнання тягових підстанцій постійного струму. Тому доцільним рішенням уявляється включення вольтододавального ТВ до складу замкнутої структури, що дозволить зменшити обсяг фільтрувального обладнання випрямленої напруги.

Література

1. Бадер М.П. Электромагнитная совместимость. М.: Транспорт, 2002 – 637 с.
2. Бурков А.Т. Электронная техника и преобразователи. М.: Транспорт, 1999 – 464 с.
2. Ковалев Ф.И., Мосткова Г.П. Полупроводниковые выпрямители. М.: Энергия, 1967 – 480 с.
4. Шалимов М.Г. Двенадцатипульсовые полупроводниковые выпрямители тяговых подстанций.- М.: Транспорт, 1990 – 127 с.

Анотації:

Проаналізований вплив комутації на гармонічний склад вихідної напруги випрямляючої установки з вольтододавальним перетворювачем в симетричному та асиметричному режимах роботи.

Проанализировано влияние коммутации на гармонический состав выходного напряжения выпрямительной установки с вольтодобавочным преобразователем в симметричном и асимметричном режимах.

The authors analyze the influence of switching on the harmonic composition of output voltage of a rectifying installation with a buck converter in the symmetrical and asymmetrical modes.

УДК 656.25:681.3.07

КУЗЬМЕНКО Д.М., аспірант (УкрДАЗТ),

Метод аналізу стійкості динамічної рекурентної нейронної мережі

Вступ, аналіз публікацій, постановка задачі дослідження

У колі сучасних задач, які потребують моделювання функцій систем і пристроїв залізничної автоматики, як правило, присутні елементи невизначеності. Це обумовлено різними факторами, насамперед, суттєвим розширенням можливостей теоретичного апарату, з одного боку, з іншого – якісною зміною елементної бази реалізації засобів автоматизації. Одним із проявів такого явища є використання обмеженого набору елементарних функцій, що застосовуються в процесі моделювання. Як правило – це тільки бінарні логічні, характерні для релейних систем. З іншого боку, наявні сучасні програмно-апаратні засоби реалізації дозволяють суттєво розширити коло математичних методів та моделей. Протиріччя виявляється в недостатньому теоретичному обґрунтуванні вибору саме такого вигляду елементарних математичних функцій та синтезованої структури системи керування пристроями автоматики [1].

У зв'язку з цим слід відзначити математичний апарат теорії нейронних мереж (НМ), який останнім часом динамічно розвивається й досить широко впроваджується в засобах автоматизації технологічних процесів [2]. Основна мотивація його застосування – усунення апріорної невизначеності вхідної або вихідної інформації, структурної організації тощо. З іншого боку, реалізація нечіткої системи керування, особливо на залізничному транспорті, потребує обґрунтованого доказу надійності та безпеки засобів, що використовуються при синтезі систем та пристроїв [3]. Але в контексті теорії нейронних мереж під характеристикою надійності здебільше розуміється оцінка стійкості процесу навчання, а не функціонування моделі вцілому з урахуванням її реалізації засобами обчислювальної техніки [2].

Задача дослідження

Розробка методу аналізу стійкості динамічної рекурентної нейронної мережі, яка мо-