

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА імені О. М. БЕКЕТОВА

МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ
до розрахунково-графічної роботи
з навчальної дисципліни

«ЕНЕРГЕТИЧНА ЕЛЕКТРОНІКА»

(для здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти денної та заочної форм навчання зі спеціальності 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка)

Харків
ХНУМГ ім. О. М. Бекетова
2022

Методичні рекомендації до розрахунково-графічної роботи з навчальної дисципліни «Енергетична електроніка» (для здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти денної та заочної форм навчання зі спеціальності 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка) / Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова; уклад. К. Я. Івакіна. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2022. – 21 с.

Укладач канд. техн. наук, ст. викл. К. Я. Івакіна

Рецензент

Я. В. Щербак, професор кафедри автоматизованих електромеханічних систем Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут»

Рекомендовано кафедрою системи електропостачання та електроспоживання міст, протокол № 1 від 05.09.2022

ЗМІСТ

Вступ.....	4
1 Електромагнітні процеси в перетворювальній установці.....	5
1.1 Гармонійний аналіз вхідного струму випрямляча.....	5
1.2 Гармонійний аналіз випрямленої напруги.....	11
1.3 Імітаційне моделювання.....	14
2 Завдання до розрахунково-графічної роботи.....	16
Список рекомендованих джерел.....	18
Додатки	19

ВСТУП

Темою цієї розрахунково-графічної роботи є «Вплив випрямляча на живлячу мережу та навантаження».

Мета роботи – здобуття навичок по розрахунку та аналізу гармонійного складу вихідної напруги та вхідного струму випрямляча.

При виконанні розрахунково-графічної роботи необхідно дотримуватися таких вимог:

1. Пояснювальна записка до розрахунково-графічної роботи пишеться чорнилами або може бути набрана за допомогою комп'ютера (шрифт – Times New Roman 14 р, міжрядковий інтервал – 1,5, поля зверху, знизу, ліворуч, праворуч - 2 см, вирівнювання по ширині, абзацний відступ – 1,25 см) на стандартних аркушах розміром 210 × 297; на титульному аркуша пояснювальної записки необхідно зазначити дисципліну, назву роботи, прізвище, ініціали і шифр групи студента. Приклад титульного аркушу наведено в додатку А.

2. Розрахунки потрібно супроводжувати поясненнями. Розрахункові формули приводяться спочатку у загальному вигляді з застосуванням прийнятих літерних позначень, після чого слід підставити у формулу числові величини, а потім проставити результат. Необхідно навести пояснення величин, що входять у формулу, обов'язково проставляючи для отриманих величин їх розмірності. При виборі необхідних розрахункових величин і параметрів, формул, довідкових матеріалів необхідно робити посилання на джерела; використану літературу (автор, назва книги, рік видання) слід навести в кінці пояснювальної записки відповідно до українського стандарту бібліографічного опису ДСТУ 8302:2015.

3. Сторінки пояснювальної записки, рисунки, формули, таблиці і графіки повинні бути пронумеровані. Таблиці повинні мати назву, рисунки та графіки – підписані написи.

1 ЕЛЕКТРОМАГНІТНІ ПРОЦЕСИ В ПЕРЕТВОРЮВАЛЬНІЙ УСТАНОВЦІ

1.1 Гармонійний аналіз вхідного струму випрямляча

В процесі перетворення, розподілу та споживання електроенергії з'являються спотворення форми синусоїдального струму і напруги. Головною причиною виникнення спотворень є нелінійні елементи у системі електропередачі та споживання. Приймачами електроенергії з нелінійними характеристиками є всілякі перетворювальні установки, що використовують різні напівпровідникові прилади. В даний час широке застосування знаходять некеровані шестипульсні та дванадцятипульсні діодні випрямлячі та керовані тиристорні випрямні установки. Напівпровідникові перетворювальні установки великої потужності приєднують до мереж напругою 6–220 кВ.

Електрична схема некерованого шестипульсного трифазного випрямляча побудованого на діодах наведена на рисунку 1.1.

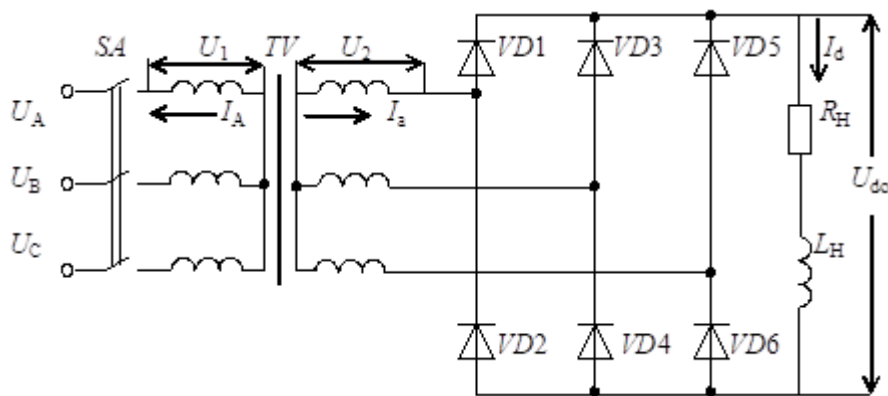


Рисунок 1.1 – Схема шестипульсного трифазного випрямляча

У схемі випрямляча використовується шість діодів VD1–VD6. Діоди випрямляча умовно розбивають на дві групи: VD1, VD3, VD5 складають катодну групу (мають спільний катод), а VD2, VD4, VD6 — анодну групу (мають спільний анод). Кожен вентиль випрямляча пропускає струм протягом 1/3 періоду напруги мережі. В анодній групі в кожен момент часу працює той вентиль, напруга на катоді якого найбільш негативна. У катодній групі буде

пропускати струм той вентиль, на аноді якого найбільш позитивна напруга. Таким чином, у випрямлячі одночасно пропускають струм два вентиля: один з катодної, а інший з анодної групи. Пульсність випрямляча яка визначається кількості пульсацій випрямленої напруги за період живильної напруги, для даного випрямляча дорівнює $m = 6$. Обмотки трансформатора можуть бути з'єднанні за схемами зірка-зірка або зірка-трикутник.

