

МЕХАНІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ

Кафедра автоматизованих систем електричного транспорту

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

**до виконання курсової роботи
з дисципліни**

***«НОВІТНІ ТЕХНОЛОГІЇ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ
СИСТЕМ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ЗАЛІЗНИЦЬ»***

Харків - 2014

Методичні вказівки розглянуто та рекомендовано до друку на засіданні кафедри автоматизованих систем електричного транспорту 27 січня 2014 р., протокол № 5.

Рекомендуються для магістрів спеціальності 8.05070202 “Електричні системи і комплекси транспортних засобів” денної форми навчання.

Укладачі:

проф. Я.В. Щербак,
асист. В.П. Нерубацький

Рецензент

доц. О.С. Крашенінін

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання курсової роботи
з дисципліни

*«НОВІТНІ ТЕХНОЛОГІЇ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ СИСТЕМ
ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ЗАЛІЗНИЦЬ»*

Відповідальний за випуск Нерубацький В.П.

Редактор Еткало О.О.

Підписано до друку 17. 03. 14 р.

Формат паперу 60x84 1/16. Папір писальний.

Умовн.-друк.арк. 1,5. Тираж 15. Замовлення №

Видавець та виготовлювач Українська державна академія залізничного транспорту,
61050, Харків-50, майдан Фейєрбаха, 7.

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 2874 від 12.06.2007 р.

ЗМІСТ

Вступ.....	4
1 Вимоги до оформлення розрахунково-пояснювальної записки.....	5
2 Електромагнітні процеси в перетворювальній установці тягової підстанції.....	6
3 Дослідження впливу вихідної напруги випрямляча тягової підстанції на контактну мережу.....	12
4 Дослідження фільтрувального обладнання тягової підстанції постійного струму.....	15
5 Заглушення неканонічних гармонік вихідної напруги тягової підстанції в замкнутій структурі.....	20
6 Імітаційне моделювання випрямних установок.....	22
Список літератури.....	26

ВСТУП

Зростання вимог до якості електричної енергії, що споживається випрямною установкою тягової підстанції постійного струму з живильної мережі та віддається в контактну мережу, ставить задачу детального дослідження електромагнітних процесів, які протікають у випрямній установці.

Застосування дванадцятипульсних схем випрямлячів деякою мірою покращує енергетичні показники випрямної установки, але наявність несиметрії як самої випрямної установки, так і живильної мережі, застосування випрямних установок підвищеної пульсності не вирішують проблеми впливу неканонічних гармонік на якість електричної енергії у вхідному та вихідному колах тягової підстанції.

Темою цієї курсової роботи є аналіз електромагнітних процесів тягової підстанції постійного струму з вольтододатним перетворювачем.

У цій роботі необхідно виконати теоретичні дослідження електромагнітних процесів шести- та дванадцятипульсних випрямних установок і за допомогою середовища MATLAB-Simulink розробити відповідні імітаційні моделі та навести результати експериментальних досліджень.

1 ВИМОГИ ДО ОФОРМЛЕННЯ РОЗРАХУНКОВО-ПОЯСНЮВАЛЬНОЇ ЗАПИСКИ

Методичні вказівки призначені для магістрів спеціальності «Електричні системи і комплекси транспортних засобів». Завдання на курсове проектування видає керівник курсової роботи зі складу викладачів кафедри.

За підсумками виконання курсової роботи складається пояснювальна записка, яка повинна містити:

- титульний лист;
- зміст;
- перелік умовних позначень (при необхідності);
- вступ;
- основну частину;
- висновки;
- список використаних джерел;
- додатки (при необхідності).

Вимоги до змісту пояснювальної записки

Титульний лист пояснювальної записки містить:

- назви навчального закладу і кафедри, де була виконана курсова робота;
- найменування курсової роботи;
- шифр і найменування спеціальності;
- прізвище, ім'я, по батькові студента;
- науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали наукового керівника;
- рік виконання курсової роботи.

Зміст включає найменування і номери початкових сторінок всіх розділів і пунктів, а також вступ, висновки, список використаних джерел і додатків.

Перелік умовних позначень, символів, одиниць, скорочень і термінів дається у вигляді окремого списку, якщо в пояснювальній записці використана специфічна термінологія або ж вживаються маловідомі скорочення, нові символи, позначення і т.п. Перелік необхідно оформляти двома колонками, в яких зліва за абеткою наводяться скорочення або символ, справа – їх детальне розшифрування або пояснення.

Якщо в пояснювальній записці спеціальні терміни, скорочення, символи, позначення і т.п. повторюються менше трьох разів, перелік не роблять, але їх розшифрування обов'язково наводять у тексті при першій згадці.

Вступ – та частина пояснювальної записки, де необхідно показати актуальність питання, що розглядається в курсовій роботі.

Основна частина складається з розділів, підрозділів, пунктів. Кожен розділ слід починати з нової сторінки.

У *висновках* наводяться основні результати курсової роботи з обов'язковою вказівкою отриманих якісних і кількісних показників.

Список використаних джерел складається в порядку згадки джерел в тексті, використовуючи наскрізну нумерацію. Він повинен містити всі джерела інформації, розглянуті при виконанні курсової роботи, включаючи спеціальну, довідкову і нормативну літературу.

У *додатки* доцільно включати допоміжний матеріал, який необхідний для повноти сприйняття пояснювальної записки.

2 ЕЛЕКТРОМАГНІТНІ ПРОЦЕСИ В ПЕРЕТВОРЮВАЛЬНІЙ УСТАНОВЦІ ТЯГОВОЇ ПІДСТАНЦІ

На тягових підстанціях залізниць постійного струму застосовуються некеровані напівпровідникові шести- та дванадцятипульсні випрямлячі. Електрична схема шестипульсного трифазного випрямляча наведена на рисунку 2.1.

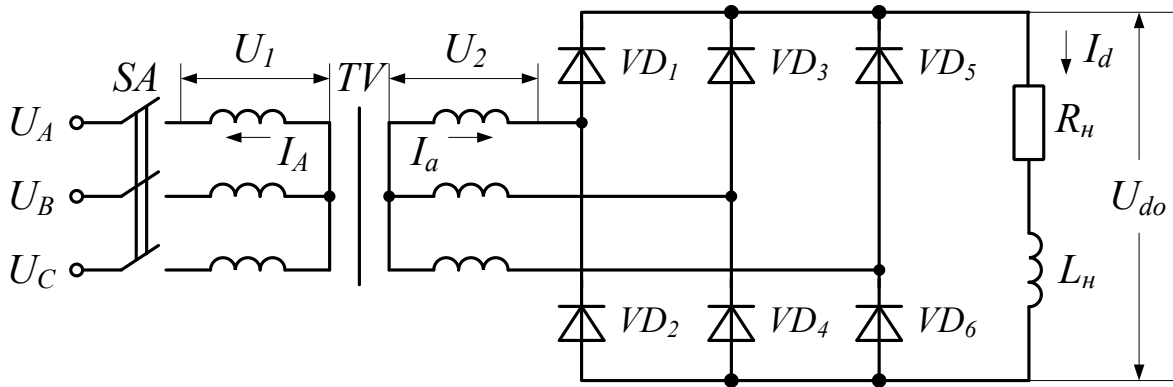


Рисунок 2.1

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

$$\hat{E}_o = \frac{w_2}{w_1}, \quad (2.1)$$

де w_1 – кількість витків первинної обмотки трансформатора;
 w_2 – кількість витків вторинної обмотки трансформатора.

