

Міністерство освіти і науки України
Національний гірничий університет

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
до виконання лабораторної роботи СПТ-6

**„Дослідження однофазного двонапівперіодного випрямляча
засобами віртуальних блоків пакетів Simulink і Power system blockset
пакету MathLab”**

з дисципліни „Силова перетворювальна техніка”
для студентів напрямку 0906 „Електротехніка” спеціальностей
7.090603 „Електротехнічні системи електроспоживання”
7.000008 „Енергетичний менеджмент”
7.092203 „Електромеханічні системи автоматизації”
денної та заочної форми навчання

Дніпропетровськ
НГУ
2005

Міністерство освіти і науки України
Національний гірничий університет

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
до виконання лабораторної роботи СПТ-6

**„Дослідження однофазного двонапівперіодного випрямляча
засобами віртуальних блоків пакетів Simulink і Power system blockset
пакету MathLab”**

з дисципліни „Перетворювальна техніка”
для студентів напрямку 0906 „Електротехніка” спеціальностей
8.000008 „Енергетичний менеджмент”
8.092203 „Електромеханічні системи автоматизації”
денної та заочної форми навчання

Затверджено на засіданні кафедри
систем електропостачання
Протокол № від 2005 р.

Дніпропетровськ
2005

Методичні вказівки до лабораторної роботи СПТ-6 „Дослідження однофазного двонапівперіодного випрямляча засобами віртуальних блоків пакетів Simulink і Power system blockset пакету MathLab” з дисципліни „Силова перетворювальна техніка” для студентів напрямку 0906 „Електротехніка” спеціальностей 7.090603 „Електротехнічні системи електроспоживання”, 7.000008 „Енергетичний менеджмент”, 7.092203 „Електромеханічні системи автоматизації” денної та заочної форми навчання / Упорядн. О.Р. Ковальов, С.В. Дибрін — Дніпропетровськ: НГУ, 2005. – 15 с.

Упорядники:

Ковальов Олександр Робертович, ст. викладач

Дибрін Сергій Володимирович, асистент

Відповідальний за випуск - заст. зав. кафедрою систем електропостачання *С.І. Випанасенко, докт. техн. наук, професор*

З М І С Т

1. <i>МЕТА РОБОТИ</i>	5
2. <i>ВКАЗІВКИ ДО ВИКОНАННЯ РОБОТИ</i>	5
3. <i>ЗМІСТ РОБОТИ</i>	5
4. <i>ОПИС ВІРТУАЛЬНОЇ ЛАБОРАТОРНОЇ УСТАНОВКИ</i>	5
5. <i>ПОРЯДОК ПРОВЕДЕННЯ ЛАБОРАТОРНОЇ РОБОТИ</i>	10
6. <i>ЗМІСТ ЗВІТУ</i>	12
ЛІТЕРАТУРА	14

1. Мета роботи

Дослідження однофазного двонапівперіодного випрямляча при роботі на активно-індуктивне навантаження із зворотним діодом.

2. Вказівки до виконання роботи

До виконання лабораторної роботи слід приступити після вивчення відповідного матеріалу теоретичного курсу. Рекомендуємо скористатися додатковою літературою [1, 2].

3. Зміст роботи

Дослідження зовнішньої і енергетичних характеристик однофазного двонапівперіодного випрямляча при роботі на активно-індуктивне навантаження із зворотним діодом без урахування комутації.

