

Міністерство освіти України
Національний університет кораблебудування
імені адмірала Макарова

**С. М. ВОЛЯНСЬКИЙ, Г. С. ГРУДІНА,
Я. Б. ВОЛЯНСЬКА**

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
до виконання лабораторних робіт з дисципліни
«СИЛОВІ ПЕРЕТВОРЮВАЧІ АВТОМАТИЗОВАНОГО
ЕЛЕКТРОПРИВОДУ»**

Миколаїв, 2024

Волянський С. М. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з дисципліни «Силові перетворювачі автоматизованого електроприводу» / С. М. Волянський, Г. С. Грудініна, Я. Б. Волянська. – Миколаїв: НУК ім. адм. Макарова, 2024. – 27 с.

Методичні вказівки обговорено і затверджено на засіданні кафедри електричної інженерії суднових та роботизованих комплексів (протокол № 11 від 25 червня 2024 р.).

Методичні вказівки рекомендовано для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти освітньої програми «Електромеханіка та електроенергетика», спеціальність 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка, галузь знань 14 – Електрична інженерія.

Рецензент: професор, д. т. н., професор кафедри технічної експлуатації флоту Національного університету «Одеська морська академія» Онищенко О. А.

Рекомендовано методичною радою Навчально-наукового інституту автоматики та електротехніки (протокол № 01 від 27 серпня 2024 р.).

Рекомендовано Навчально-методичною радою НУК імені адмірала Макарова (протокол № 6 від 28 серпня 2024 р.).

© С. М. Волянський, Г. С. Грудініна,
Я. Б. Волянська, 2024

© Національний університет кораблебуду-
вання імені адмірала Макарова, 2024

ЗМІСТ

Вступ.....	4
Лабораторна робота 1. Моделювання роботи некерованого однофазного перетворювача малої потужності змінного струму.....	5
Лабораторна робота 2. Моделювання роботи некерованого однофазного випрямляча змінного струму з активним навантаженням....	6
Лабораторна робота 3. Моделювання роботи керованого перетворювача напруги з RL навантаженням.....	9
Лабораторна робота 4. Моделювання роботи керованого перетворювача напруги з ідеальним трансформатором.....	10
Лабораторна робота 5. Моделювання роботи підвищувального перетворювача постійного струму з використанням IGBT транзистора....	12
Лабораторна робота 6. Моделювання роботи однофазного інвертора з L навантаженням.....	13
Лабораторна робота 7. Моделювання роботи однофазного інвертора з RL навантаженням.....	15
Лабораторна робота 8. Моделювання роботи трифазного некерованого перетворювача напруги.....	16
Лабораторна робота 9. Моделювання роботи трифазного керованого перетворювача напруги.....	18
Лабораторна робота 10, ч1. Моделювання роботи трифазного керованого перетворювача напруги з RL навантаженням та ЕРС.....	20
Лабораторна робота 11. Моделювання роботи випрямляча з трифазною мостовою схемою.....	22
Список використаної літератури.....	25

ВСТУП

Курс лабораторних робіт з дисципліни «Силові перетворювачі автоматизованого електроприводу» призначений для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти спеціальності 141 – «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка», галузь знань 14 – «Електрична інженерія». Послідовність виконання лабораторних робіт визначається робочою програмою дисципліни.

В методичних вказівках описано вимоги до виконання лабораторних робіт з дисципліни та оформлення звітів, представлено короткі теоретичні відомості з використання бібліотеки *Simulink* для моделювання роботи електромеханічних систем.

В методичних вказівках описано вимоги до виконання лабораторних робіт з дисципліни та оформлення звітів, представлено короткі теоретичні відомості з використання бібліотеки *SimPowerSystem* для моделювання роботи електричних кіл з силовими перетворювачами в *Matlab*.

Завдання для лабораторних робіт розроблено таким чином, що б здобувач поступово опановував функціональні можливості представлених в *Simulink* бібліотек і створював більш складні системи на основі придбаного досвіду моделювання. Наведено рекомендовану послідовність дій при виконанні лабораторних робіт. При оформленні звіту до роботи здобувачі повинні дотримуватись норм ДСТУ.