На рисунку 2.2 наведені часові діаграми, що характеризують зміни напруг і струмів випрямляча.

У режимі безперервного струму I_d в колі навантаження середнє значення випрямленої напруги визначається за формулою

$$U_{do} = \sqrt{6} \cdot U_{2a} \cdot \frac{m}{\pi} \cdot \sin \frac{\pi}{m}, \quad (2.2)$$

де U_2 – ефективне значення фазної напруги вторинної обмотки трансформатора;

m – пульсність випрямляча, $m = 6$.

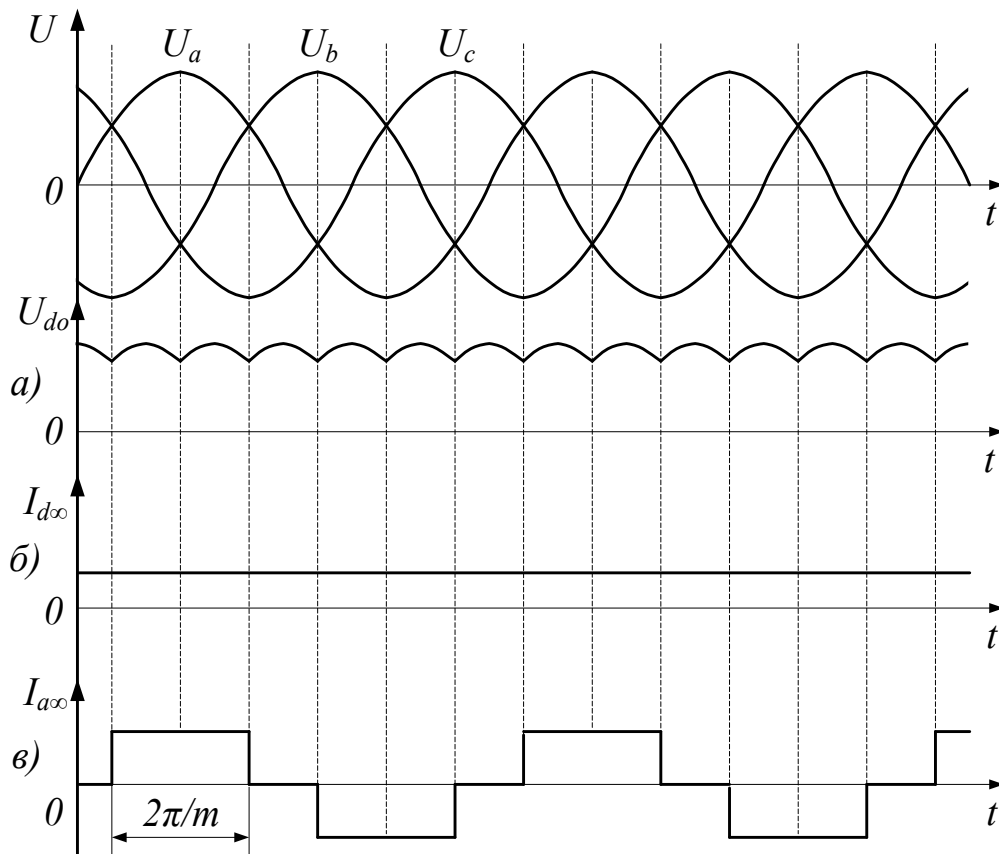


Рисунок 2.2

Коли індуктивність на навантаженні $L_i = \infty$, випрямлений струм не має у своєму складі змінної складової (рисунок 2.2, б). Струм I_d є ідеально згладженим. Фазний струм $I_{a\infty}$ має форму рівно полярних прямокутних імпульсів, які наведені на рисунку 2.2, в. У цьому випадку амплітуда k -ї гармоніки фазного струму визначається рівнянням

$$I_{k\infty} = \frac{2 \cdot I_d}{\pi \cdot k} \cdot [1 - (-1)^k] \sin\left(k \cdot \frac{\pi}{3}\right), \quad (2.3)$$

де $k = 1, 2, 3, 4, \dots$, $I_d = \frac{U_{d0}}{R_H}$.

Як впливає із (2.3) при $L_i = \infty$ у фазному струмі відсутні гармоніки, кратні трьом. Усі гармоніки струму вторинної обмотки трансформуються в первинну обмотку

$$I_{kA} = -I_k \cdot K_T. \quad (2.4)$$

При дослідженні впливу випрямляча на живильну мережу оцінюють величину коефіцієнта потужності. Під коефіцієнтом потужності прийнято розуміти відношення активної потужності до повної, що споживається із живильної мережі

$$\lambda = \frac{P}{S}. \quad (2.5)$$

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

$$\lambda = \cos \varphi_{(1)}, \quad (2.6)$$

де $\varphi_{(1)}$ – 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 2.2, випрямляч тягової підстанції споживає із живильної мережі несинусоїдальний струм. Коли система живильних напруг симетрична і синусоїдальна, а випрямляч споживає симетричний несинусоїдальний струм, то його коефіцієнт потужності

$$\lambda = \frac{U_A \cdot I_{A(1)} \cdot \cos \varphi_{(1)}}{U_{(1)} \cdot I_A} = K_\sigma \cdot \cos \varphi_{(1)}, \quad (2.7)$$

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 – ефективне значення струму

$$I_A = \sqrt{\sum_{k=1}^n I_{A(k)}^2}; \quad (2.8)$$

K_σ – коефіцієнт спотворення форми кривої струму

$$K_{\delta} = \frac{I_{A(1)}}{I_A}. \quad (2.9)$$

Електрична схема дванадцятипульсного паралельного випрямляча наведено на рисунку 2.3.

