

Міністерство освіти і науки України
Національний технічний університет
«Дніпровська політехніка»

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
до виконання лабораторної роботи СПТ-7

«Дослідження трифазного інвертора, веденого мережею»

з дисципліни "Силова перетворювальна техніка"
напряму 141

«Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»
для студентів
денної і заочної форм навчання

Дніпро
2023

Міністерство освіти і науки України
Національний технічний університет
«Дніпровська політехніка»

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
до виконання лабораторної роботи СПТ-7

«Дослідження трифазного інвертора, веденого мережею»

з дисципліни "Силова перетворювальна техніка"
напряму 141

«Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»
для студентів
денної і заочної форм навчання

Затверджено на засіданні кафедри
електроенергетики
Протокол № від 2023 р.

Дніпро
2023

Методичні вказівки до лабораторної роботи СПТ-7 "**Дослідження трифазного інвертора, веденого мережею**" з дисципліни "Силова перетворювальна техніка" напряму 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» для студентів денної і заочної форм навчання / Укладачі О.Р. Ковальов, С.В. Дибрін — Дніпро: НТУ «ДП», 2023. — 15 с.

Оновлено і перекладено українською мовою
асистентом кафедри електроенергетики
Дибріним Сергієм Володимировичем

Мета роботи

Дослідження регульованих і енергетичних характеристик трифазного двонапівперіодного (мостового) інвертора, веденого мережею.

Дослідження гармонійною складу струму, генерованого інвертором в мережу.

Опис віртуальної лабораторної установки

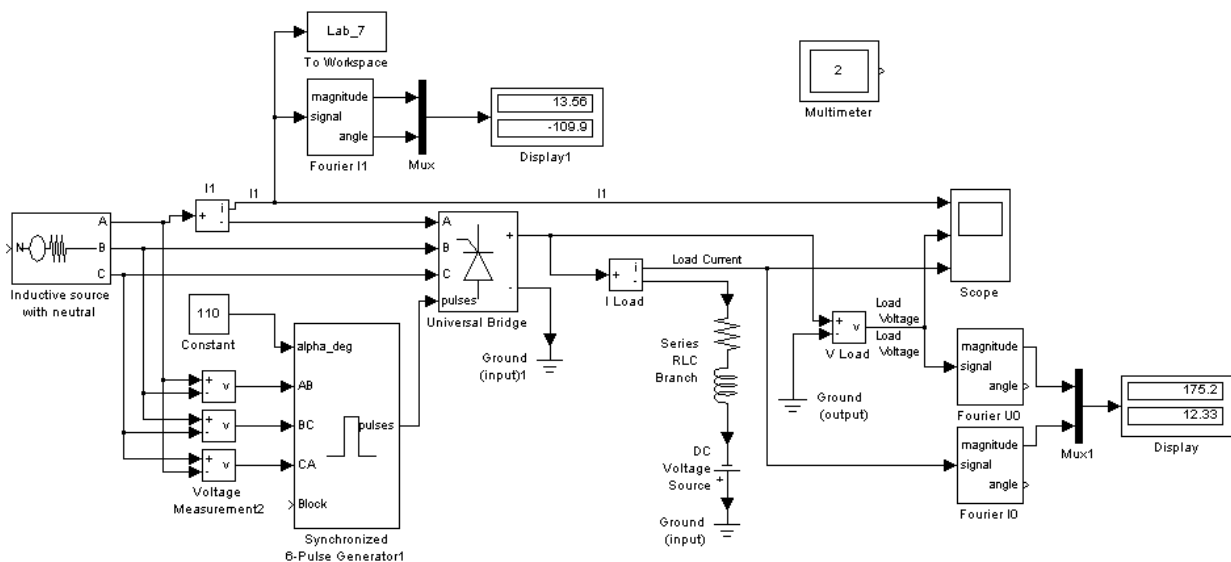


Рис. 1 Модель інвертора тиристора, веденого мережею

Віртуальна лабораторна установка (рис. 1) містить:

- джерело трифазної синусоїдальної напруги (Inductive source with neutral);
- активно-індуктивне навантаження (Series RLC Branch) з противо-е.р.с. (DC Voltage Source);
- вимірювачі миттєвих струмів у джерелі живлення (I1) і навантаженні (I Load);
- вимірювач миттєвої напруги на навантаженні (U Load);
- блок для виміру гармонійних складових струму живлення (Fourier I1);
- блок для виміру гармонійних складових струму навантаження (Fourier I0) і аналогічний блок для виміру гармонійних складових напруги на навантаженні (Fourier U0);