Загальні вимоги до виконання робіт

Перед виконанням лабораторних робіт здобувачі проходять інструктаж та розподіляються по робочих місцях з ПЕОМ. Здобувачі зобов'язані знати і виконувати правила техніки безпеки і правила внутрішнього розпорядку в навчальних лабораторіях кафедри електричної інженерії суднових та роботизованих комплексів.

Початкові дані для виконання кожної роботи видаються викладачем. До роботи допускаються тільки теоретично підготовлені здобувачі. Звіти по лабораторних роботах можуть бути представлені як в паперовому, так і в електронному виді.

Структура звіту лабораторної роботи включає:

- 1 – номер лабораторної роботи;
- 2 – назву теми;
- 3 – мету роботи;
- 4 – короткий опис об'єкту дослідження;
- 5 – схему експерименту;
- 6 – дані експерименту;
- 7 – результати обробки даних;
- 8 – висновки.

Лабораторні роботи виконуються на ПЕОМ в середовищі *MatLab* за допомогою *Simulink* та відповідних тулбоксів.

Лабораторна робота 1

Моделювання роботи некерованого однофазного перетворювача малої потужності змінного струму

Мета роботи: отримати знання про роботу некерованого однофазного перетворювача змінного струму. Придбати практичні навички моделювання однофазних перетворювачів в системі *Simulink*.

Завдання:

1) в системі *Simulink*, *MatLab* зібрати схему однофазного перетворювача малої потужності змінного струму, рис.1.1;

2) за допомогою вимірювальних пристроїв та електронного осцилографа побудувати діаграму струмів та напруги (два-три повних періоди). Знайти середнє значення напруги u_d випрямляча.

Вихідні данні: $R_d = 10 \text{ Ом}$; $R = 1 + N_2$ за списком; Ом ; $U_s = 110 \text{ В}$; $f = 50 \text{ Гц}$.

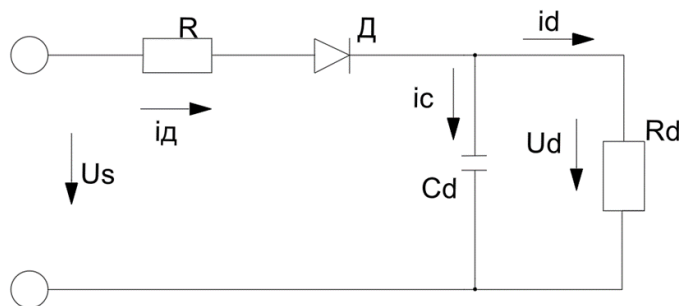


Рис. 1.1. Принципова електрична схема однофазного перетворювача малої потужності змінного струму

Рекомендована послідовність дій

1. Запустити *Simulink*, перейти до відповідної бібліотеки, створити та зберегти нову робочу форму (наприклад *Lab1.slx*)
2. Зібрати схему та становити необхідні параметри елементів представлених на схемі.

3. Підключити до схеми вимірювальні пристрої та електронний осцилограф.

4. Провести моделювання роботи схеми. Час моделювання задаємо таким чином, щоб на графіках було чітко видно два-три періоди роботи: $T_{\omega} = \frac{1}{f} c$.

5. Зробити та додати до звіту графіки струму i_d та напруги u_s , визначити середнє значення напруги на навантаженні RC , рис. 1.2.

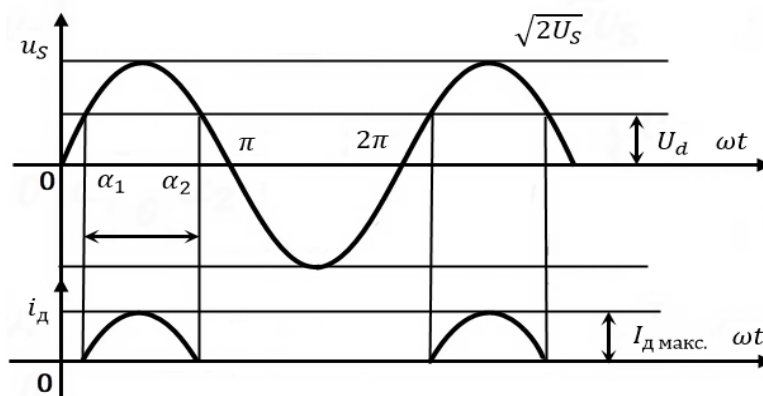


Рис. 1.2. Графіки струму та напруги в перетворювачі змінного струму малої потужності

6. Зробити висновки по роботі.