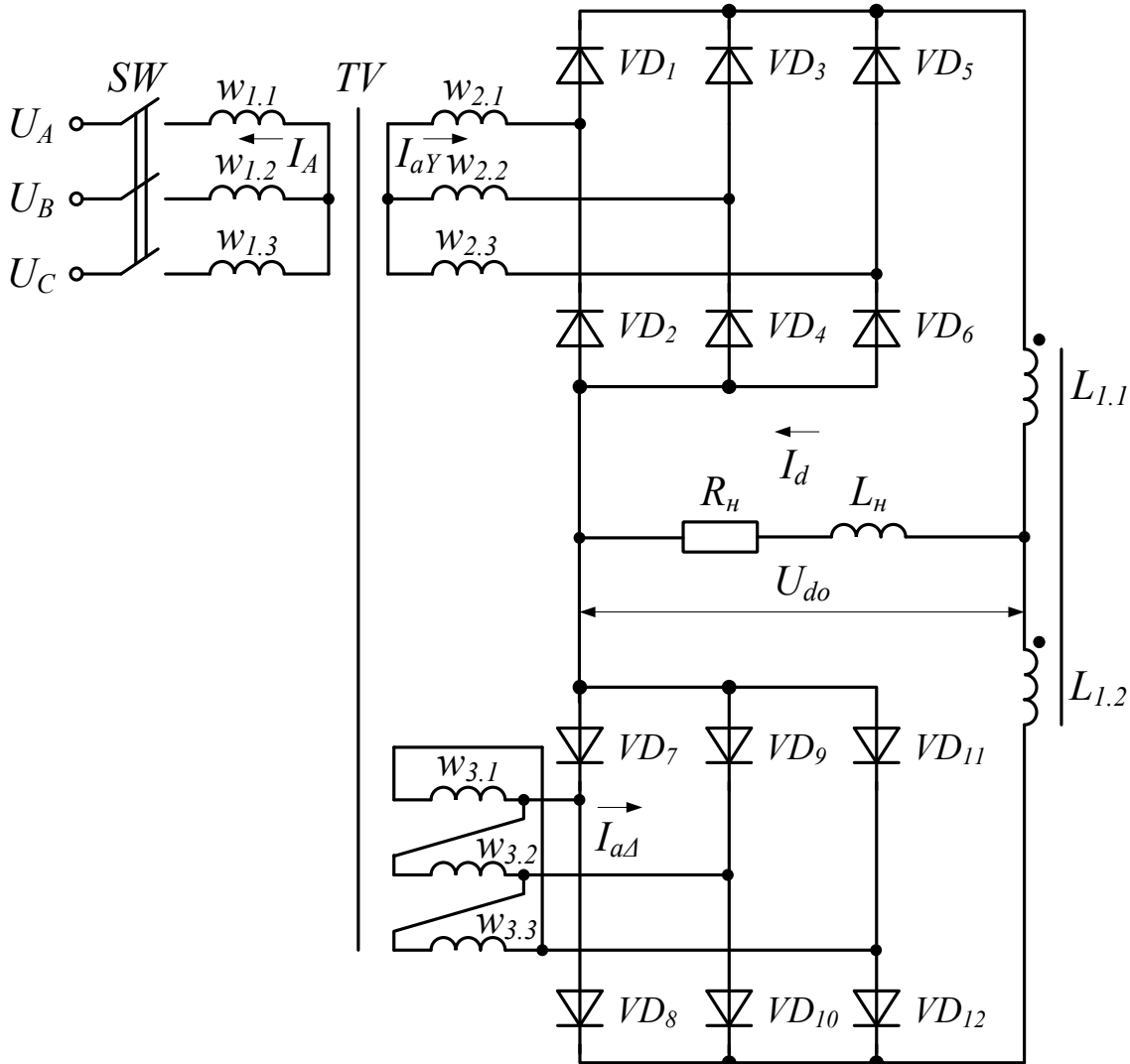


Рисунок 2.3

Цей випрямляч складається із двох трифазних мостових схем. Вторинна обмотка першого випрямляча з'єднана за схемою «зірка», а другого – за схемою «трикутник». Так як обмотки $L_{1.1}$ і $L_{1.2}$ реактора магнітно між собою зв'язані, то середнє значення випрямленої напруги випрямляча визначається таким чином:

$$U'_{do} = \frac{U_{dY} + U_{d\Delta}}{2}, \quad (2.10)$$

де U_{doY} – середнє значення вихідної напруги верхнього моста,
 $U_{do\Delta}$ – середнє значення вихідної напруги нижнього моста.

На рисунку 2.4 наведені часові діаграми, що характеризують форми струмів і напруг у дванадцятипульсній схемі випрямляча при $L \rightarrow \infty$.

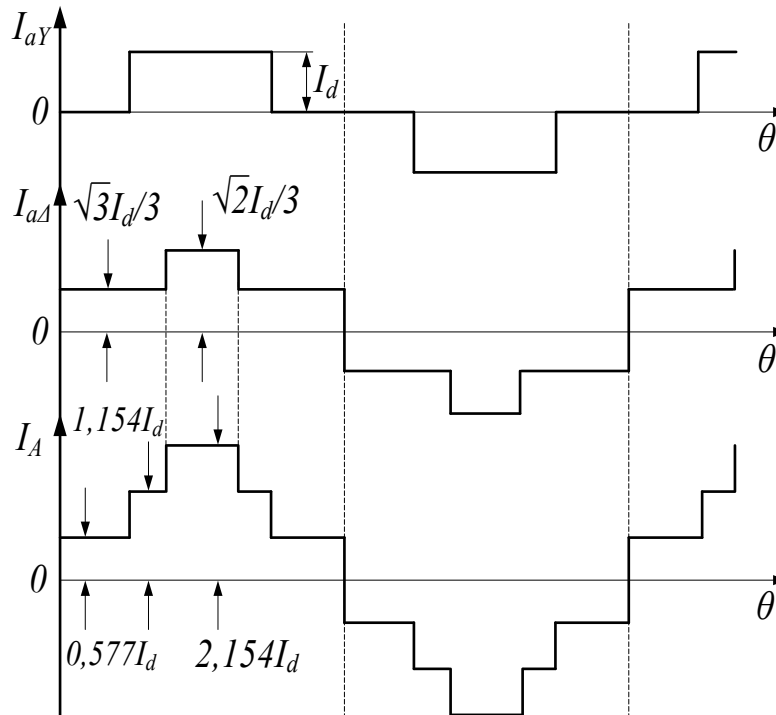


Рисунок 2.4

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

$$I_{k\infty\Delta} = \frac{4 \cdot \sqrt{3} \cdot I_d}{3 \cdot k \cdot \pi} \cdot [1 - (-1)^k] \cdot \sin k \frac{\pi}{6}. \quad (2.11)$$

Амплітуда k -ї гармоніки споживаного із живильної мережі струму випрямляча пульсності $m=12$ визначається сумою рівнянь (2.3) та (2.11)

$$I_{k\infty A} = \frac{2 \cdot I_d}{\pi \cdot k} \cdot [1 - (-1)^k] \cdot \left(\sin k \frac{\pi}{3} + \sqrt{3} \cdot \sin k \frac{\pi}{6} \right). \quad (2.12)$$

Із (2.12) випливає, що у дванадцятипульсній схемі відбувається компенсація гармонік, кратних номерам

$$k = 6 \cdot n \pm 1. \quad (2.13)$$

3 ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ВИХІДНОЇ НАПРУГИ ВИПРЯМЛЯЧА ТЯГОВОЇ ПІДСТАНЦІ НА КОНТАКТНУ МЕРЕЖУ

У результаті перетворення змінної напруги живильної мережі на виході випрямляча тягової підстанції діє напруга, середнє значення якої визначається таким чином:

- вторинна обмотка силового трансформатора з'єднана «зіркою»

$$U_{do} = U_2 \cdot \frac{m \cdot \sqrt{6}}{\pi} \cdot \sin \frac{\pi}{m}; \quad (3.1)$$

- вторинна обмотка силового трансформатора з'єднана «трикутником»

$$U_{do} = U_2 \cdot \frac{m \cdot \sqrt{2}}{\pi} \cdot \sin \frac{\pi}{m}, \quad (3.2)$$

де U_2 – ефективне значення фазної напруги вторинної обмотки трансформатора;

m – пульсність випрямляча.

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

$$f_q = f_o \cdot m \cdot q, \quad (3.3)$$

де $f_o = 50$ Гц – частота живлячих ЕРС;

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

Амплітуда q -гармоніки пульсацій випрямляча тягової підстанції

$$U_{(q)m} = U_{do} \cdot \frac{2}{q^2 \cdot m^2 - 1}. \quad (3.4)$$

Із формули (3.3) випливає, що частота основної гармоніки для вихідної напруги визначається пульсністю перетворювача. Амплітуди гармонік зменшуються зі зростанням їх порядкових номерів, про що свідчить формула (3.4).