4. Опис віртуальної лабораторної установки

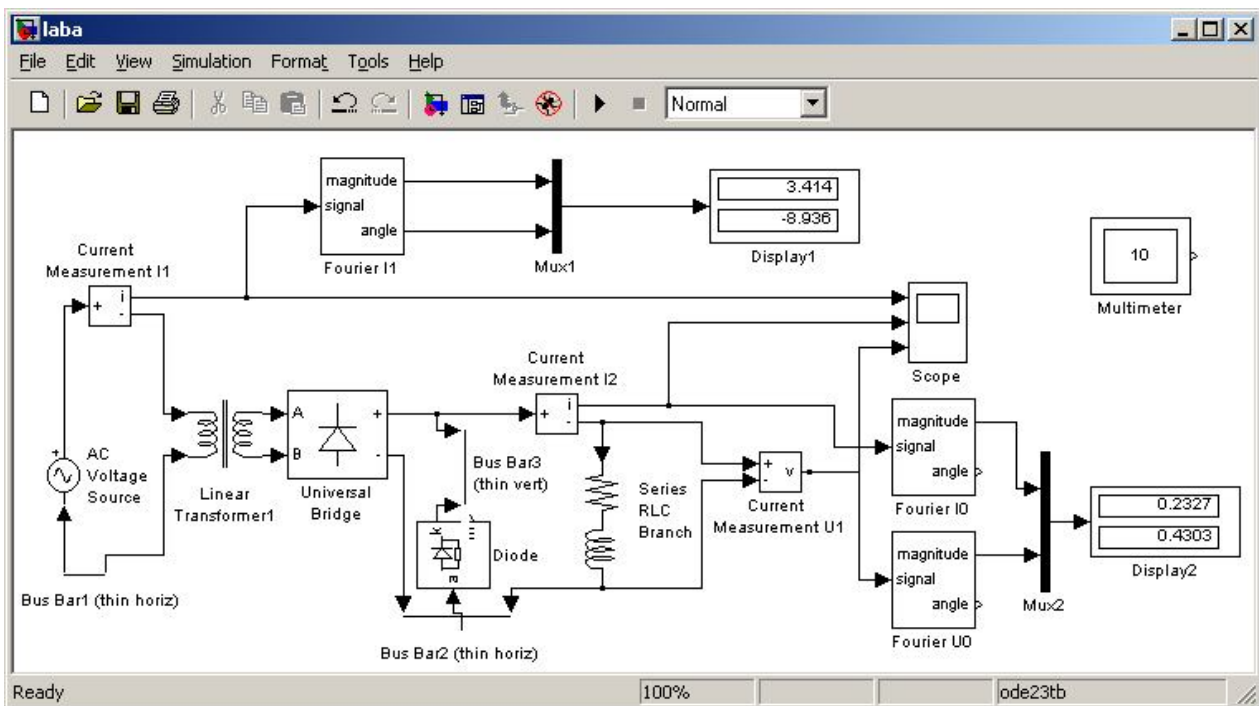


Рис.1. Модель однофазного випрямляча

Віртуальна лабораторна установка для досліджень, передбачених змістом роботи, показана на рис.1, вона містить:

- джерело синусоїдальної напруги (AC Voltage Source);
- однофазний трансформатор (Linear Transformer 1);
- однофазний діодний міст (Universal Bridge);
- активно-індуктивне навантаження (Series RLC Branch);

- зворотний діод (Diode);
- вимірники миттєвих струмів у джерелі живлення (Current Measurement I1) і навантаженні (Current Measurement I2);
- вимірник миттєвої напруги на навантаженні (Current Measurement U1);
- блок для вимірювання гармонійних складових струму живлення (Fourier I1);
- блок для вимірювання гармонійних складових струму навантаження (Fourier I0) і аналогічний блок для вимірювання гармонійних складових напруги на навантаженні (Fourier U0);
- блок для спостереження (вимірювання) миттєвих значень струму в ланцюзі живлення, струму навантаження і напруги на навантаженні (Scope);
- блок для спостереження і вимірювання миттєвих значень величин, які вибрані в полі Measurement відповідних блоків (Multimeter);
- блок для вимірювання амплітудного значення струму першої гармоніки і її фази в ланцюзі живлення (Display 1);
- блок для вимірювання середніх значень струму і напруги на навантаженні (Display 2).

Вікно настройки параметрів джерела живлення показано на рис.2.

У полях настройки задаються:

- амплітуда напруги у вольтах (Peak amplitude, V):
- початкова фаза напруги в градусах (Phase, deg).
- частота напруги в герцах (Frequency, Hz).

Параметр Sample time задає дискретність задавання напруги. Такий параметр наявний в багатьох бібліотечних блоках, він повинен бути узгоджений з часом дискретизації при задаванні параметрів моделювання (рис.10). При моделюванні аналогових систем його можна встановити рівним нулю.

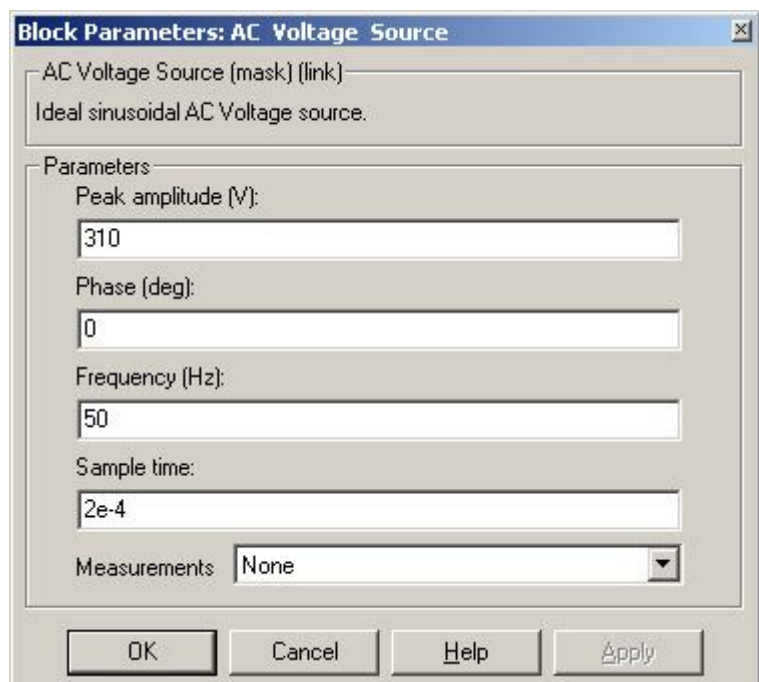


Рис.2. Вікно настройки параметрів джерела живлення

Вікно настройки параметрів трансформатора показано на рис.3. В полях вікна настройки вводяться номінальна потужність і частота трансформатора (Nominal power and frequency), параметри первинної і вторинної обмоток (Winding 1 parameter, Winding 2 parameters) і параметри гілки намагнічення

(Magnetization resistance and reactance). Параметри схеми заміщення трансформатора приведені до відносних (безрозмірних) величин.