На вході трифазного мостового випрямляча діє система фазних напруг U_A, U_B, U_C , яка пов'язана із системою фазних напруг U_a, U_b, U_c коефіцієнтом трансформації

$$K_T = \frac{w_2}{w_1} = \frac{U_2}{U_1}, \quad (1.1)$$

де w_1 – кількість витків первинної обмотки трансформатора;

w_2 – кількість витків вторинної обмотки трансформатора;

U_1 – напруга первинної обмотки трансформатора;

U_2 – напруги вторинної обмотки трансформатора.

На рисунку 1.2 наведені діаграми, що характеризують зміни напруги і струмів випрямляча.

Коли індуктивність кола навантаження $L_H = \infty$, випрямлений струм I_d є ідеально згладженим (рис.1.2, б). Фазний струм $I_{a\infty}$ має форму різно полярних прямокутників імпульсів, які наведені на рисунку 1.2, в .

В цьому випадку амплітуда k -ї гармоніки фазного струму випрямляча при з'єднанні вторинних обмоток «зіркою» визначається

$$I_{k\infty} = \frac{2I_d}{\pi k} [1 - (-1)^k] \sin k \frac{2\pi}{m}, \quad (1.2)$$

де $k = 1, 2, 3, 4, \dots$;

I_d – середнє значення випрямленого струму.

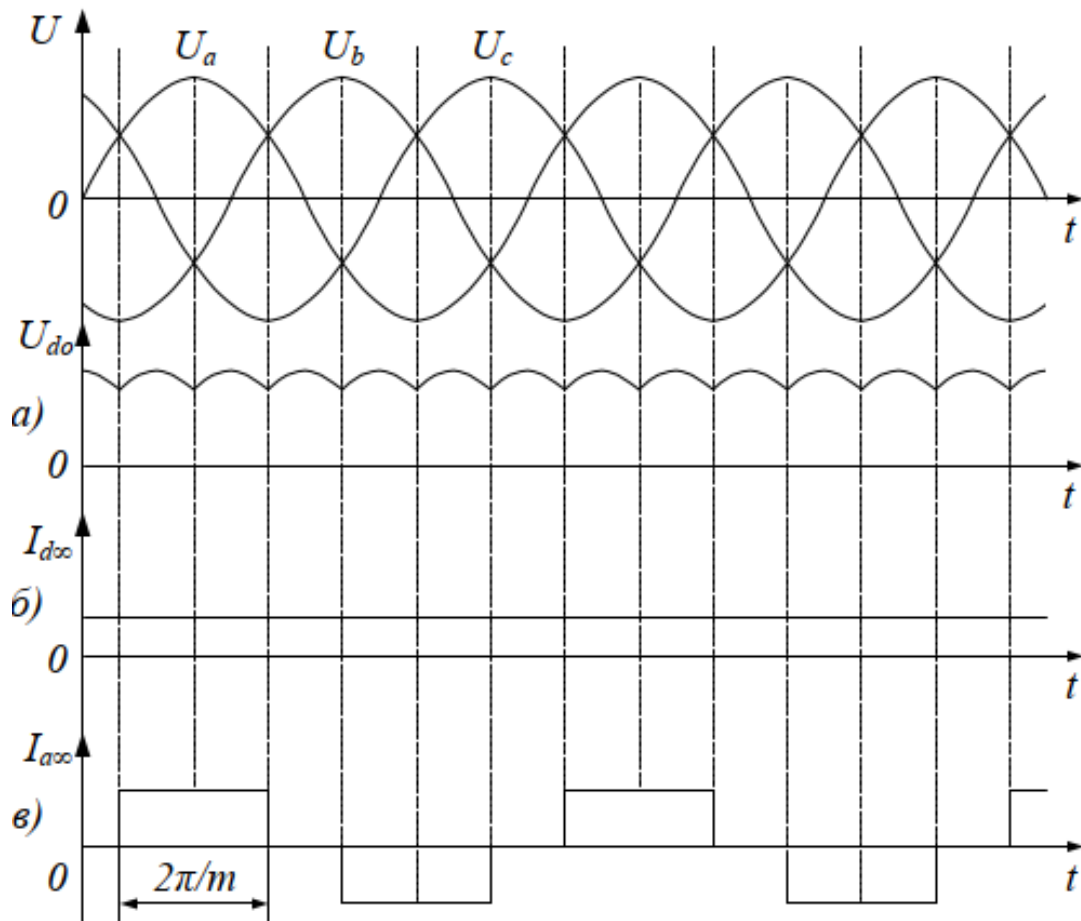


Рисунок 1.2 – Діаграми струму та напруг випрямляча

З виразу (1.2) випливає, що у вхідному струмі відсутні парні гармоніки та гармоніки кратні трьом.