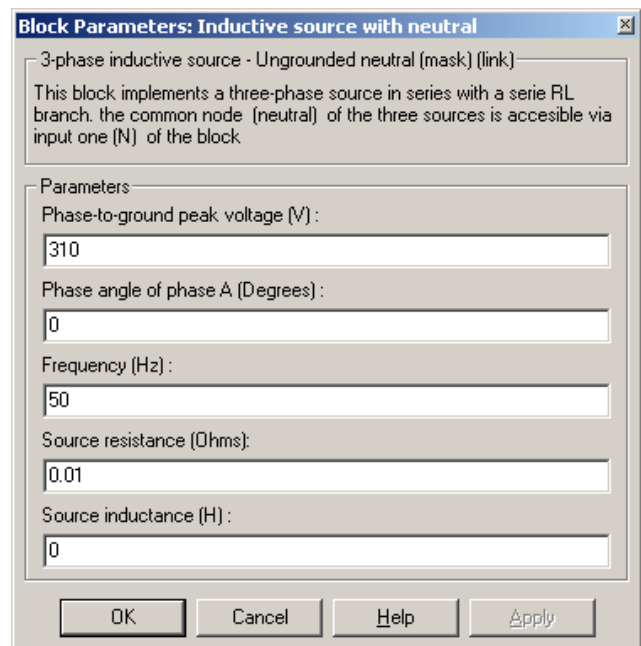


Рис. 2, а. Вікно налаштування параметрів джерела живлення

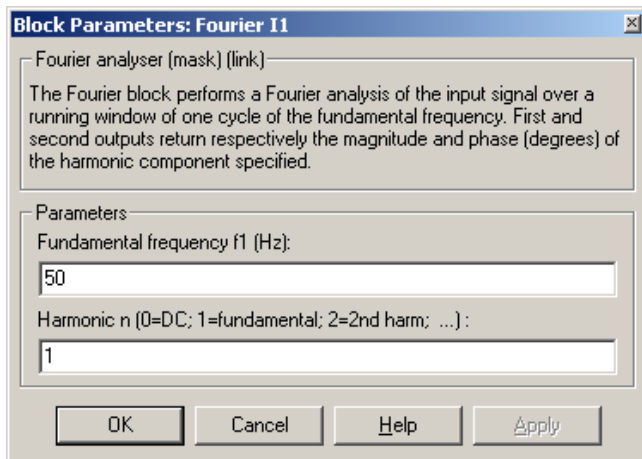


Рис. 2, б. Вікно налаштування параметрів блоку Fourier I1

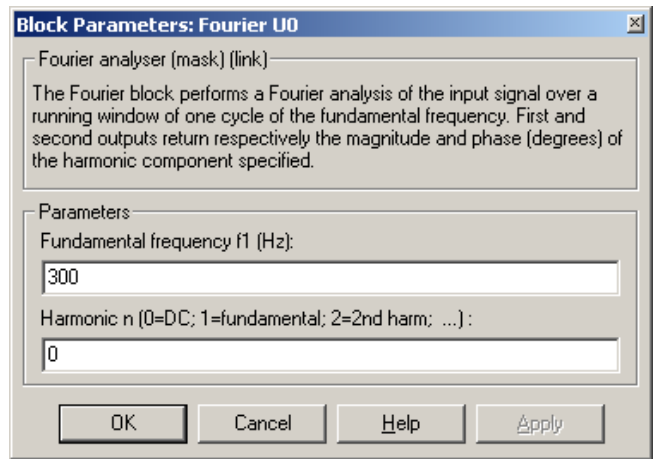


Рис. 2, в. Вікно налаштування параметрів блоків Fourier I0 і Fourier U0

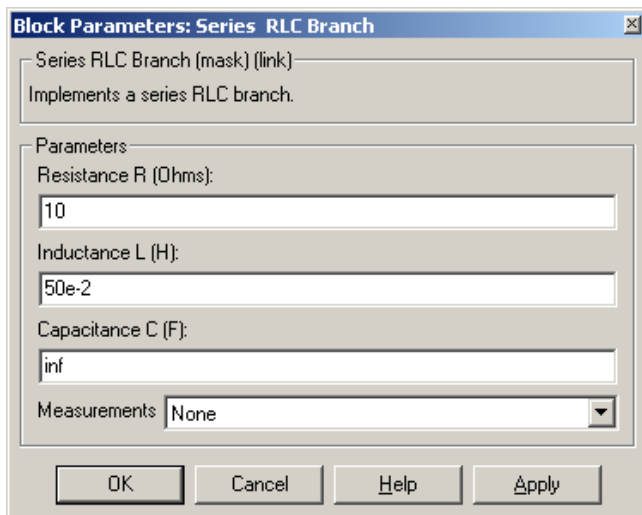


Рис. 2, г. Вікно налаштування параметрів навантаження

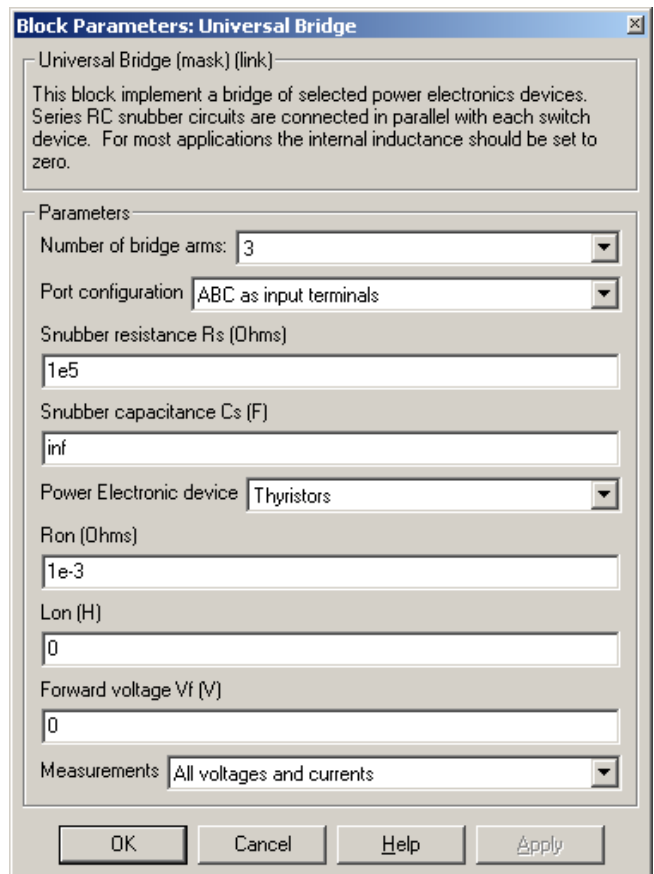


Рис. 2, е. Вікно налаштування керованого випрямляча

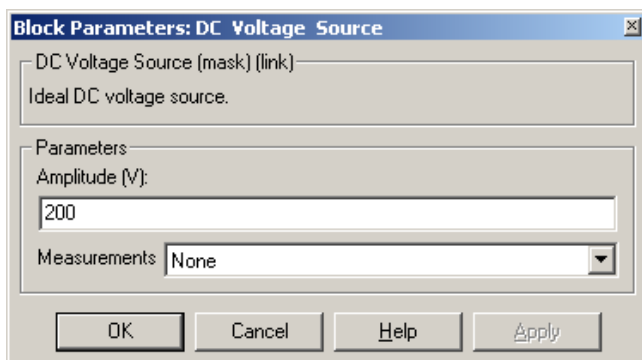


Рис. 2, д. Вікно налаштування параметрів проти - е.р.с

- блок для спостереження (вимірювання) миттєвих значень струму в ланцюзі живлення, струму навантаження і напруги на навантаженні (Scope);
- блок для спостереження (вимірювання) миттєвих значень величин, що вибрані в полі Measurement відповідних блоків Multimeter;
- блок To Workspace, призначений для передачі досліджуваного сигналу в робочий простір MatLab з наступною обробкою пакетом розширення Signal Processing Toolbox для дослідження гармонійного спектру струму споживання;
- трифазний тиристорний міст (Universal Bridge);
- блок для вимірювання амплітудного значення струму і його фази в ланцюзі живлення (Display1);
- блок для вимірювання середніх значень струму і напруги на навантаженні (Display);
- бібліотечний блок управління трифазним випрямлячем (Synchronized 6 - Pulse Generator).

Вікно налаштування параметрів блоку управління трифазним випрямлячем приведене на рис. 3.

До полів вікна вводяться значення частоти джерела і тривалості імпульсу управління в градусах. Останню величину слід погоджувати з сигналом управління (вхід alpha_deg у блоці Synchronized 6 - Pulse Generator рис. 1) так, щоб сума цих кутів не перевищувала 120 градусів.

На вхід блоку поступають синхронізуючі сигнали від мережі та сигнал завдання кута управління.