Коефіцієнт пульсації для q -ї гармоніки дорівнює

$$K_i = \frac{U_{qm}}{U_{do}} = \frac{2}{q^2 \cdot m^2 - 1}. \quad (3.5)$$

Якість електричної енергії на виході випрямляча тягової підстанції характеризується коефіцієнтом хвилястості

$$K_x = \frac{\sqrt{\sum_{q=1}^n U^2}}{U_{do}}. \quad (3.6)$$

При живленні випрямляча тягової підстанції постійного струму від несиметричної мережі з коефіцієнтом несиметрії

$$\varepsilon = \frac{U_2}{U_1} \cdot e^{j\psi}, \quad (3.7)$$

де U_1 – напруга прямої послідовності несиметричних ЕРС;

U_2 – напруга зворотної послідовності;

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

У вихідну напругу генеруються додаткові гармоніки (неканонічні). Частоти цих гармонік кратні подвоєній частоті напруги живильної мережі

$$f_v = 2 \cdot v \cdot f_o, \quad (3.8)$$

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

Амплітуда V -ї неканонічної гармоніки

$$U_v = U_{do} \cdot \frac{\varepsilon}{v-1} \quad (3.9)$$

для $v = 2 \cdot (1 + 3 \cdot k)$;

$$U_v = U_{do} \cdot \frac{\varepsilon}{v+1} \quad (3.10)$$

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

Згідно з ГОСТ 13109-97 «Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения» коефіцієнт несиметрії в мережах з напругою 110 кВ і вище не повинен перевищувати 2 %.

У трифазній мережі модуль і фазу напруги зворотної послідовності можна визначати за показаннями вольтметрів, що увімкнені на лінійні напруги

$$U_2 = \frac{1}{3} \cdot \sqrt{(\Delta U_{BC} - \Delta U_{CA})^2 + \Delta U_{BC} \cdot \Delta U_{CA}}; \quad (3.11)$$

$$\Psi = \frac{\pi}{6} \cdot \operatorname{arctg} \frac{\sqrt{3} \cdot (\Delta U_{CA} - \Delta U_{BC})}{\Delta U_{BC} + \Delta U_{CA}}, \quad (3.12)$$

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

Із (3.8) випливає, що несиметрія ЕРС живильної мережі викликає генерацію у вихідну напругу випрямляча неканонічні гармоніки, частоти яких значно нижчі від частоти основної гармоніки. Як видно із (3.9), (3.10), амплітуди цих гармонік на

відміну від канонічних гармонік не залежа від пульсності випрямляча.

4 ДОСЛІДЖЕННЯ ФІЛЬТРУВАЛЬНОГО ОБЛАДНАННЯ ТЯГОВОЇ ПІДСТАНЦІ ПОСТІЙНОГО СТРУМУ

Зменшені величини пульсацій у контактній мережі, що викликані наявністю у вихідній напрузі випрямляча змінної складової, досягається за допомогою згладжувальних фільтрів.

При проектуванні та електрифікації ділянок залізниць нормативними документами вимагається встановлення на виході випрямляча тягової підстанції згладжувального фільтра, електрична схема якого наведена на рисунку 4.1.

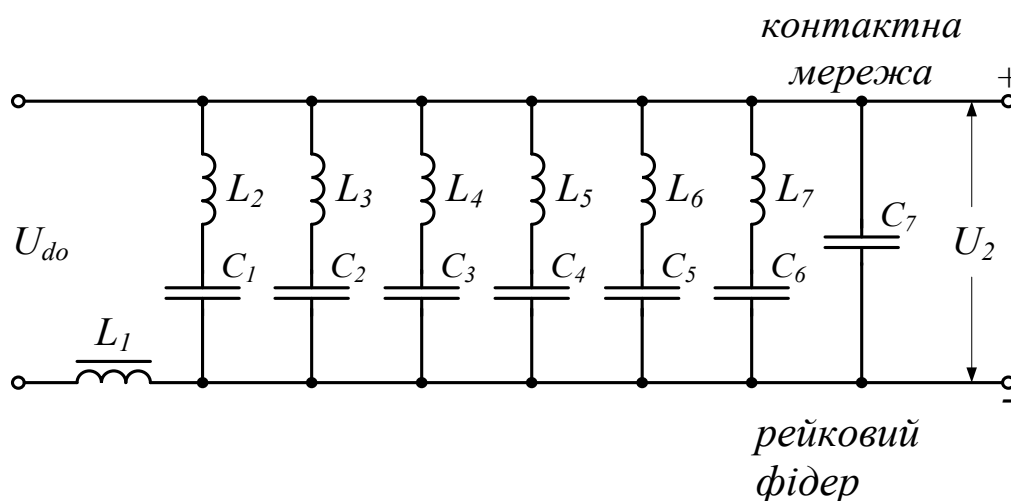


Рисунок 4.1

Наведена схема складається із Γ -подібного LC -фільтра, що побудований на L_1, C_7 .

Цей фільтр є основним у поліпшенні якості електричної енергії в контактній мережі. На елементах $C_1 \dots C_6, L_2 \dots L_7$ побудовані ежекторні фільтри, що додатково зменшують амплітуди гармонік з частотами 100, 200, 400, 500 та 600 Гц.

Рекомендовані параметри елементів згладжувального фільтра наведені в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Рекомендовані параметри елементів згладжуючого Фільтра

$L_1,$ Гн $\times 10^{-3}$	$L_2,$ Гн $\times 10^{-3}$	$L_3,$ Гн $\times 10^{-3}$	$L_4,$ Гн $\times 10^{-3}$	$L_5,$ Гн $\times 10^{-3}$	$L_6,$ Гн $\times 10^{-3}$	$L_7,$ Гн $\times 10^{-3}$
10	17,59	5,85	2,93	2,64	2,11	1,95
$C_7,$ мкФ	$C_1,$ мкФ	$C_2,$ мкФ	$C_3,$ мкФ	$C_4,$ мкФ	$C_5,$ мкФ	$C_6,$ мкФ
204	144	108	96	60	48	36
$f_1,$ Гц	$f_2,$ Гц	$f_3,$ Гц	$f_4,$ Гц	$f_5,$ Гц	$f_6,$ Гц	$f_7,$ Гц
110	100	200	300	400	500	600

Розглянемо LC -фільтр, до вихідних затискачів якого підключено навантаження з опором R_n (рисунок 4.2).

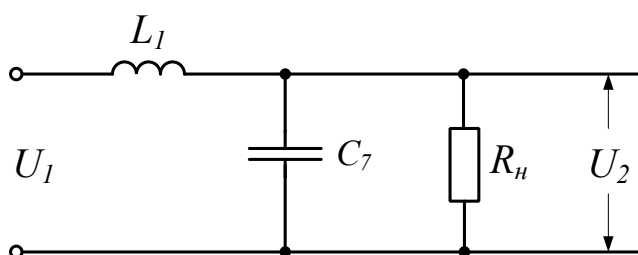


Рисунок 4.2

Передавальна функція LC -фільтра

$$H(p) = \frac{1}{T_o^2 \cdot p^2 + 2 \cdot \xi \cdot T_o \cdot p + 1}, \quad (4.1)$$

де $T_o = \sqrt{L_1 \cdot C_7}$ – стала часу фільтра;

$\xi = \frac{1}{2 \cdot R_i} \cdot \sqrt{\frac{L_1}{C_7}}$ – коефіцієнт демпфування.