Всі гармоніки струму вторинної обмотки трансформуються в первинну обмотку

$$I_{kA} = -I_k \cdot K_T. \quad (1.3)$$

При дослідженні впливу випрямляча на живлячу мережу оцінюють величину коефіцієнта потужності.

Під коефіцієнтом потужності прийнято розуміти відношення активної потужності до повної, що споживається із живлячої мережі

$$\lambda = \frac{P}{S}. \quad (1.4)$$

Коли система живильних напруг симетрична і синусоїдальна, і з неї споживається синусоїдальний струм, то коефіцієнт потужності визначається як

$$\lambda = \cos \varphi , \quad (1.5)$$

де φ – кут зсуву кривої струму відносно кривої напруги.

При $\cos \varphi = 1$ активна потужність дорівнює повній потужності, що означає ефективне застосування пристрою.

Як впливає із рисунка 1.2, випрямляч споживає із живильної мережі несинусоїдальний струм. Коли система живлячих напруг симетрична і синусоїдальна, а випрямляч споживає симетричний несинусоїдальний струм, то його коефіцієнт потужності [1,3]

$$\lambda = \frac{U_A \cdot I_{A(1)} \cdot \cos \varphi_{(1)}}{U_{(1)} \cdot I_A} = K_\phi \cdot \cos \varphi_{(1)}, \quad (1.6)$$

де $I_{A(1)}$ – ефективне значення основної ($k = 1$) гармоніки струму;

$\cos \varphi_{(1)}$ – коефіцієнт зсуву між кривими основної гармоніки струму і напруги;

$$I_A = \sqrt{\sum_{k=1}^n I_{A(k)}^2} \text{ – діюче значення струму;}$$

$$K_\phi = \frac{I_{A(1)}}{I_A} \text{ – коефіцієнт спотворення форми кривої струму.}$$

Електрична схема дванадцятипульсного випрямляча з паралельним увімкненням мостів наведена на рисунку 1.3.

Даний випрямляч складається із двох трифазних мостових схем які підключені паралельно та зрівняльного реактору ЗР за допомогою якого забезпечується паралельна робота обох вентильних груп.

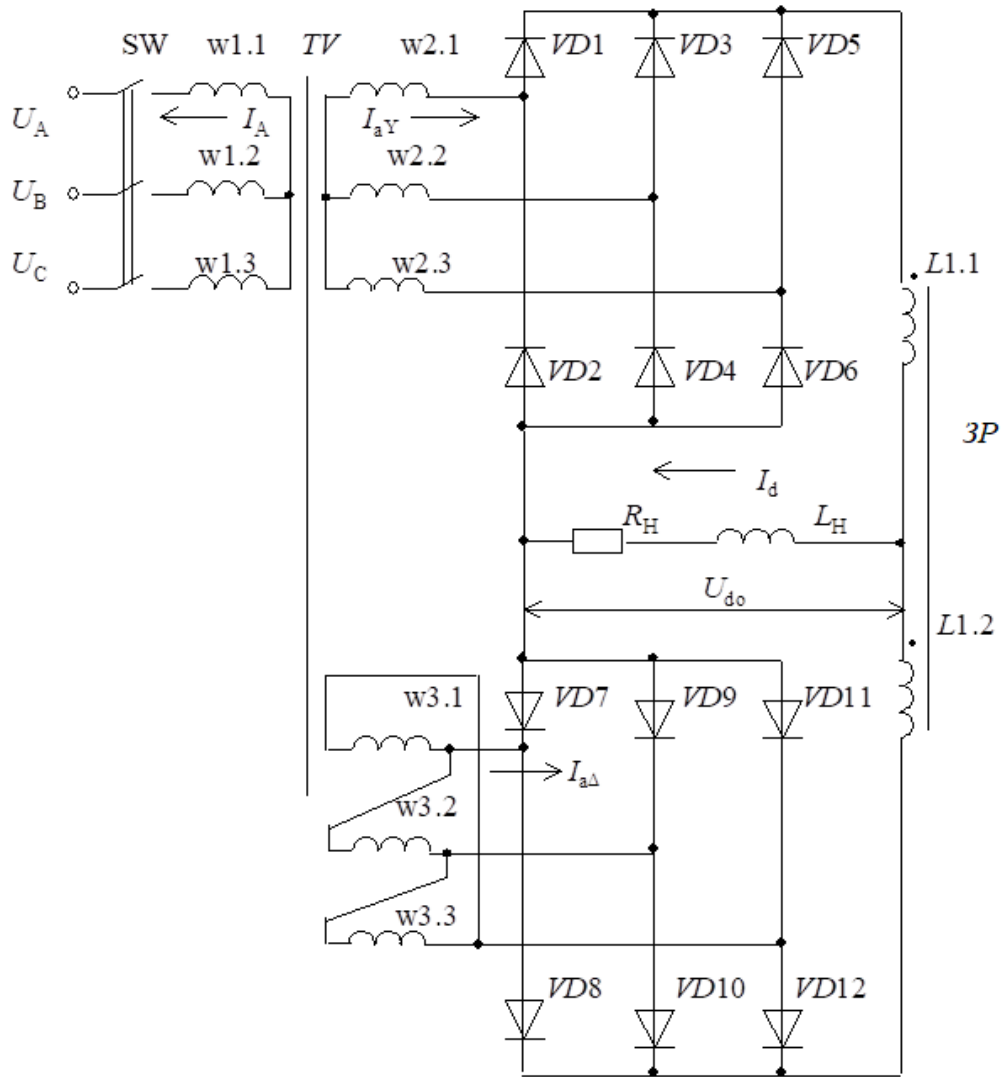


Рисунок 1.3 – Схема дванадцятипульсного випрямляча з паралельним увімкненням мостів