Блок To Workspace призначений для передачі досліджуваного сигналу в робочий простір MatLab з наступною обробкою пакетом розширення Signal Processing Toolbox для дослідження гармонійного спектру струму споживання. Вікно налаштування параметрів блоку показано на рис. 4

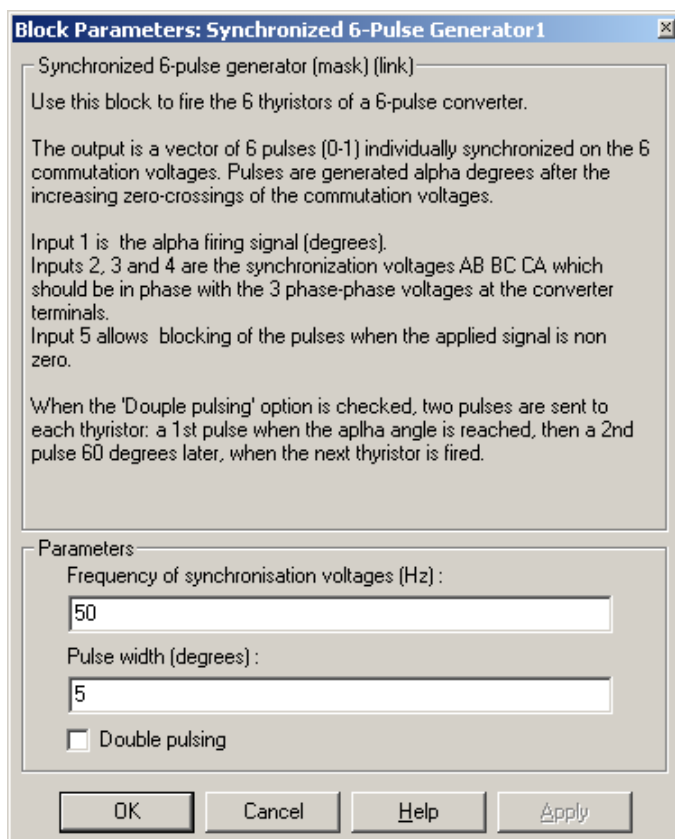


Рис. 3. Вікно налаштування параметрів блоку управління трифазним випрямлячем

У перше поле вікна налаштування введено назву змінної, під якою вектор вимірних значень фігуруватиме в робочому просторі. У другому полі визначено довжину вектору (кількість записаних значень досліджуваної змінної). Довжина вектору має бути пов'язана як з частотою (періодом) досліджуваного сигналу, так і з часом поля Sample time. Частота досліджуваного сигналу в даному випадку дорівнює 50 Гц (період 0,02 с). При часі зчитування сигналу $2e-4$ на періоді зчитуються 100 точок. Виходить, що в робочу область при довжині вектору 200 будуть записані два останні періоди досліджуваного сигналу. Слід підкреслити, що для отримання спектру необхідно записувати в робочу область не менше двох періодів. А час в полі Sample Time має бути погоджений з кроком моделювання у вікні параметрів моделювання (рис. 5). Формат вектору встановлюється в нижньому полі вікна.

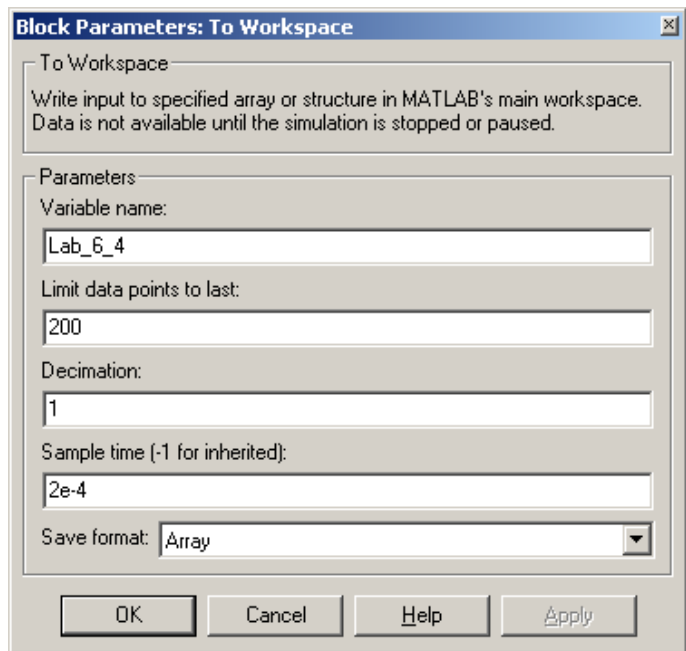


Рис. 4. Вікно налаштування параметрів блоку To Workspace

Порядок проведення лабораторної роботи

1. Проводяться дослідження регульовальної й енергетичних характеристик веденого мережею інвертора на віртуальній установці (рис. 1).