Для визначення відносних параметрів трансформатора необхідно розглянути його схему заміщення.

Узагальнена схема заміщення трансформатора показана на рис.4. Ця схема заміщення представлена як ідеальний трансформатор з винесеними елементами, що характеризують втрати в обмотках (R_1 , R_2 , R_3), потоки розсіяння обмоток (L_1 , L_2 , L_3) і ланцюг намагнічування трансформатора (L_m , R_m).

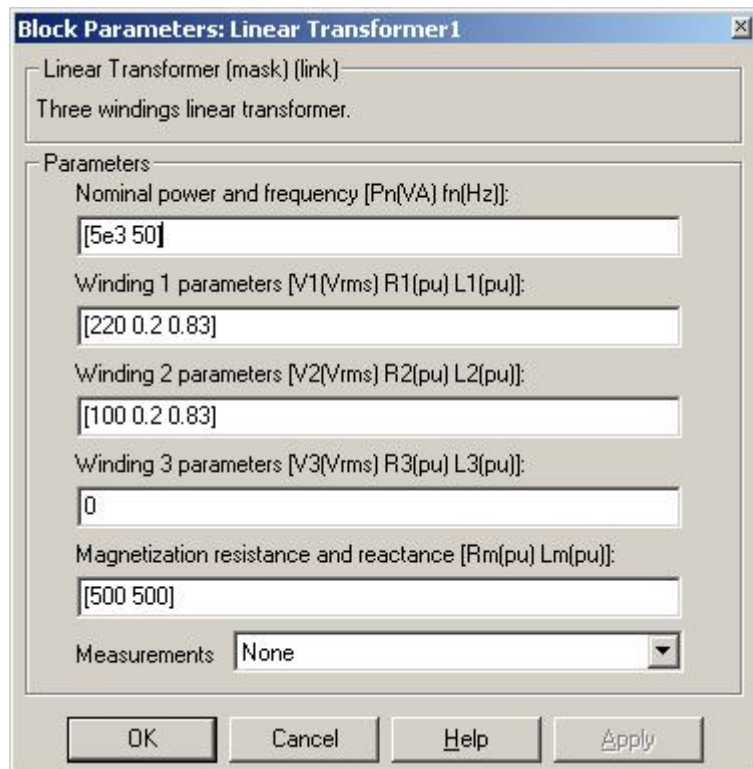


Рис.3. Вікно настройки параметрів трансформатора

Перевага задавання параметрів трансформатора у відносних величинах полягає в тому, що для первинної і вторинних обмоток вони виявляються рівними (рис.4). Крім того, відносні параметри гілки намагнічування також рівні між собою. У додатку Д1 приведені дані трансформаторів і вирази для визначення їх відносних параметрів. У лабораторній роботі досліджується двообмотковий трансформатор. В цьому випадку в полі параметрів для третьої обмотки введений нуль.

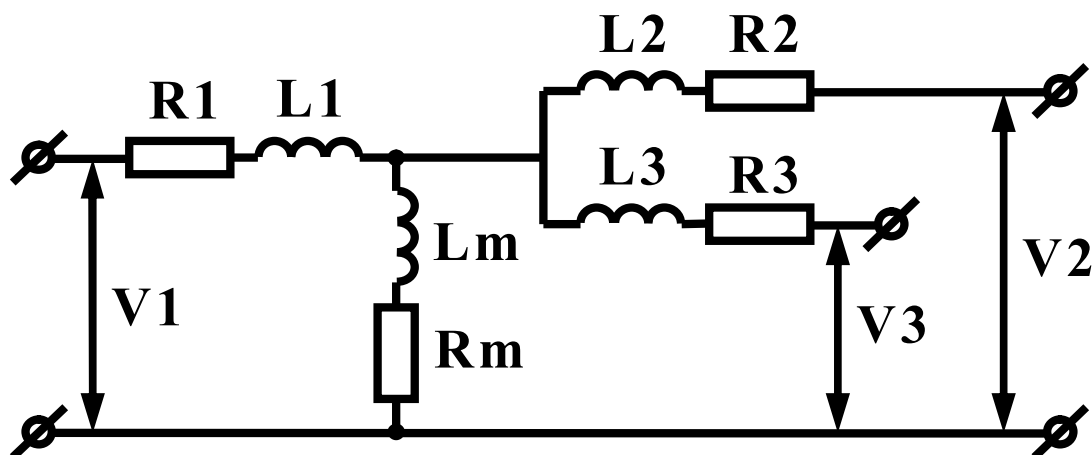


Рис.4. Узагальнена схема заміщення триобмоткового трансформатора

Вікно настройки параметрів випрямляча показане на рис.5.