Лабораторна робота 2

Моделювання роботи некерованого однофазного випрямляча змінного струму з активним навантаженням

Мета роботи: отримати знання про роботу мостової схеми однофазного випрямляча змінного струму. Придбати практичні навички моделювання однофазних випрямлячів в системі *Simulink*.

Завдання:

1) в системі *Simulink* провести моделювання роботи випрямляча зі схемою з'єднання представленою на рис. 2.1, що живиться від мережі через трансформатор, працює на активне навантаження.

2) визначити середнє, діюче та максимальне періодичне значення струмів через кожен діод, найбільше значення струму та напруги обмотки трансформатора в перехідному процесі при підключенні схеми до мережі.

Вихідні данні: $U_p = 220$ В; $f = 50$ Гц.

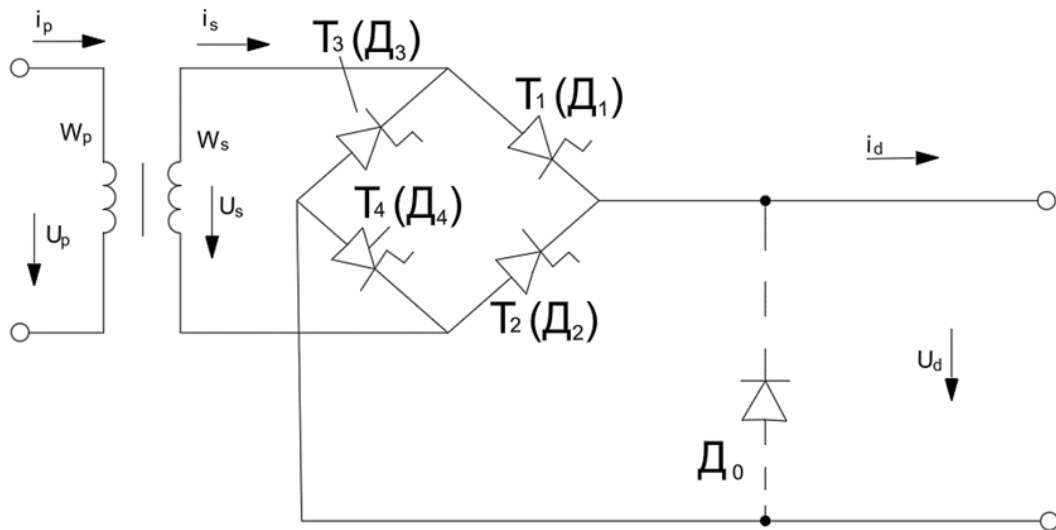


Рис. 2.1. Принципова електрична схема однофазного випрямляча

Рекомендована послідовність дій.

- 1) Запустити *Simulink*, перейти до відповідної бібліотеки, створити та зберегти нову робочу форму (наприклад Lab2.slx)
- 2) Зібрати схему та становити необхідні параметри елементів представлених на схемі, рис. 2.1. Налаштування трансформатора, рис. 2.2.
- 3) Підключити до схеми вимірювальні пристрої та електронний осцилограф. У якості навантаження підключити резистор R .
- 4) Провести моделювання роботи схеми. Час моделювання задаємо таким чином, що б на графіках було чітко видно три-п'ять періодів роботи.
- 5) Графіки струмів на діодах отримати за допомогою електронного осцилографа Scopr, взяти сигнал з додаткового виходу m на діоді підключити до bus selector, обрати струм на діоді та вивести на осцилограф. Бажано підключити всі струми до одного осцилографа для спрощення аналізу отриманих графіків.