Коефіцієнт демпфування залежить від внутрішнього опору фільтра та опору навантаження.

Амплітудно-частотна характеристика визначається виразом

$$K(\omega) = \frac{1}{\sqrt{(1 - \omega^2 T_{\phi}^2)^2 + 4 \cdot \xi \cdot \omega^2 \cdot T_{\phi}^2}}, \quad (4.2)$$

де $\omega = 2 \cdot \pi \cdot f$ – поточне значення частоти.

Коефіцієнт фільтрації для q -ї канонічної або ν -ї неканонічної гармонік визначається як

$$K_{\phi} = \frac{U_{qm}}{U'_{qm}}, \quad (4.3)$$

де U_{qm} – величина амплітуди q -ї гармоніки на вході фільтра;
 U'_{qm} – величина амплітуди q -ї гармоніки на виході фільтра.

Аналогічно визначається коефіцієнт фільтрації і для ν -ї неканонічної гармоніки.

Логарифмічна амплітудно-частотна характеристика LC -фільтра наведена на рисунку 4.3.

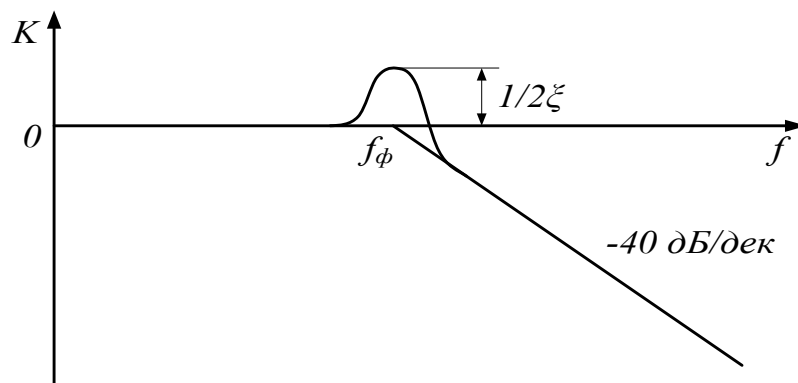


Рисунок 4.3

Власну частоту фільтра f_{ϕ} вибирають меншою від частоти f_i компенсованої гармоніки. У такому випадку із (4.2) з урахуванням (4.3) одержуємо

$$\hat{E}_{\phi} \approx \frac{f_i}{f_{\phi}}. \quad (4.4)$$

Із рисунок 4.3 випливає те, що на власній частоті f_o фільтр не компенсує гармоніку, а навпаки збільшує її амплітуду. Для усунення цього ефекту параметри елементів фільтра вибирають такими, щоб f_o лежала за межами частотного спектра вихідної напруги випрямляча, або застосовують додаткові заходи.

Ежекторний фільтр являє собою послідовний коливальний контур, резонансна частота якого дорівнює частоті фільтрованої гармоніки.

На частоті резонансу коливальний контур має малий опір, яким він шунтує вихідне коло LC -фільтра. Обмеження струму через контур здійснюється дроселем L_1 , який відіграє роль балансного опору.

Для аналізу процесу фільтрації q -ї або ν -ї гармоніки розглянемо електричну схему, наведену на рисунку 4.4.

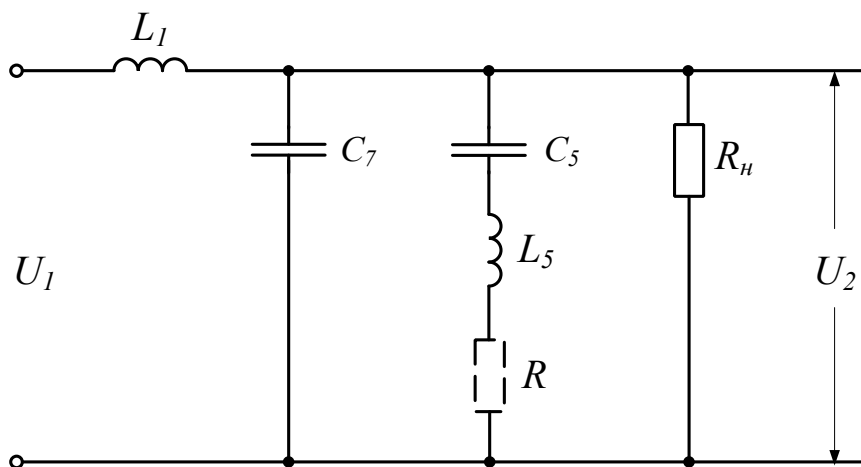


Рисунок 4.4

Передавальна функція наведеної електричної ланки

$$G(p) = \frac{T_2^2 p^2 + 1}{T_0^2 T_2^2 p^4 + T_1 T_2^2 p^3 + (T_0^2 + T_2^2 + T_3^2) p^2 + T_1 p + 1}, \quad (4.5)$$

де $T_1 = \frac{L_1}{R_i}$, $T_2^2 = L_5 \cdot C_5$, $T_3^2 = L_1 \cdot C_5$, $T_0^2 = L_1 \cdot C_7$.

Амплітудно-частотна характеристика цієї ланки

$$K_{\varepsilon}(\omega) = \frac{1 - \omega^2 O_2^2}{\sqrt{[\omega^4 T_o^2 T_2^2 - \omega^2 (T_o^2 + T_2^2 + T_3^2) + 1]^2 + \omega^2 T_1^2 (1 - \omega^2 T_2^2)^2}} \cdot (4.6)$$

Логарифмічна амплітудно-частотна характеристика комбінованого фільтра наведена на рисунку 4.5.

Із (4.6) випливає, що коефіцієнт передачі аналізованого фільтра на резонансній частоті ежекторної ланки (C_5, L_5) дорівнює нулю. Тобто коефіцієнт фільтрації гармоніки, частота якої дорівнює резонансній частоті ежекторної ланки $K_{\phi\varepsilon} \rightarrow \infty$. У реальних умовах величина $K_{\phi\varepsilon}$ має кінцеве значення через наявність активного опору R в ежекторному фільтрі.

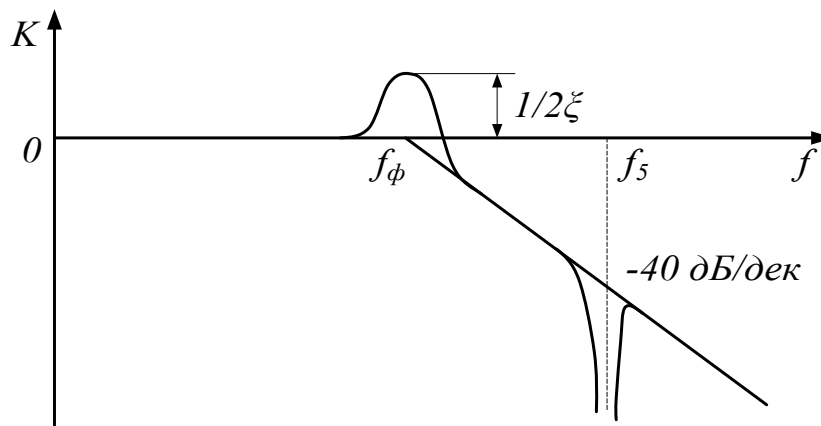


Рисунок 4.5

5 ЗАГЛУШЕННЯ НЕКАНОНІЧНИХ ГАРМОНІК ВИХІДНОЇ НАПРУГИ ТЯГОВОЇ ПІДСТАНЦІ В ЗАМКНУТІЙ СТРУКТУРІ

В основу побудови системи заглушення низькочастотних неканонічних гармонік вихідної напруги випрямної установки з вольтододатним перетворювачем покладена дія від'ємного зворотного зв'язку в спеціальній замкнутій структурі автоматичного регулювання. Як формуючу ланку кола

зворотного зв'язку використовують динамічну ланку з передавальною функцією

$$H(p) = \frac{T_0 p}{T_0^2 p^2 + 2\xi T_0 p + 1}. \quad (5.1)$$

Ця динамічна ланка має підвищений коефіцієнт підсилення на частоті заглушеної неканонічної гармоніки.