Первинна обмотка трансформатора може мати з'єднання як у «зірку», так і в «трикутник». А вторинна обмотка першого випрямляча повинна мати з'єднана за схемою «зірка», а другого – за схемою «трикутник», для створення зсуву лінійних напруг вторинних обмоток трансформатора на 30° . При загальній роботі мостів працюють одночасно чотири діоди. Кожен з мостів формує свою вихідну напругу зрушену одне щодо іншого на 30° . За рахунок фазового зсуву напруги не рівні. Сума цих напруг на навантаженні дає на виході напругу з пульсністю $m = 12$ рисунок 1.4.

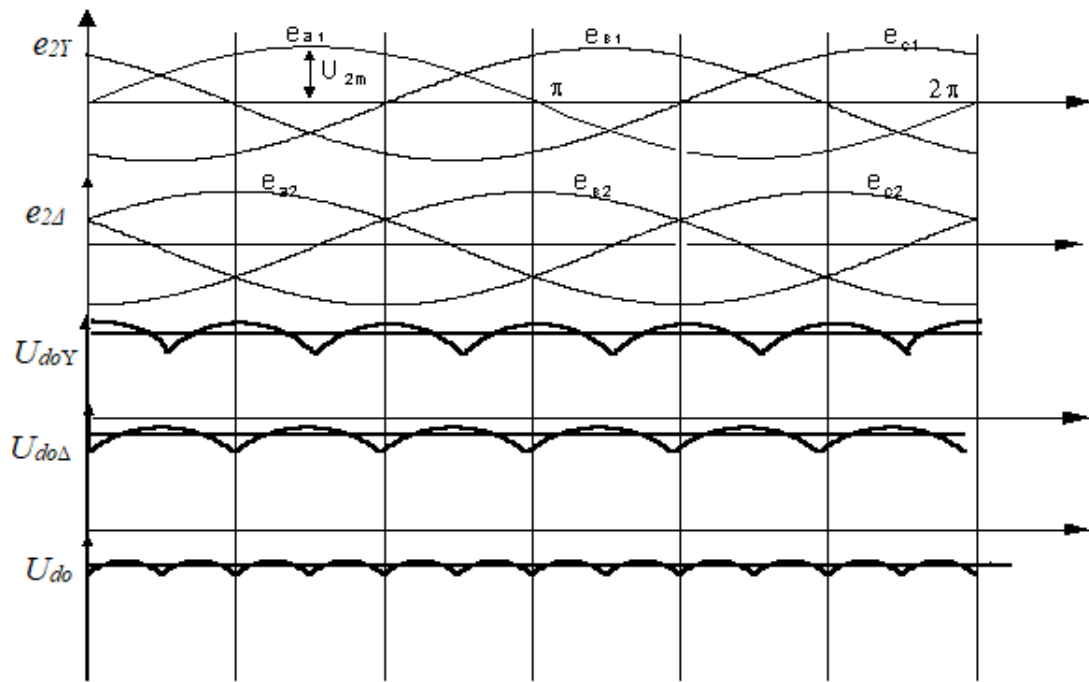


Рисунок 1.4 – Епюри напруг дванадцятипульсної схеми

На рисунку 1.5 наведені діаграми, що характеризують форми струмів в дванадцятипульсній схемі випрямляча при $L \rightarrow \infty$.