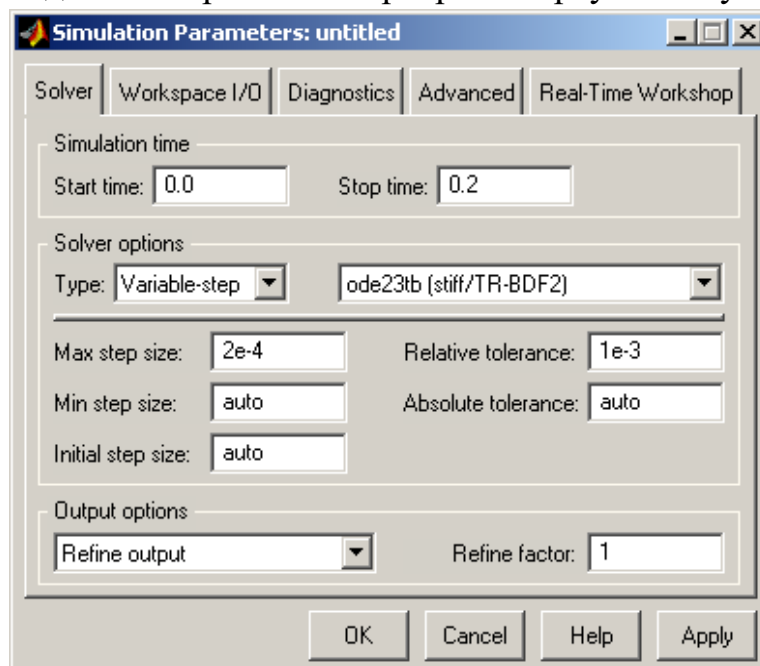


Рис. 5. Параметри моделювання

Приймаються наступні параметри навантаження:

- опір навантаження – "№ варіанту×5+5";
- індуктивність така, щоб постійна часу навантаження $T_H = L_H/R_H$

залишалася незмінною в межах (2...5) T ($T = 1/f$, f — частота джерела. У нашому випадку частота першої гармоніки випрямленого струму $f=300$ Гц).

При самостійному вивченні ці параметри доцільно задати такими ж, як на рисунках. Параметри моделювання задаються на вкладці Simulation/parameters (рис. 5).

При знятті характеристик параметри R, L в ланцюзі постійного струму інвертора залишаються без змін, змінюється кут управління від 90 до 110 градусів з кроком 10 градусів.

Характеристики знімаються для трьох значень е.р.с навантаження: 200, 300, 400 В. При цьому моделювання проводиться для кожного значення кута управління й е.р.с. Результати моделювання заносяться в табл. 1.

Таблиця 1

Дані		Виміри						Обчислення		
α	E	I_H	U_H	$I_1(1)_{\max}$	φ_1	$U_{T\max}$	$I_{T\max}$	$S_1(1)$	$P_1(1)$	P_H
град	В	А	В	А	град	В	А	ВА	Вт	Вт

Амплітуда першої гармоніки в джерелі живлення і початкова фаза цього струму визначаються за показаннями Display 1. Струм і напруга в ланцюзі постійного струму інвертора визначаються за показаннями Display. Миттєві значення цих величин можна спостерігати на екрані осцилоскопа (рис. 6). Слід звернути увагу, що при позитивному струмі напруга в ланцюзі постійного струму негативна. Крім того, фаза струму в ланцюзі живлення зсунута відносно напруги живлення на -110 градусів. Все це свідчить про те, що енергія передається з ланцюга постійного струму в ланцюг змінного струму.

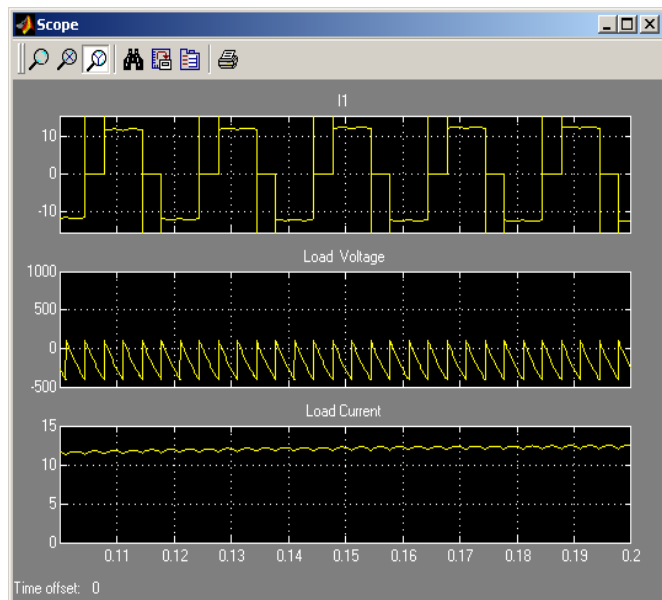


Рис. 6. Електромагнітні процеси в схемі

У графічному вікні блоку Multimeter (рис. 7) спостерігаються і визначаються максимальна напруга і струм тиристора керованого випрямляча.