На тягових підстанціях залізничного транспорту застосовують перетворювальні агрегати з нульовими й мостовими схемами випрямлення. У нульових схемах діоди вмикають на напругу між фазою й нулем через приймач енергії, у мостових схемах – на міжфазну напругу. Нульові й мостові схеми бувають прості й складні. Складні утворюються із простих шляхом послідовного або паралельного їх з'єднання.

При порівнянні трифазної мостової схеми випрямлення (рисунок 5.1) з нульовою видно, що перша простіша, тому що, забезпечуючи шестиразову пульсацію випрямленої напруги, не потребує додатково зрівняльного реактора: при тому ж самому значенні випрямленої напруги величина повторюваної напруги у мостовій схемі вдвічі менша, тому що $U_{2\phi\phi} > U_{2\phi i}$.

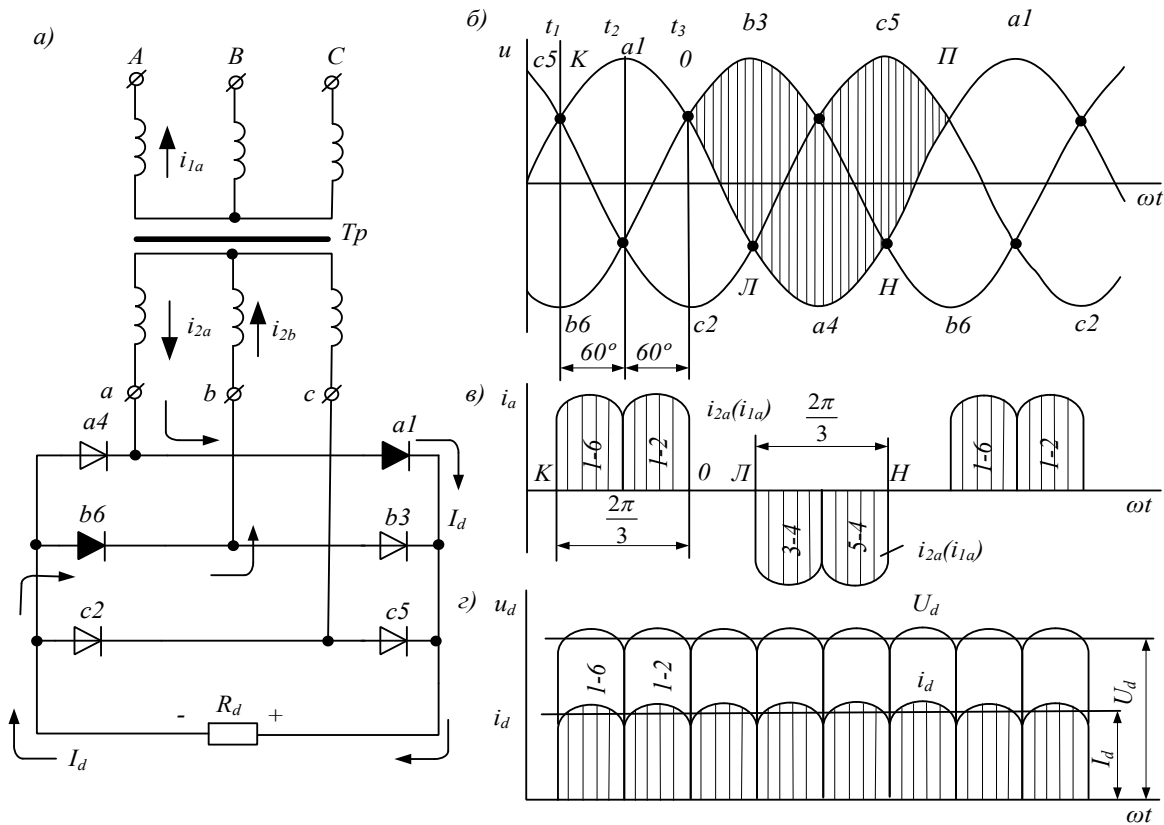


Рисунок 5.1 – Трифазна шестипульсна схема випрямлення (а) і графіки напруги й струму (б, в)

За витратою діодів на випрямляч обидві схеми не мають переваг одна перед одною, тому що у фазі мостової схеми діодів у 2 рази менше в послідовному ланцюзі, проте в 2 рази більше в паралельному ланцюзі в порівнянні з нульовою схемою. Мостова схема випрямлення має переваги перед нульовою за енергетичними показниками трансформатора. Останнім часом більше застосовують мостову схему при новому проектуванні.

6 ІМІТАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ВИПРЯМНИХ УСТАНОВОК

З метою експериментального підтвердження теоретичних досліджень електромагнітних процесів шести- та дванадцятипульсних випрямних установок, проведених раніше,

необхідно за допомогою середовище MATLAB-Simulink розробити імітаційні моделі для:

- шестипульсної мостової схеми випрямляча тягової підстанції (рисунок 6.1);

- дванадцятипульсної мостової схеми випрямляча тягової підстанції (рисунок 6.2);

- шестипульсної мостової схеми випрямляча тягової підстанції з вольтододатним перетворювачем та системою заглушення неканонічної гармоніки з частотою 100 Гц (рисунок 6.3).

Імітаційна модель вольтододатного перетворювача наведена на рисунку 6.4.

Дані моделі дають змогу виконувати експериментальні дослідження електромагнітних процесів, які протікають у вхідних та вихідних колах наведених випрямлячів.

У розрахунково-пояснювальній записці до курсової роботи необхідно надавати розроблені імітаційні моделі випрямлячів, а також навести осцилограми струмів і напруг, що діють у вхідних та вихідних колах досліджуваних схем випрямлячів. Такий підхід дасть змогу ефективно оцінити режими роботи випрямляча та дослідити гармонічний склад струму на його вході.

Імітаційні моделі у своєму складі повинні містити розроблені вимірвачі коефіцієнта потужності (рисунок 6.5). Експериментальні дослідження слід виконувати для сталої часу кола навантаження $\dot{O}_{i\dot{a}\dot{a}} \rightarrow \infty$.

До складу моделі повинні входити:

- джерело живлення;
- двообмотковий трансформатор;
- випрямляч.

Параметри джерела живлення слід обрати такими:

- номінальна напруга $U_{iii} = 6300$ кВ;
- частота $f = 50$ Гц;

Параметри трансформатора:

- номінальна напруга: $U_{Ai} = 6,3$ кВ; $U_{ii} = 2,2$ кВ;
- номінальна потужність: $S = 250000$ кВА;
- схема з'єднання обмоток: Y/Y .