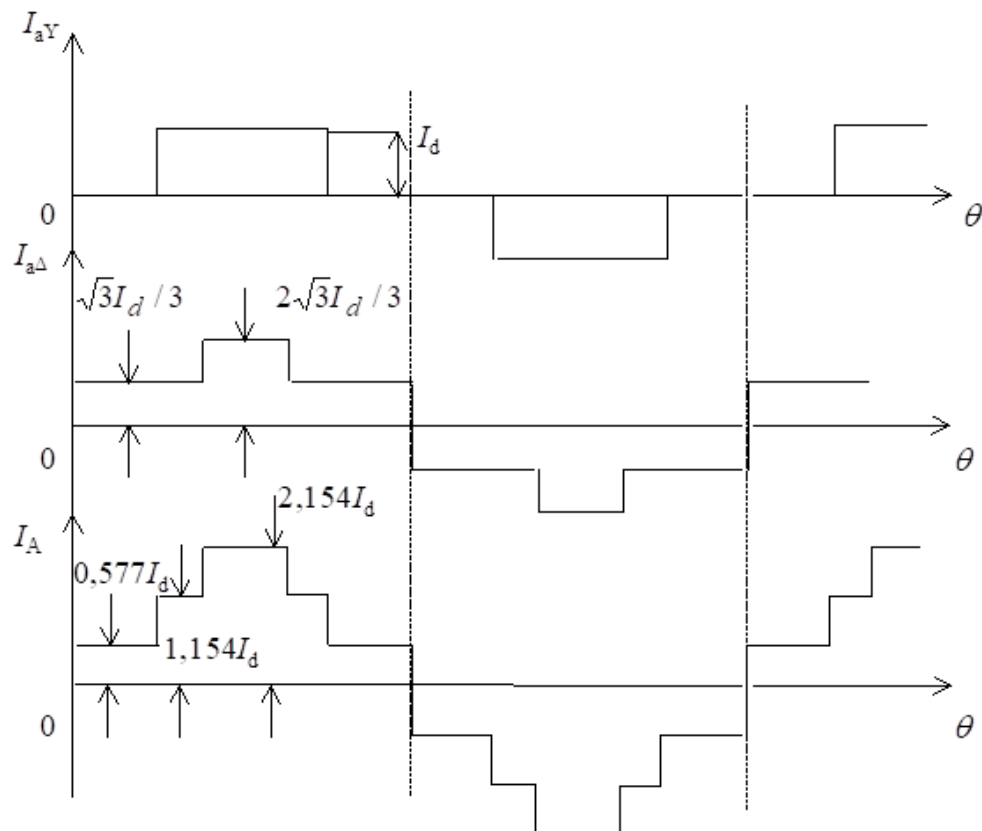


Рисунок 1.5 – Діаграми струмів дванадцятипульсної схеми випрямляча

Амплітуда k -ї гармоніки фазного струму випрямляча пульсності $m = 6$ при з'єднанні обмоток «трикутником» визначається за формулою

$$I_{k\infty\Delta} = \frac{4\sqrt{3}\cdot I_d}{3\cdot k\cdot \pi} [1 - (-1)^k] \cdot \sin k \frac{\pi}{3} \cdot \cos k \cdot \frac{\pi}{6}. \quad (1.7)$$

Амплітуда k -ї гармоніки споживаємого із живильної мережі струму випрямляча пульсності $m = 12$ визначається сумою рівнянь (1.2) та (1.7)

$$I_{k\infty A} = \frac{2\cdot I_d}{\pi\cdot k} [1 - (-1)^k] \sin k \frac{\pi}{3} \cdot \left(1 + \frac{2\cdot\sqrt{3}}{3} \cdot \cos k \frac{\pi}{6}\right). \quad (1.8)$$

Із (6.8) випливає, що в дванадцятипульсній схемі відбувається компенсація гармонік кратних номерам

$$k = 6 \cdot n \pm 1, \quad (1.9)$$

де $n=1,2,3,\dots$

Зниження рівня та складу вищих гармонійних складових у вхідному струмі сприяє застосування дванадцятипульсних схем випрямлення.

1.2 Гармонійний аналіз випрямленої напруги

В результаті перетворення змінної напруги живлячої мережі на виході шестипульсного випрямляча (див. рисунки 1.1 та 1.2,а) діє напруга середнє значення якої визначається наступним чином [3]:

- вторинна обмотка силового трансформатора з'єднана «зіркою»

$$U_{do} = U_2 \frac{m \cdot \sqrt{6}}{\pi} \sin \frac{\pi}{m}, \quad (1.10)$$

- вторинна обмотка силового трансформатора з'єднана «трикутником»

$$U_{do} = U_2 \frac{m \cdot \sqrt{2}}{\pi} \sin \frac{\pi}{m}, \quad (1.11)$$

де U_2 – діюче значення фазної напруги вторинної обмотки трансформатора;

m – пульсність випрямляча.

Так як обмотки $L1.1$ і $L1.2$ реактора магнітно між собою зв'язані (див. рис. 1.3), то середнє значення випрямленої напруги дванадцятипульсного випрямляча з паралельним включенням мостів визначається наступним чином [2]

$$U_{do} = \frac{U_{doY} + U_{do\Delta}}{2}, \quad (1.12)$$

де U_{doY} – середнє значення вихідної напруги випрямляча вторинна обмотка якого з'єднана за схемою «зірка»;

$U_{do\Delta}$ – середнє значення вихідної напруги випрямляча вторинна обмотка якого з'єднана за схемою «трикутник».

Внаслідок дискретного характеру перетворення напруги живлячої мережі вихідна напруга випрямляча в своєму складі має пульсації. Симетричний випрямляч, що живиться від симетричної системи Е.Р.С. генерує в навантаження канонічні гармоніки. Частоти цих гармонік зв'язані з частотою Е.Р.С. живлячої мережі і визначаються, як

$$f_q = f_o \cdot m \cdot q, \quad (1.13)$$

де $f_o = 50$ Гц – частота живлячих Е.Р.С.;

$q = 1, 2, 3, \dots$ – порядковий номер канонічної гармоніки.

Амплітуда q -ї гармоніки пульсацій випрямляча [3]

$$U_{(q)m} = U_{do} \frac{2}{q^2 \cdot m^2 - 1}. \quad (1.14)$$

Із формули (1.13) випливає, що частота основної гармоніки для вихідної напруги визначаються пульсністю випрямляча. Амплітуди гармонік зменшуються з зростанням їх порядкових номерів, про що свідчить формула (1.14).

Коефіцієнт пульсації для q -ї гармоніки дорівнює [3]

$$K_n = \frac{U_{qm}}{U_{do}} = \frac{2}{q^2 \cdot m^2 - 1}. \quad (1.15)$$

При живленні випрямляча від несиметричної мережі з коефіцієнтом несиметрії [2]

$$\varepsilon = \frac{U_2}{U_1} e^{j\Psi}, \quad (1.16)$$

де U_1 – напруга прямої послідовності несиметричних Е.Р.С.;

U_2 – напруга зворотної послідовності;

Ψ – кут, що характеризує зсув напруги зворотної послідовності відносно прямої.