6) Зробити та додати до звіту графіки струмів i_d та порівняння вхідної напруги u , з напругою на навантаженні, в даному випадку зручно використовувати блок multimeter, рис. 2.3.

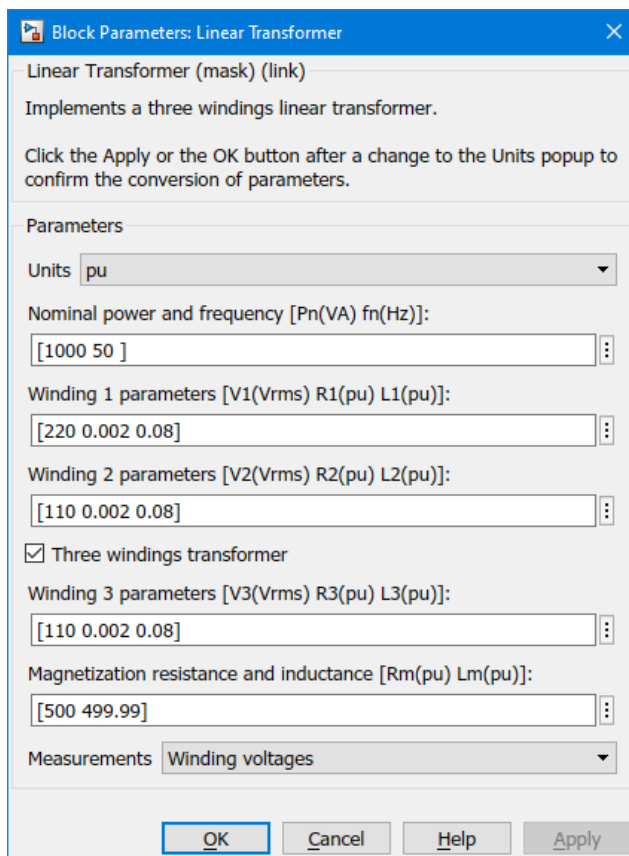


Рис. 2.2. Налаштування параметрів трансформатору

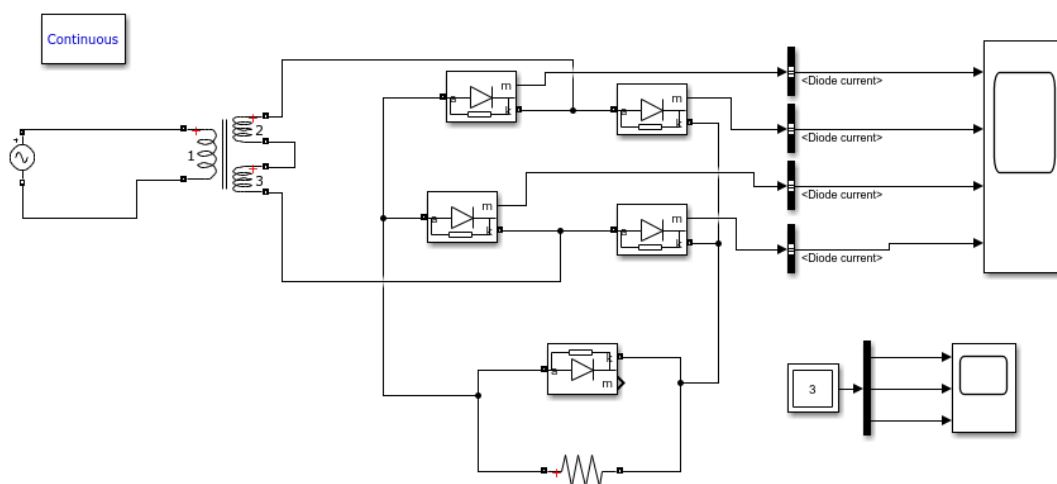


Рис. 2.3. Схема вимірювання струмів і напруги на випрямлячі в системі *Simulink*

7) Зробити висновки по роботі.

Лабораторна робота 3

Моделювання роботи керованого перетворювача напруги з RL навантаженням

Мета роботи: дослідити криві струмів та напруги при роботі перетворювача. Придбати практичні навички моделювання керованих перетворювачів напруги в системі *Simulink*.