Шестипульсний випрямляч повинен складатися з блоків діодів, які зібрані за шестипульсною схемою.

При дослідженні схеми слід зробити припущення, що діоди є ідеальними. На моделі повинні бути наявні вимірювальні прилади: вольтметри та амперметри, які вимірюють напругу та струм на вході та виході випрямляча. На дисплеї слід відобразити дванадцять гармонік вхідного струму, а також напругу та струм на виході. Графіки параметрів, що реєструються, слід відобразити на віртуальному осцилографі.

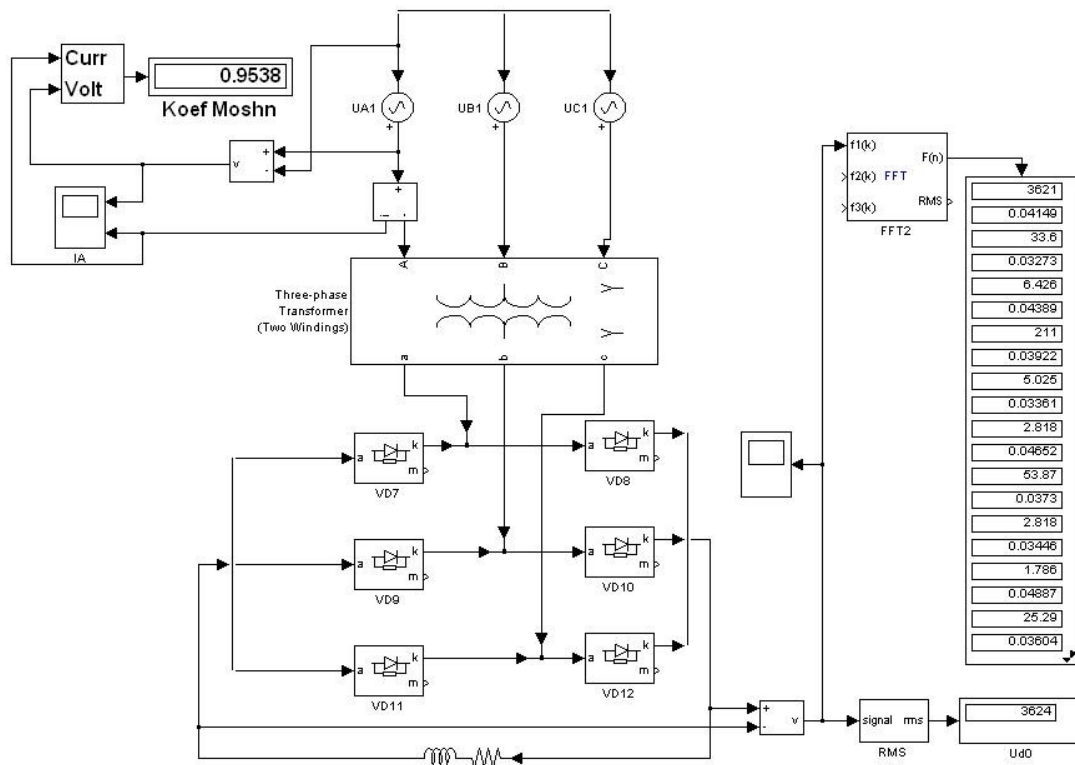


Рисунок 6.1 – Імітаційна модель шестипульсної мостової схеми випрямляча тягової підстанції

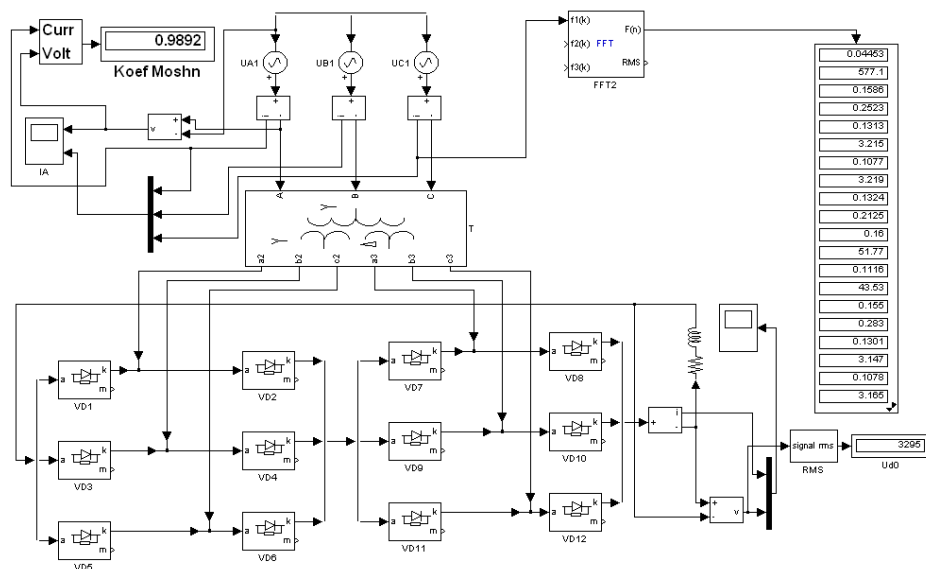


Рисунок 6.2 – Імітаційна модель дванадцятипульсної мостової схеми випрямляча тягової підстанції