У полях настройки задані:

- кількість гілок моста (2) (Number of bridge arms);
- конфігурація вхідних і вихідних портів (Port configuration);
- параметри демпфуючих ланцюгів (Snubber resistance, Snubber capacitance);
- тип напівпровідникових приладів в універсальному мості (Power Electronic device);
- динамічний опір діодів у відкритому стані в омах (R_{on} , Ohms);
- індуктивність діода у відкритому стані в генрі (L_{on} , H);
- порогова напруга на діоді у відкритому стані у вольтах (Forward voltage, V).

У полі Measurement вибрані величини, які вимірюються блоком Multimeter.

Вікно настройки параметрів навантаження показане на рис.6. Для реалізації активно-індуктивного навантаження в послідовному R, L, C ланцюзі у двох перших полях (Resistance R (Ohms), inductance L (H)) встановлюється значення активного опору в омах і індуктивності у генрі, в третьому полі (Capacitance C (F)) - безкінечність (inf).

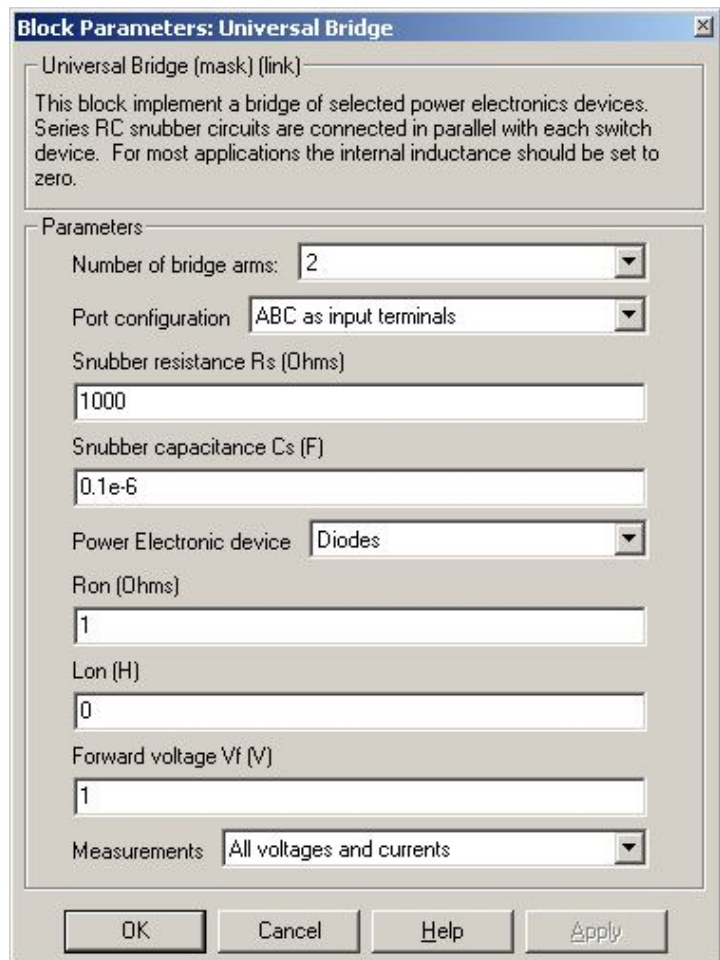


Рис.5. Вікно настройки параметрів діодного випрямляча

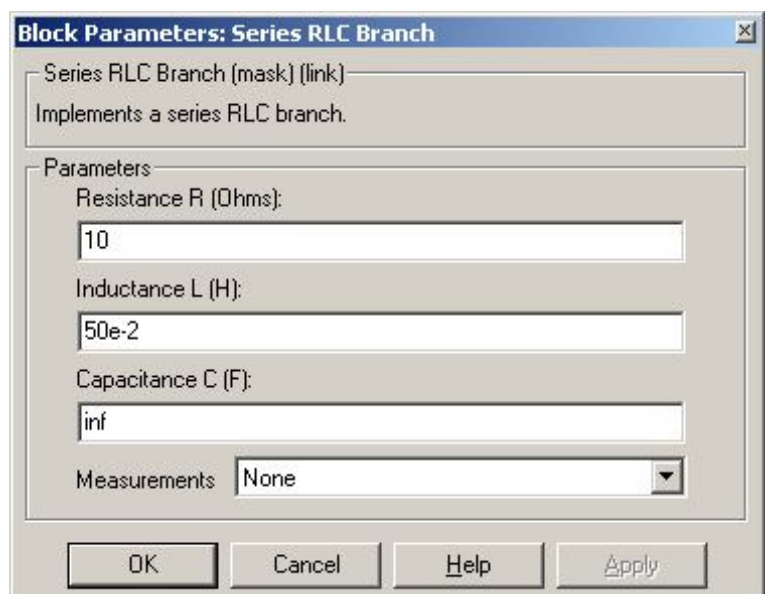


Рис.6. Вікно настройки параметрів навантаження

У вікні настройки параметрів блоку Fourier I1 (рис.7) встановлюється частота, рівна частоті живлячої напруги, і номер першої гармоніки.

Блоки Fourier I0, Fourier U0 вимірюють постійні складові вихідного струму і напруги. При двонапівперіодному випрямленні основна частота вихідної напруги (струму) рівна подвоєній частоті джерела ($f = 100$).