Завдання:

- 1) в системі *Simulink*, зібрати представлену на рис. 3.1, схему керованого перетворювача;
- 2) побудувати криві струмів i_d , i_{s1} , i_{s2} , i_p та співставити їх з кривою напруги u_p , зберігаючи правильними фази. Визначити середнє значення струму i_d .

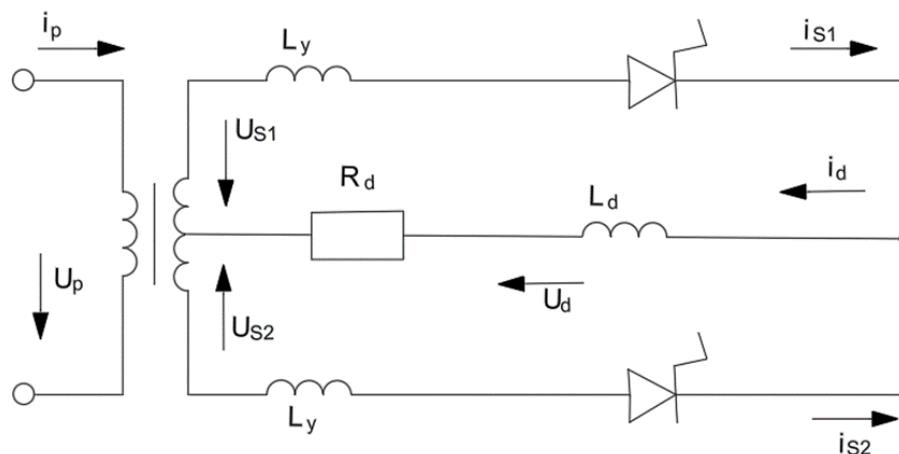


Рис. 3.1. Схема керованого перетворювача

Вихідні данні: $U_p = 220$ В; $U_{s1} = U_{s2} = 100$ В; $f = 50$ Гц; $\alpha = 45^\circ$; $R_d = 10$ Ом; $L_d = L_\gamma = 0$.

Рекомендована послідовність дій

1. Запустити *Simulink*, перейти до відповідної бібліотеки, створити та зберегти нову робочу форму (наприклад *Lab3.slx*)
2. Зібрати схему та становити необхідні параметри елементів представлених на схемі. В даному випадку в роботі застосовуються тиристори, які відкриваються і закриваються за керуючим сигналом. З метою керування

тиристорами до схеми необхідно додати блок *Puls Generator* і підключити його до входів на тиристорах. Налаштування параметрів *PG* відбувається наступним чином:

- амплітуда сигналу керування завжди дорівнює одиниці;
- період встановлюється в залежності від необхідної частоти роботи схеми;
- ширина імпульсу в залежності від заданої α , $\alpha = 180^\circ - 100\%$ ширина імпульсу. $\alpha = 45^\circ - x \%$.
- час початку роботи в даному випадку 0.

3. Підключити до схеми вимірювальні пристрої та електронний осцилограф.

4. Провести моделювання роботи схеми. Час моделювання задаємо таким чином, що б на графіках було чітко видно два-три періоди роботи.

5. Зробити та додати до звіту графіки струмів i_{s1} , i_{s2} i_d та напруги u_d і вхідної напруги. Струми на тиристорах вимірюються, як в попередній роботі на діодах, за допомогою bus Selector та Scop.

6. Зробити висновки по роботі.

Лабораторна робота 4

Моделювання роботи керованого перетворювача напруги з ідеальним трансформатором

Мета роботи: дослідити криві струмів та напруги при роботі перетворювача. Придбати практичні навички моделювання керованих перетворювачів напруги в системі *Simulink*.

Завдання:

1) в системі *Simulink*, зібрати представлену на рис. 4.1 схему керованого перетворювача;

2) знайти середнє значення випрямленої напруги, струм навантаження перетворювача і побудувати криву напруги u_d .