В вихідну напругу генеруються додаткові гармоніки (неканонічні). Частоти цих гармонік кратні подвоєній частоті напруги живильної мережі [4].

$$f_\nu = 2 \cdot \nu \cdot f_o, \quad (1.17)$$

де $\nu = 1, 2, 3, \dots$ – номер неканонічної гармоніки.

Амплітуда ν -ї неканонічної гармоніки

$$U_\nu = U_{do} \frac{\varepsilon}{\nu - 1}, \quad (1.18)$$

для $\nu = 2(1+3k)$;

$$U_\nu = U_{do} \frac{\varepsilon}{\nu + 1}, \quad (1.19)$$

для $\nu = 2(2+3k)$, де $k = 0, 1, 2, 3, \dots$.

Згідно з ДСТУ EN 50160:2014 коефіцієнт несиметрії в не повинен перевищувати 2 %.

В трифазній мережі модуль і фаза напруги зворотної послідовності можна визначати по показникам вольтметрів, що включені на лінійні напруги [5]

$$U_2 = \frac{1}{3} \sqrt{(\Delta U_{BC} - \Delta U_{CA})^2 + \Delta U_{BC} \Delta U_{CA}}, \quad (1.20)$$

$$\Psi = \frac{\pi}{6} \operatorname{arctg} \frac{\sqrt{3}(\Delta U_{CA} - \Delta U_{BC})}{\Delta U_{BC} + \Delta U_{CA}}, \quad (1.22)$$

де $\Delta U_{BC} = U_{BC} - U_{AB}$; $\Delta U_{CA} = U_{CA} - U_{AB}$.

Із (1.17) випливає, що несиметрія Е.Р.С. живлячої мережі викликає генерацію в вихідну напругу випрямляча неканонічні гармоніки частоти яких значно нижчі від частоти основної гармоніки. Як видно із (1.18), (1.19) амплітуди цих гармонік на відміну від канонічних гармонік не залежить від пульсності випрямляча.

1.3 Імітаційне моделювання

Для експериментальних досліджень електромагнітних процесів шестипульсних та дванадцятипульсних випрямлячів на рисунках 1.6 та 1.7 представлені імітаційні моделі цих випрямлячів розроблені за допомогою середовище MATLAB-Simulink.

Імітаційна модель шестипульсного випрямляча (рис.1.6) побудована на діодах VD1-VD6. Живиться випрямляч від мережі змінного струму, яка представлена джерелами U_a , U_b , U_c , через трифазний трансформатор обмотки якого мають схеми з'єднання первинна «зірка», вторинна «зірка». Вимірювання і дослідження струмів і напруг, що діють в випрямній установці, виконуються віртуальними осцилографами. Для відображення гармонік вхідного струму та вихідної напруги застосовуються аналізатори спектрів FFT1 та FFT2.