Повна й активна потужність по першій гармоніці, що генерується веденим інвертором в мережу змінного струму, розраховуються за виразами:

$$S_1(1) = \frac{U_{1.\max} \cdot I_1(1)_{\max}}{2} \quad (\text{ВА}); \quad P_1(1) = \frac{U_{1.\max} \cdot I_1(1)_{\max} \cdot \cos \phi_1}{2} \quad (\text{Вт}).$$

Потужність в ланцюзі постійного струму визначається за формулою:

$$P_H = U_H I_H \quad (\text{Вт}).$$

За результатами табл. 1 будуються:

- регульовальна характеристика веденого мережею інвертора :

$$U_H = f(I_H);$$

- енергетичні характеристики веденого мережею інвертора :

$$S_1(1), P_H = f(P_1(1)).$$

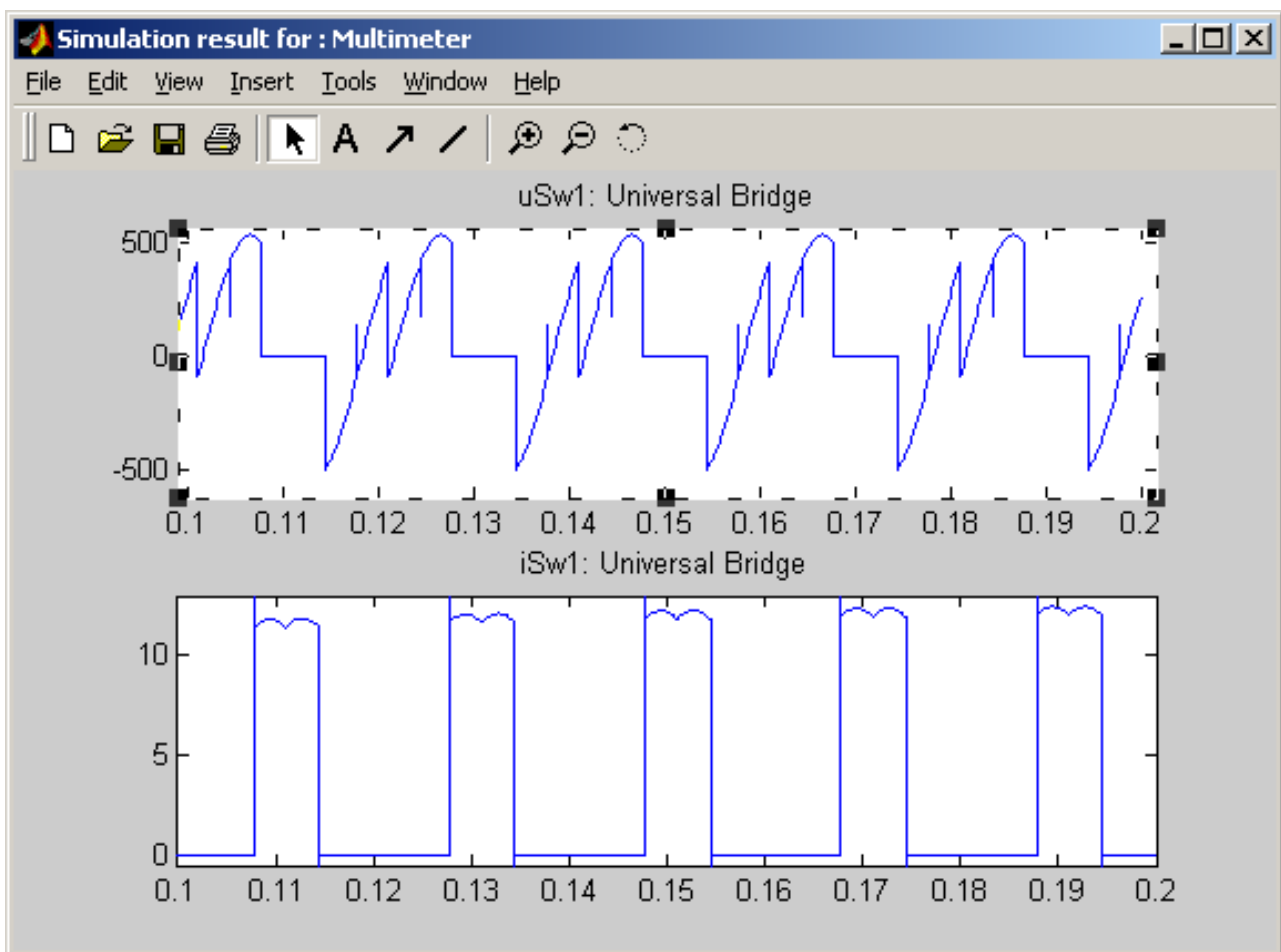


Рис. 7 Миттєва напруга і струм тиристора

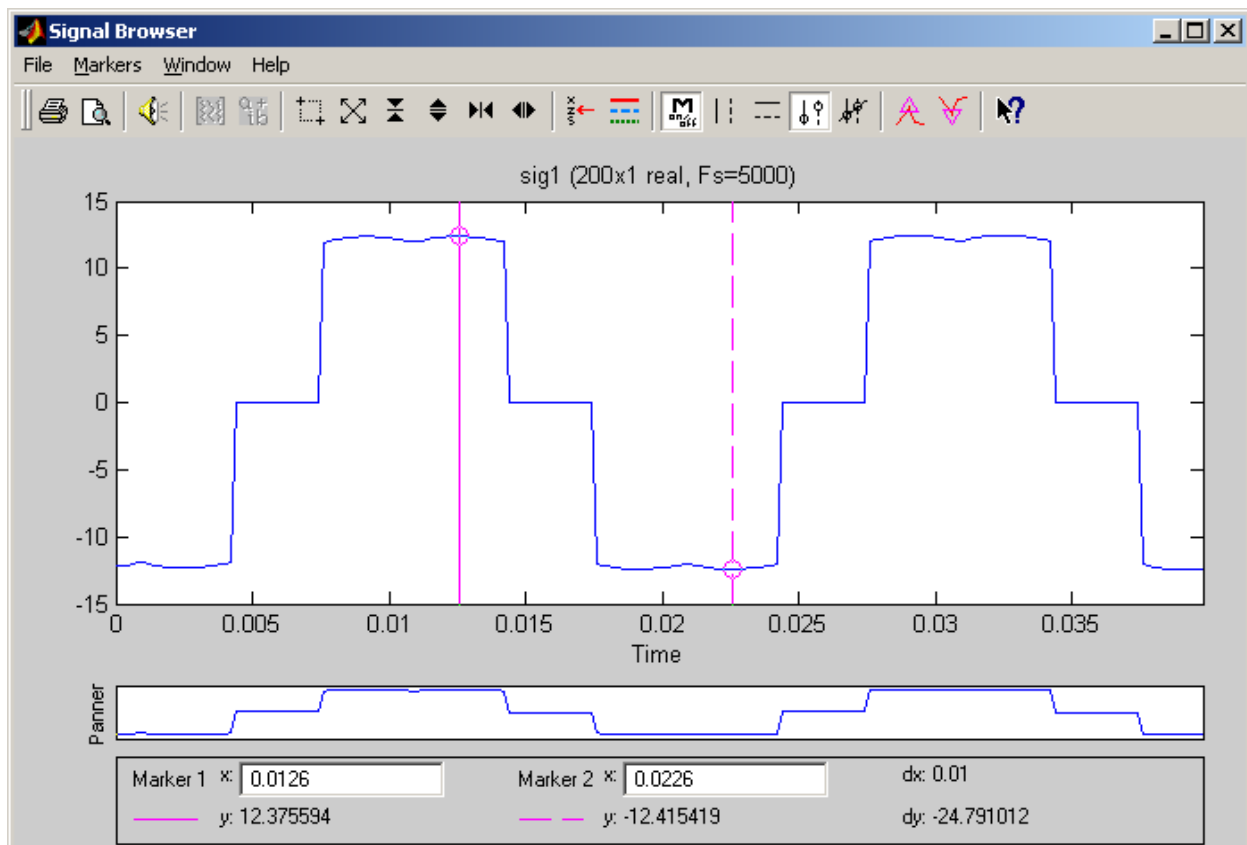


Рис. 8 Струм в ланцюзі джерела змінного струму веденого інвертора

2. Дослідження спектрального складу струму, генерованого інвертором в мережу, здійснюється при одному значенні кута управління ($|N_{\text{вар}} - 20| + 90^\circ$) в пакеті розширення Signal Processing Toolbox. Використовуючи засоби перегляду сигналу, записаного в робочу область під ім'ям Lab_7, можна проглянути досліджуваний сигнал (рис. 8).

Спектральний склад струму показано на рис. 9.

Щоб по осі ординат відкладалися амплітудні значення струмів гармонік в пункті меню Options, вікна Spectrum Viewer в підпункті Magnitude Scale необхідно вибрати Linear. Для визначення абсолютних значень гармонійних складових в амперах слід скористатися формулою:

$$I_1(\nu)_{\max} (A) = \frac{y_\nu}{y_1} I_1(1)_{\max} ,$$

де $I_1(\nu)_{\max}$ – амплітуда струму ν -ої гармоніки в амперах; y_1 , y_ν – значення, визначені з рис. 9; $I_1(1)_{\max}$ – струм, зчитаний з дисплея в амперах.