Вихідні данні: $U_{s1} = U_{s2} = 100 \text{ В}$; $E_d = 85 \text{ В}$; $f = 50 \text{ Гц}$; $\alpha = 60^\circ$; $R_d = 2 \text{ Ом}$; $L_d = 14,6 \text{ мГн}$.

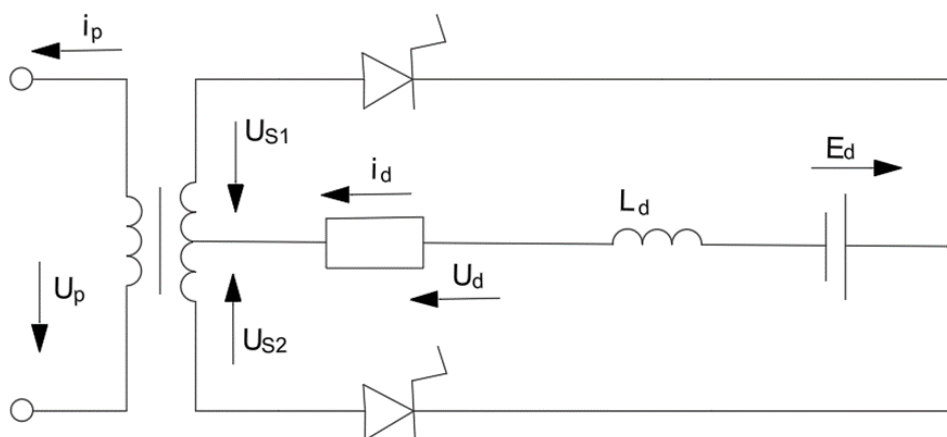


Рис. 4.1. Принципова електрична схема керованого перетворювача

Рекомендована послідовність дій

1. Запустити *Simulink*, перейти до відповідної бібліотеки, створити та зберегти нову робочу форму.

2. Зібрати схему та встановити необхідні параметри елементів представлених на схемі. В роботі застосовуються тиристори, які відкриваються і закриваються за керуючим сигналом. З метою керування тиристорами до схеми необхідно додати блок *Pulse Generator* і підключити його до входів на тиристорах. Налаштування параметрів *PG* дивись попередню роботу. Також, з метою керування величиною напруги на навантаженні додається джерело постійного струму E_d .

3. Підключити до схеми вимірювальні пристрої та електронний осцилограф.

4. Провести моделювання роботи схеми. Час моделювання задаємо таким чином, що б на графіках було чітко видно два-три періоди роботи.

5. Зробити та додати до звіту графіки струмів i_p , i_d та напруги u_p і u_d . На рисунку 4.2 представлено графіки роботи випрямляча при правильному налагодженні схеми.

6. Зробити висновки по роботі.

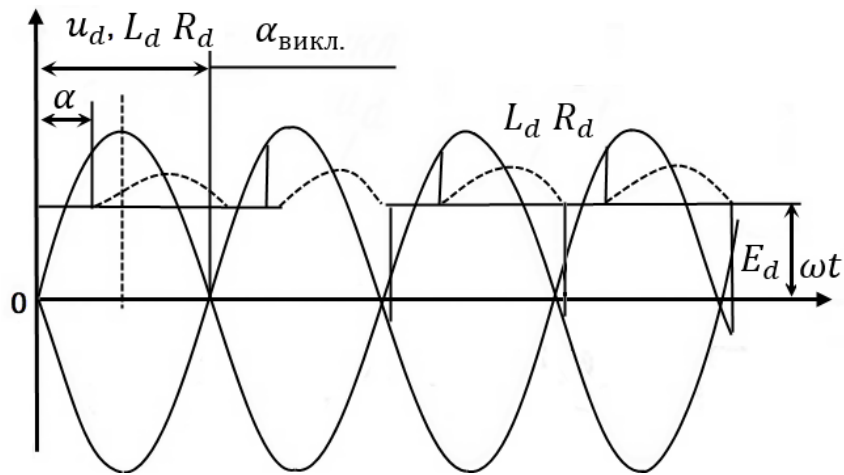


Рис. 4. 2. Струми та напруга при роботі перетворювача напруги

Лабораторна робота 5

Моделювання роботи підвищувального перетворювача постійного струму з використанням IGBT транзистора

Мета роботи: придбати практичні навички моделювання перетворювача на базі транзистора.