У полі (Harmonic n) задається номер гармоніки. В даному випадку вимірюється постійна складова ($n = 0$).

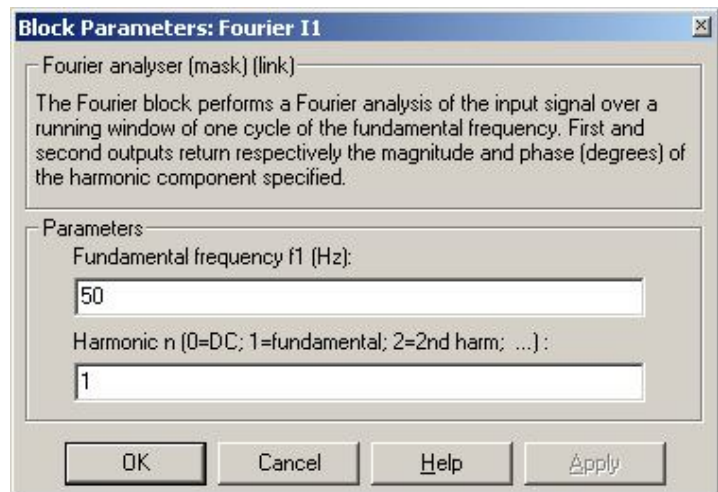


Рис.7. Вікно настройки блоку Fourier I1

Вікно настройки блоку Display, призначеного для вимірювання значень досліджуваних процесів, показано на рис.8.

У першому полі задається формат представлення вимірюваних значень.

Друге поле (Decimation) визначає періодичність виведення значень у вікні Display.

Параметр Sample time задає дискретність виведення вимірюваних значень. Цей параметр повинен бути узгоджений з часом дискретизації при задаванні параметрів моделювання (рис.10). При моделюванні аналогових систем його можна встановити рівним нулю.

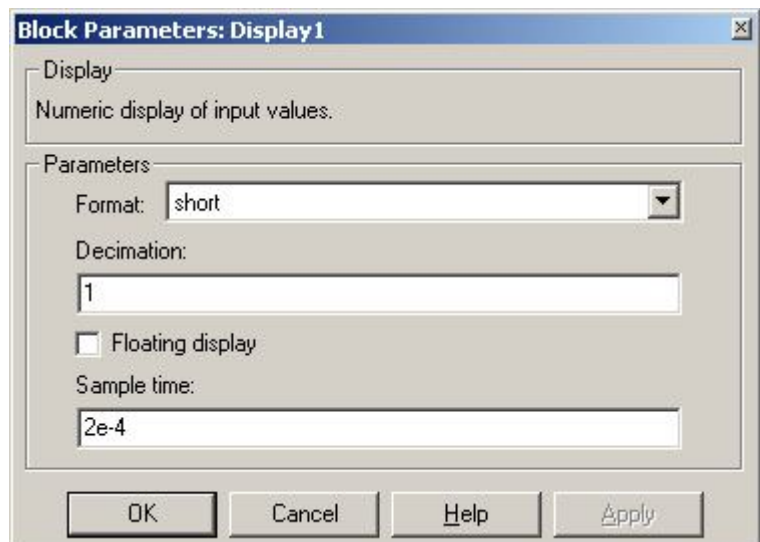


Рис.8. Вікно настройки блоку Display

Вікно настройки блоку Multimeter показано на рис.9.

У лівому полі (Available) висвічуються всі напруги і струми універсального моста, оскільки вони задані у вікні настройки блоку рис.5.

У правому полі (Selected) відбиті ті змінні, які вимірює блок (ці значення перенесені з лівого поля в праве кнопкою Select).

Змінні правого поля можна виміряти на виході блоку зовнішніми приладами. При включеному прапорці Display signals at simulation stop миттєві значення цих величин відображаються в графічному вікні блоку по закінченні чергового моделювання.