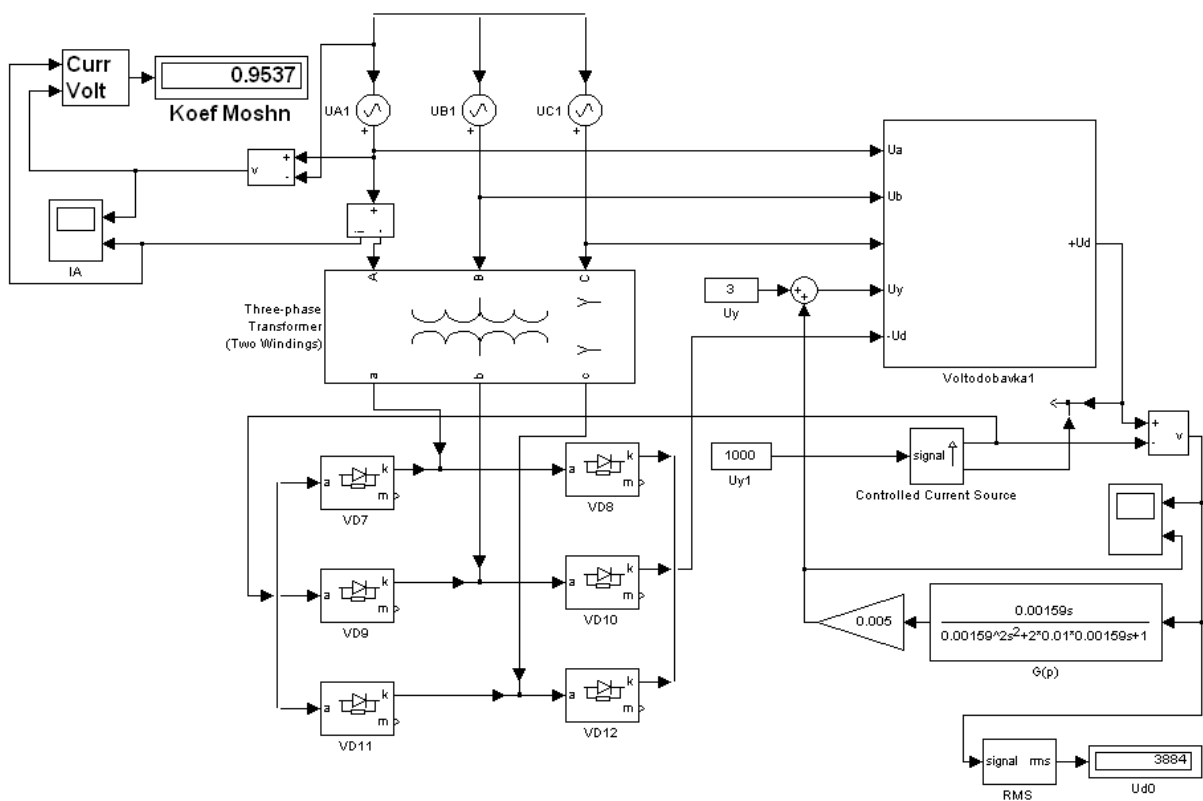


Рисунок 6.3 – Імітаційна модель шестипульсної мостової схеми випрямляча тягової підстанції з вольтододатним перетворювачем та системою заглушення неканонічної гармоніки з частотою 100 Гц

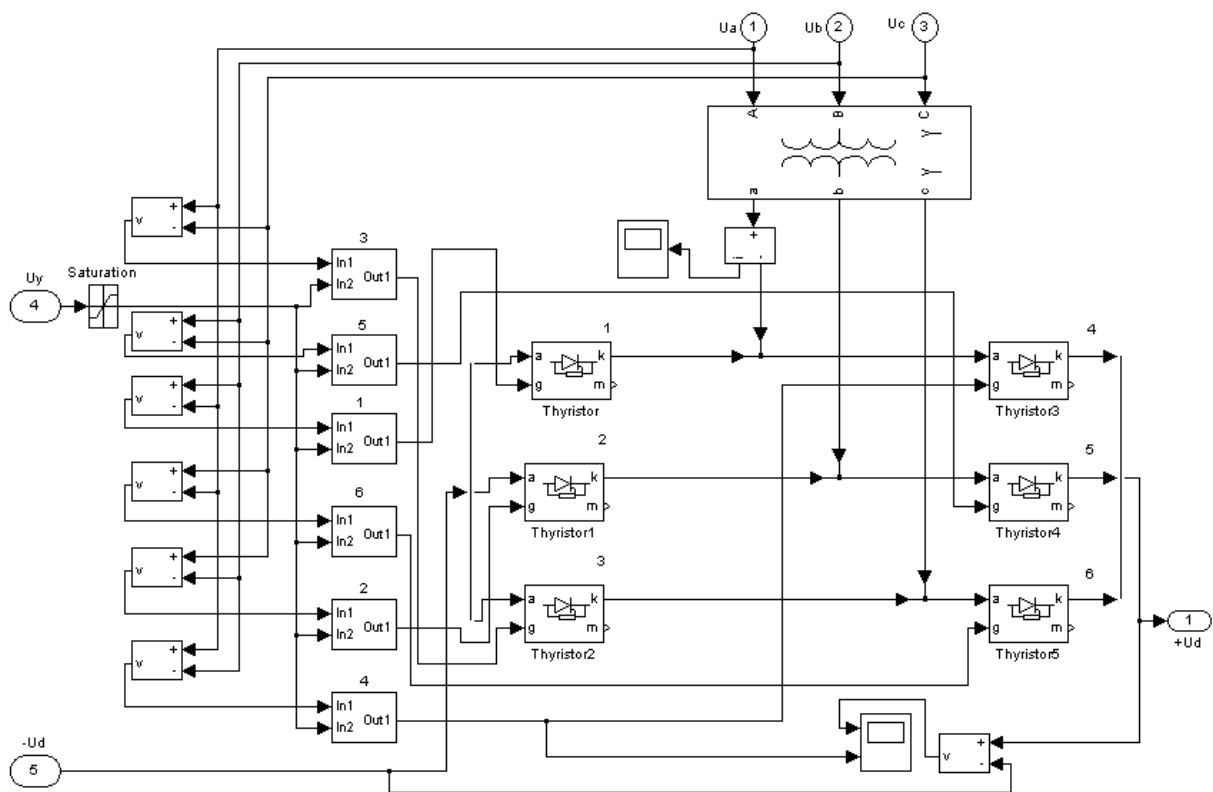


Рисунок 6.4 – Імітаційна модель вольтододатного перетворювача

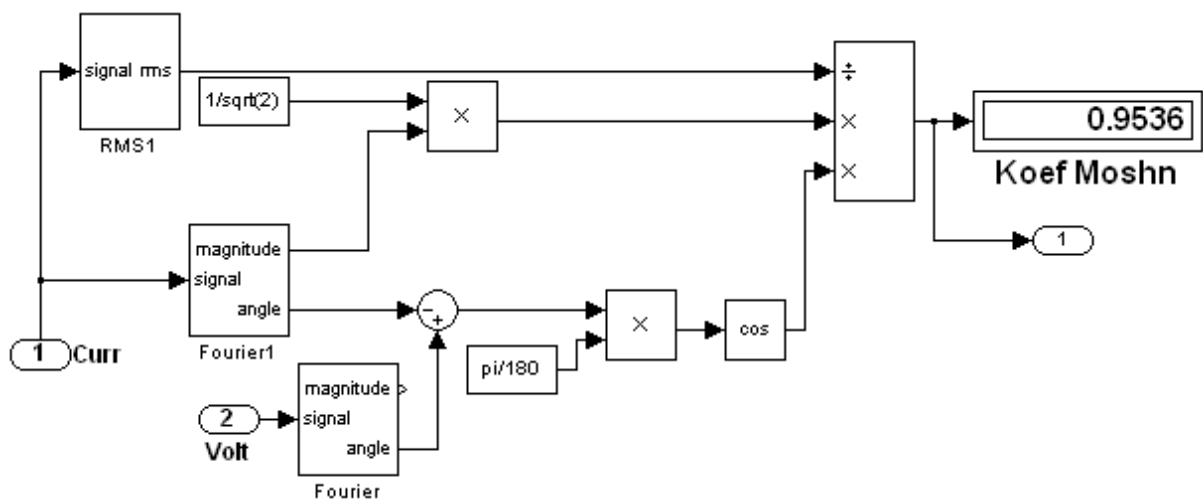


Рисунок 6.5 – Імітаційна модель вимірювача коефіцієнта потужності

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1 Щербак, Я.В. Замкнутые системы компенсации неканонических гармоник полупроводниковых преобразователей [Текст] / Я.В. Щербак. – Харьков: ХФИ «Транспорт Украины», 1999. – 256 с.

2 Черных, И.В. Моделирование электротехнических устройств в MATLAB, SimPowerSystems и Simulink [Текст] / И.В. Черных. – М.: ДМК Пресс; СПб.: Питер, 2008. – 288 с.: ил.

3 Дьяконов, В.П. MATLAB и Simulink для радиоинженеров [Текст] / В.П. Дьяконов. – М.: ДМК Пресс, 2011. – 976 с.: ил.