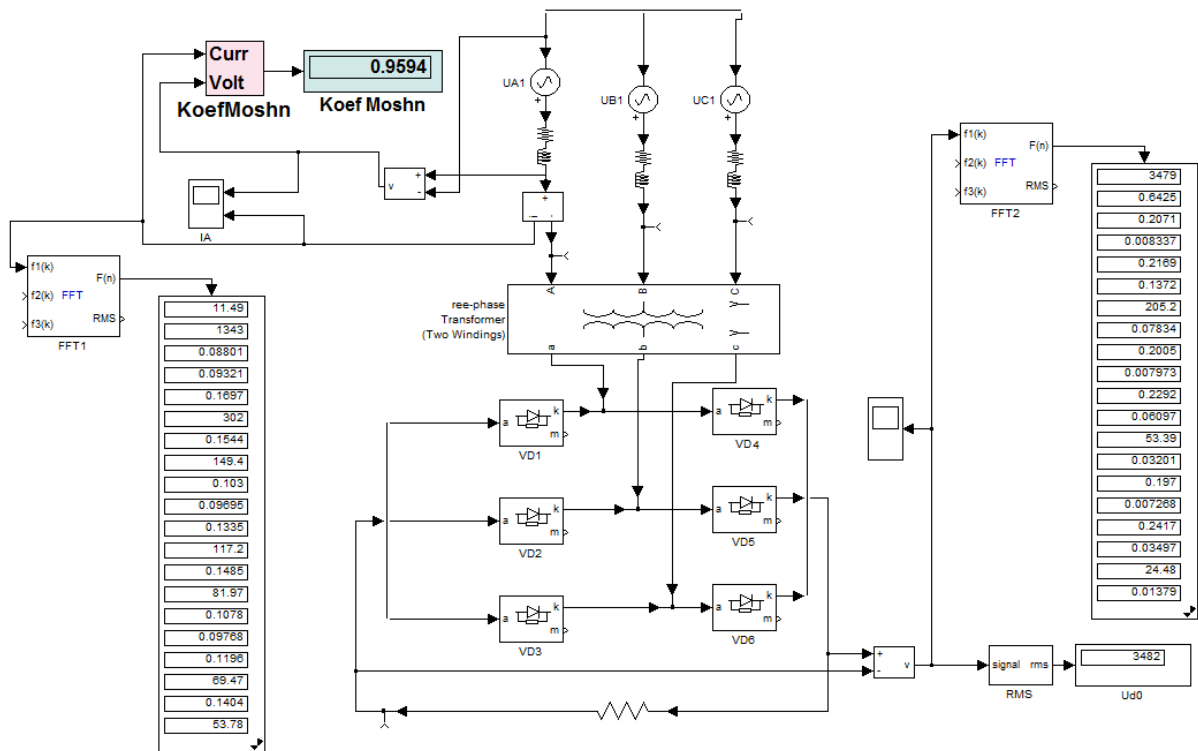


Рисунок 1.6 – Імітаційна модель трифазного мостового випрямляча

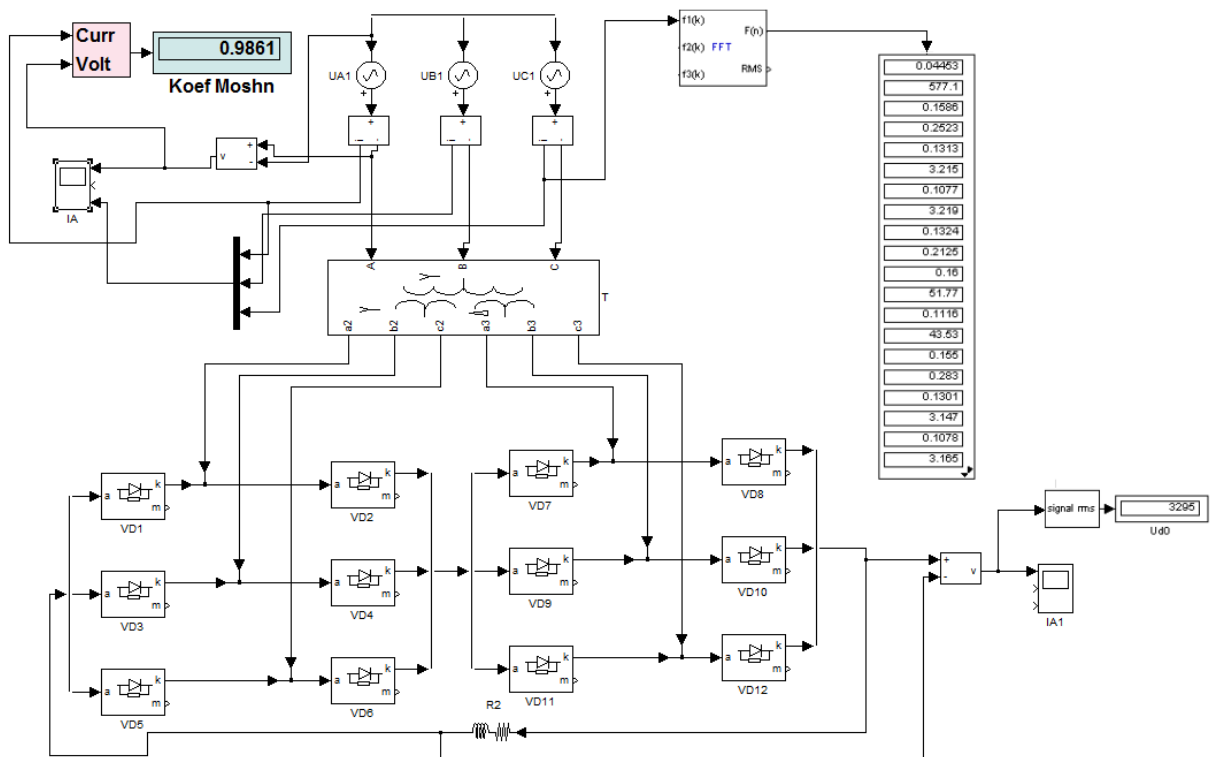


Рисунок 1.7 – Модель дванадцятипульсної випрямної установки

Модель дванадцятипульсного випрямляча побудована на діодах VD1-VD12 (рис 1.7). Живиться випрямляч від мережі змінного струму, яка

представлена джерелами U_a, U_b, U_c , через трифазний трансформатор обмотки якого мають схеми з'єднання первинна «зірка», вторинні «зірка – трикутник». За допомогою віртуальних осцилографів виконуються дослідження струмів і напруг. Аналізатор спектру FFT призначен для відображення гармонік вхідного струму.

2 ЗАВДАННЯ ДО РОЗРАХУНКОВО-ГРАФІЧНОЇ РОБОТИ

Вихідні дані для розрахунку містяться в додатку Б згідно з варіанту, який надається викладачем.

1. Нарисувати схему випрямляча з пульсністю $m = 6$ і з'єднанням обмоток трансформатора — «зірка» / «зірка».

2. Виконати розрахунок перших п'ятнадцять ($k = 1-15$) гармонік струму випрямляча пульсністю $m = 6$ при з'єднанні вторинних обмоток «зіркою». Результати розрахунків занести в таблицю 2.1.

3. Виконати розрахунок перших п'ятнадцять ($k = 1-15$) гармонік струму випрямляча пульсністю $m = 6$ при з'єднанні вторинних обмоток «трикутник». Результати розрахунків занести в таблицю 2.1.

4. Нарисувати схему випрямляча з пульсністю $m = 12$.

5. Виконати розрахунок перших п'ятнадцять ($k = 1-15$) гармонік струму для випрямляча пульсності $m = 12$. Результати розрахунків занести в таблицю 2.1.

Таблиця 2.1 – Результати розрахунків

k	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
$I_{kY m=6}$															
$I_{k\Delta m=6}$															
$I_{k m=12}$															

6. Виконати розрахунок коефіцієнта потужності для шестипульсного та дванадцятипульсного випрямлячів.