Для масштабування спектру можна скористатися панеллю інструментів вікна Spectrum Viewer.

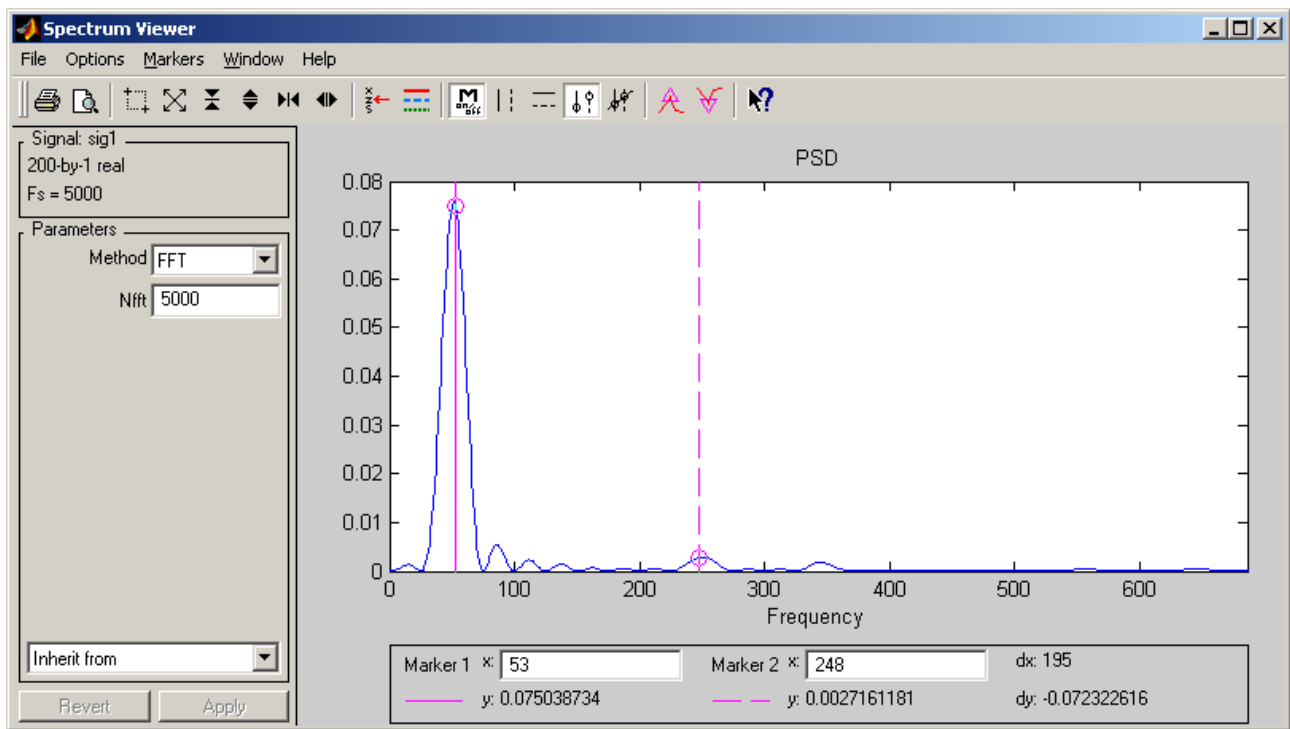


Рис. 9 Спектр струму в ланцюзі джерела змінного струму

За результатами вимірів і розрахунків заповнюється табл. 2.

Таблиця 2

Виміри			Обчислення
a (град)	$y_2 \dots y_\nu$	$I_1(1)_{\max}$ (А)	$I_1(2)_{\max} \dots I_1(\nu)_{\max}$ (А)

Зміст звіту

1. Схема віртуальної установки.
2. Вирази для розрахунку основних характеристик.
3. Енергетичні характеристики.
4. Регульовальна характеристика.
5. Спектральний склад струму в ланцюзі змінного струму.
6. Висновки по роботі.

ЛИТЕРАТУРА

1. Забродин Ю. С. Промышленная электроника. М.: Высшая школа, 1981. 532 с.
2. Кацман М. М. Электрические машины и трансформаторы. М.: Высшая школа, 1971. 416 с.
3. Гультяев А.К. Визуальное моделирование в среде MatLab. СПб.: Питер, 2000. 429 с.
4. Дьяконов В. П., Абраменкова И. В., Круглов В. В. MatLab 5 с пакетами расширения. М.: Нолидж, 2001.