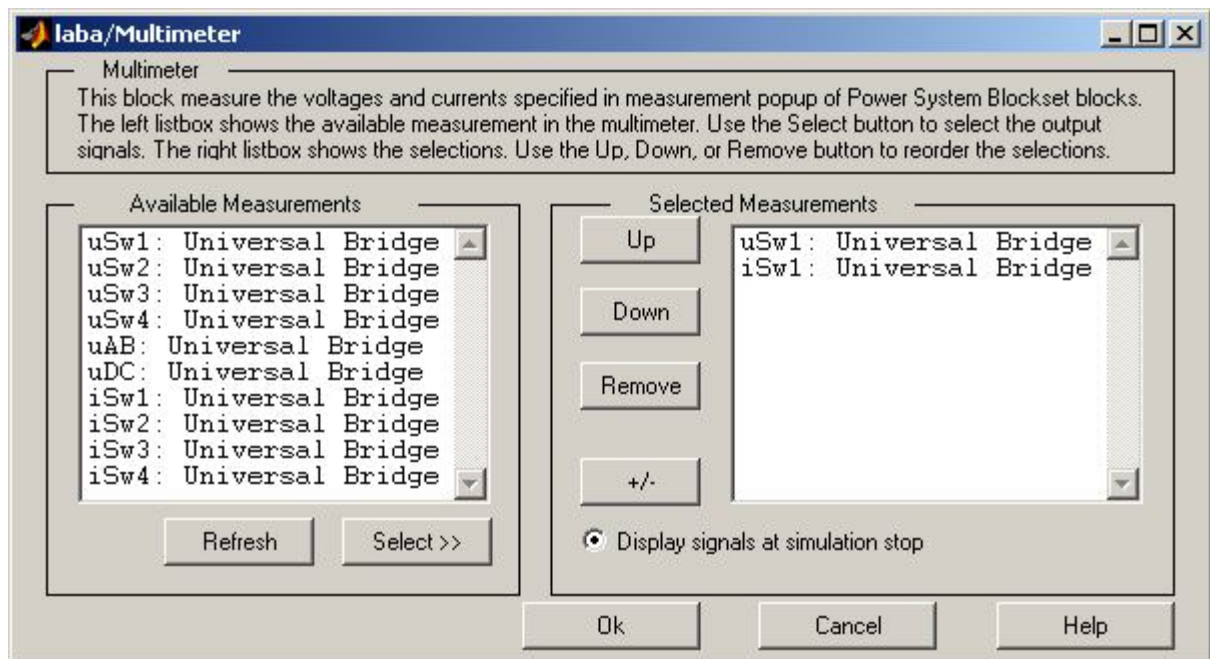


Рис.9. Вікно настройки блоку Multimeter

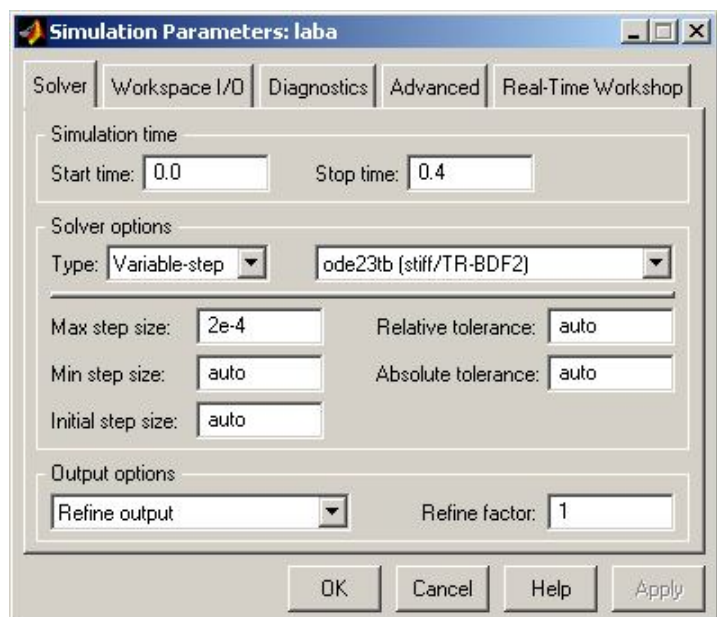
5. Порядок проведення лабораторної роботи

Дослідження однофазного двонапівперіодного випрямляча при роботі на активно-індуктивне навантаження із зворотним діодом проводиться на віртуальній установці (рис.1), докладний опис якої приведений вище.

Параметри джерела живлення, трансформатора, навантаження і діодного моста задаються викладачем. При самостійному вивченні параметри джерела живлення і діодного моста доцільно задати такими, як на рис.2, 6. Параметри навантаження задаються так, щоб постійна часу навантаження $T_H = L_H / R_H$ знаходилася в межах $(2...5)T$ ($T = 1/f$, f - частота джерела). Відносні параметри трансформатора розраховуються по виразах додатку (Д1) для вибраного трансформатора.

Параметри моделювання задаються на вкладці (пункт головного меню Simulation) Simulation Parameters/Solver (рис. 10).

У полі Stop time задається час в секундах, рівний 10...20 періодів напруги джерела. У полі Type задається змінний крок (Variable-step) і метод



Мал. 10 Вікно настройки параметрів моделювання

розв'язання диференціальних рівнянь - ode23tb (stiff/TR-BDF2). У полі Max step size встановлюється значення кроку моделювання, це ж значення заноситься у поле Sample time всіх блоків, які це поле мають (рис.2...8). У полях, що залишилися, можна лишити те, що комп'ютер встановлює за умовчанням.