7. Визначити U_{do} при з'єднанні вторинних обмоток силового трансформатора «зіркою» та «трикутником» випрямляча пульсністю $m = 6$.

8. Визначити U_{do} випрямляча пульсністю $m = 12$.

9. Виконати розрахунок амплітуди гармонік пульсації ($q = 1-15$) вихідної напруги випрямляча пульсністю $m = 6$ та $m = 12$. Результати розрахунків занести в таблицю 2.2.

Таблиця 2.2 – Результати розрахунків

q	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
$U_{q m=6}$															
$U_{q m=12}$															

10. Виконати розрахунок частоти першою гармоніки для випрямляча з пульсністю $m = 6$ та $m = 12$.

11. Виконати розрахунок коефіцієнта пульсації для $m = 6$ та $m = 12$.

12. Побудувати графіки $U(q) = f(q)$ для $m = 6$ та $m = 12$.

13. Виконати розрахунок перших шести ($\nu = 2, 4, 8, 10, 14, 16$) неканонічних гармонік. Результати занести в таблицю 2.3.

Таблиця 2.3 – Результати розрахунків

ν	2	4	8	10	14	16
U_ν						

14. Побудувати графік $U_\nu = f(\nu)$.

15. За допомогою середовище MATLAB-Simulink розробити імітаційні моделі шестипульсного та дванадцятипульсного випрямляча. Імітаційні моделі повинні містити: вольтметри та амперметри, які вимірюють напругу та струм на вході та виході випрямляча, віртуальні осцилографи, вимірювачі коефіцієнта потужності, а також слід відобразити гармоніки вхідного струму та вихідної напруги. Навести осцилограми: вхідного струму та вихідної напруги випрямлячів.

16. Зробити висновок.

СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Бадер М. П. Электромагнитная совместимость / М. П. Бадер. – М. : УМК МПС, 2002. – 638 с.
2. Двенадцатипульсовые выпрямители тяговых подстанций / [под ред. М. Г. Шалимова]. – М. : Транспорт, 1990. – 127 с.
3. Руденко В. С. Преобразовательная техника / В. С. Руденко, В. И. Сенько, И. М. Чиженко. – Киев : Вища школа, 1978. – 424 с.
4. Щербак Я. В. Замкнутые системы компенсации неканонических гармоник полупроводниковых преобразователей / Я. В. Щербак. – Харьков : ХФИ «Транспорт Украины», 1999. – 256 с.
5. Жежеленко И. В. Показатели качества электроэнергии на промышленных предприятиях / И. В. Жежеленко. – М. : Энергия, 1977. – 128 с.

ДОДАТОК А
Зразок оформлення титульного аркуша

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ МІСЬКОГО
ГОСПОДАРСТВА імені О. М. БЕКЕТОВА

Кафедра систем електропостачання та електроспоживання міст

РОЗРАХУНКОВО-ГРАФІЧНА РОБОТА

з дисципліни «Енергетична електроніка»

на тему «**Вплив випрямляча на живлячу мережу та навантаження**»

Виконав:
студент групи (шифр групи)
ППП

Перевірив:
канд. техн. наук, ст. викл. Івакіна К. Я.

Харків 20_____

ДОДАТОК Б

Таблиця Б.1– Варіанти завдання для розрахунково-графічної роботи

№ з/П	U_2 [В]	U_1 [кВ]	I_d [А]	ε %	R_H [Ом]	$\varphi_{(1)}$
1	600	6	1 000	1	20	0
2	660	10	1 500	1,5	10	0
3	800	6	2 000	2	30	0
4	850	10	2 500	1,5	20	0
5	825	6	3 000	2	10	0
6	550	10	2 000	2	40	0
7	500	10	1 000	3	20	0
8	3 000	6	1 500	2,5	40	0
9	3 500	6	3 000	1,5	30	0
10	630	10	1 000	1	40	0
11	570	6	2 000	1,5	20	0
12	3 330	10	2 500	2	10	0
13	3 300	6	3 000	1,1	40	0
14	700	6	1 000	2	30	0
15	900	6	1 500	2,5	20	0
16	1 000	10	2 000	3	10	0
17	780	6	1 000	1	30	0
18	3 100	10	3 000	1,5	20	0
19	870	10	1 500	2	30	0
20	680	6	2 000	3	40	0
21	650	6	1 000	2	20	0
22	820	10	2 000	3	30	0
23	870	6	1 000	2	30	0
24	3 250	10	3 000	2	40	0
25	790	6	2 000	3	20	0

Виробничо-практичне видання

Методичні рекомендації
до розрахунково-графічної роботи
з навчальної дисципліни

«ЕНЕРГЕТИЧНА ЕЛЕКТРОНІКА»

(для здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти денної та заочної форм навчання зі спеціальності 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка)

Укладач **ІВАКІНА** Катерина Яківна

Відповідальний за випуск *В. Є. Плюгін*
За авторською редакцією
Комп'ютерне верстання *К. Я. Івакіна*

План 2022, поз. 460М

Підп. до друку 22.11.2022. Формат 60 × 84/16.
Електронне видання. Ум. друк. арк. 1,2

Видавець і виготовлювач:
Харківський національний університет
міського господарства імені О. М. Бекетова,
вул. Маршала Бажанова 17, Харків, 61002.
Електронна адреса: office@kname.edu.ua
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи:
№ ДК 5328 від 11.04.2017