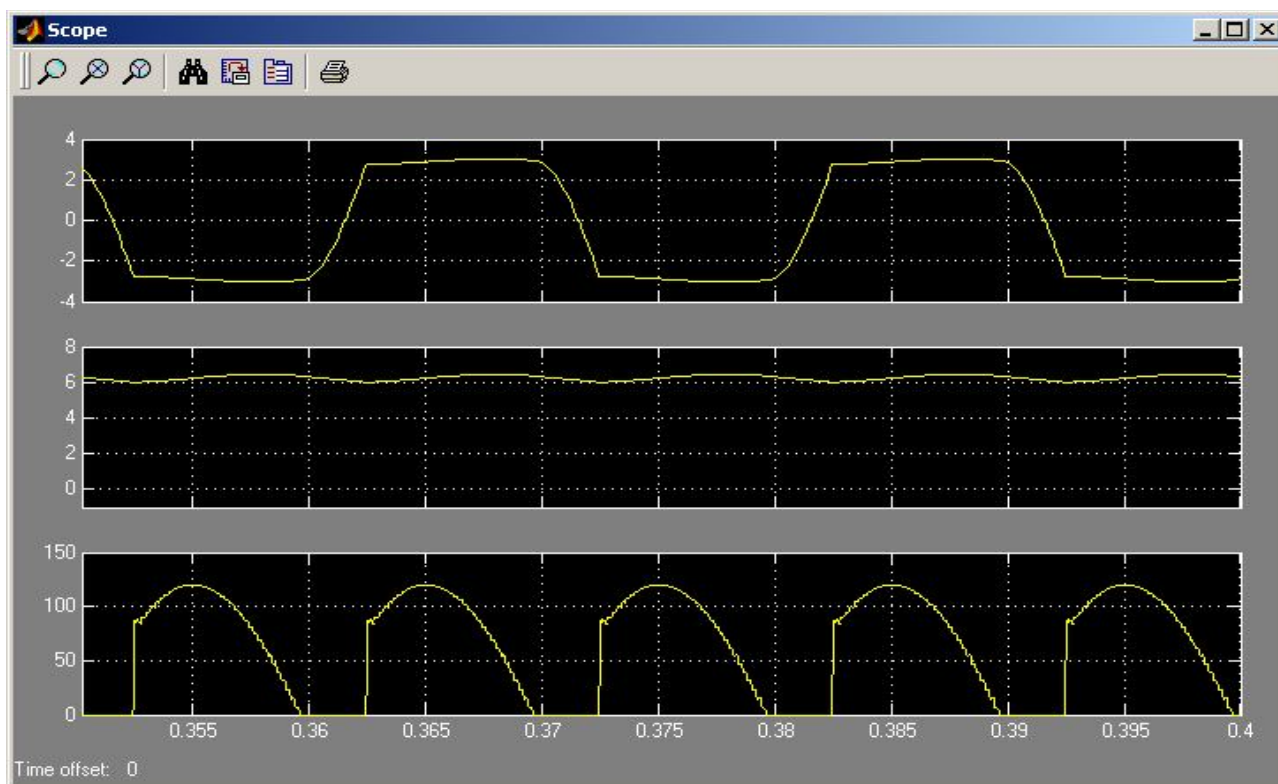
Змінюючи опір навантаження від 10 Ом до 100 Ом з кроком 10 Ом і індуктивність навантаження так, щоб постійна часу $T_H = L_H/R_H$ залишалася постійною, вимірюють і розраховують основні характеристики випрямляча. При цьому моделювання проводиться для кожного опору навантаження.

Результати моделювання заносяться в табл.1.

Таблиця 1

Дані				Вимірювання						Обчислення		
U_{1max}	f_1	L_H	R_H	I_H	U_H	$I_1(1)_{max}$	φ_1	U_{Dmax}	I_{Dmax}	$S_1(1)$	$P_1(1)$	P_H
В	Гц	Гн	Ом	А	В	А	град	В	А	ВА	Вт	Вт

Амплітуда першої гармоніки струму в джерелі живлення $I_1(1)_{max}^*$ і початкова фаза цього струму визначаються за показаннями Display1, струм і напруга на навантаженні визначаються за показаннями Display2. Миттєві значення цих величин можна спостерігати на екрані осцилоскопа (рис.11).



Мал. 11 Осцилограми струму живлення, струму навантаження і напруги на навантаженні

* Одиниця в нижньому індексі - мова йде про первинну обмотку трансформатора; одиниця в дужках - перша гармоніка.

Обчислення повної і активної потужності, споживаної випрямлячем від джерела живлення по першій гармоніці, а також потужності в навантаженні, здійснюються за виразами:

$$S_1(1) = \frac{U_{1\max} I_1(1)_{\max}}{2}, \text{ ВА}; \quad P_1(1) = S_1(1) \cdot \cos \varphi_1, \text{ Вт}; \quad P_H = U_H I_H, \text{ Вт}.$$

Після закінчення чергового моделювання з'являється графічне вікно блоку Multimeter (рис.12) з кривими миттєвих значень напруги і струму діода.

Максимальні значення цих величин (табл. 1) визначаються з графічного вікна блоку Multimeter. За результатами табл. 1 будуються:

- зовнішня (навантажувальна) характеристика випрямляча $U_H = f(I_H)$;
- енергетичні характеристики випрямляча: $I_1(1)_{\max} = f(P_H)$, $I_{D\max} = f(P_H)$, $S_1(1) = f(P_H)$, $P_1(1) = f(P_H)$.

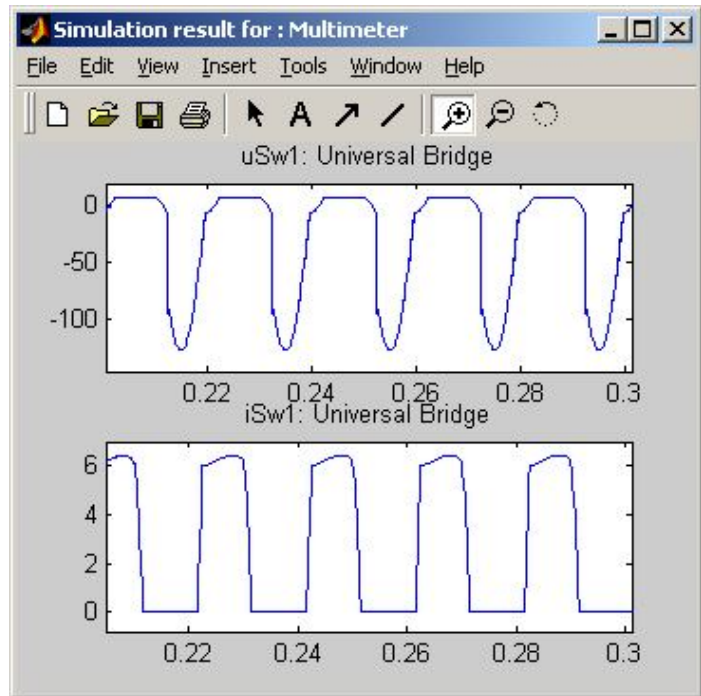


Рис.12 Осцилограми напруги і струму діода

6. Зміст звіту

1. Схема віртуальної установки.
2. Вирази для розрахунку основних характеристик.
3. Навантажувальна характеристика.
4. Енергетичні характеристики.
5. Осцилограми миттєвих напруг і струмів.
6. Висновки по роботі.

Тип трансформатора	S_H , кВА	$U_{кз}$, %	$P_{кз}$, Вт	P_0 , Вт	I_0 , %
ТС– 10/066	10	4,5	280	90	7
ТС– 16/066	16	4,5	400	125	5,8
ТС– 25/066	25	4,5	560	180	4,8
ТС– 40/066	40	4,5	800	250	4,0
ТС– 63/066	63	4,5	1090	355	3,3
ТС– 100/066	100	4,5	1500	500	2,7
ТС– 160/066	160	4,5	2060	710	2,3

Примітка: номінальна напруга на первинній обмотці $U_{1H}=660$ В, номінальні вторинні напруги – 230 В і 400 В.

Розрахунок відносних параметрів трансформатора

1. Базовий опір:

$$R_B (\text{Ом}) = \frac{U_{1H}^2}{P_H} \left(\frac{\text{В}^2}{\text{Вт}} \right).$$

2. Номінальний струм первинної обмотки трансформатора:

$$I_{1H} (\text{А}) = \frac{S_H}{U_{1H}} \left(\frac{\text{ВА}}{\text{В}} \right).$$

3. Коефіцієнт потужності при короткому замиканні:

$$\cos \phi_K = \frac{P_{кз}}{U_{кз} I_{1H}} \left(\frac{\text{Вт}}{\text{ВА}} \right), \quad \text{де } U_{кз} = U_{кз} (\%) \cdot U_{1H}.$$

4. Повний опір короткого замикання:

$$Z_{кз} (\text{Ом}) = \frac{U_{кз}}{I_{1H}} \left(\frac{\text{В}}{\text{А}} \right).$$

5. Активний опір короткого замикання:

$$r_{кз} = Z_{кз} \cdot \cos \phi_K (\text{Ом}).$$

6. Реактивний опір короткого замикання:

$$x_{кз} = Z_{кз} \cdot \sin \phi_K (\text{Ом}).$$

7. Відносні опори первинної і вторинної обмоток:

$$R_1 = R_2 = \frac{r_{кз}}{2R_B}.$$

8. Відносні індуктивності розсіяння первинної і вторинної обмоток:

$$L_1 = L_2 = \frac{x_{кз}}{2R_B}.$$

9. Відносні опір і індуктивність гілки намагнічування:

$$R_m = L_m \approx \frac{S_H}{P_0}.$$

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.

Упорядники:
Ковальов Олександр Робертович
Дибрін Сергій Володимирович

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
до виконання лабораторної роботи СПТ-6
„Дослідження однофазного двонапівперіодного випрямляча
засобами віртуальних блоків пакетів Simulink і Power system blockset
пакету MathLab”
з дисципліни „Силова перетворювальна техніка”
для студентів напрямку 0906 „Електротехніка” спеціальностей
7.090603 „Електротехнічні системи електроспоживання”
7.000008 „Енергетичний менеджмент”
7.092203 „Електромеханічні системи автоматизації”
денної та заочної форми навчання

Редакційно-видавничий комплекс
Друкується в обробці упорядників

Підписано до друку . . .05. Формат 30x42/4.
Папір Rollux. Ризографія. Умовн.-друк. арк. .
Обліково-видавн. арк. . Тираж прим.
Зам. № .

НГУ
49600, м. Дніпропетровськ–27, пр. К. Маркса, 19.