Завдання: отримати графіки струму транзистора, струму на діоді, напругу на транзисторі та напругу навантаження, при $\alpha = 10\%$; 50% ; 80% . (ширина імпульсу) в блоці *Pulse generator*.

Вихідні данні до роботи: $f = 10$ кГц; $U = 200$ В; $L = 400$ мкГн; $R = 50$ Ом; $C = 25$ мкФ.

Рекомендована послідовність дій

1. Запустити *Simulink*, перейти до відповідної бібліотеки, створити та зберегти нову робочу форму.
2. Зібрати схему та встановити необхідні параметри елементів представлених на схемі, рис. 5.1.
3. Підключити до схеми вимірювальні пристрої та електронний осцилограф.

4. Провести моделювання роботи схеми для трьох заданих значень α . Час моделювання задаємо таким чином, що б на графіках було чітко видно роботу підсилювача напруги у сталому режимі.

5. Виконати порівняння вхідної напруги та напруги на RC навантаженні. Визначити коефіцієнт підсилення. Значення струму і напруги з транзистора можна отримати за допомогою блоків *go_to*, *from*, чи як в попередніх роботах при роботі с діодами.

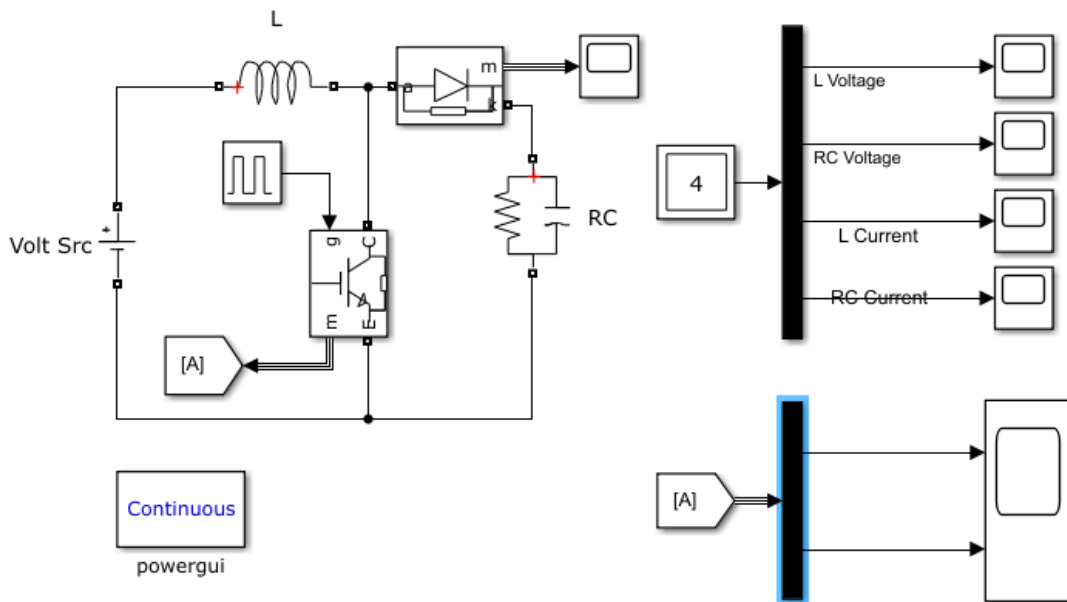


Рис.5.1. Підвищувальний перетворювач постійного струму

6. Зробити висновки по роботі.

Лабораторна робота 6

Моделювання роботи однофазного інвертора з L навантаженням

Мета роботи: дослідити криві струмів та напруги. Придбати практичні навички моделювання роботи однофазного інвертора в системі *Simulink*.

Завдання:

1) у схемі ідеального однофазного інвертора тиристори замінені на послідовно з'єднані діоди.

У якості навантаження інвертора застосовано катушку з індуктивністю L ;

2) побудувати криві струмів i_d , i , i_{d1} , i_{d2} , i_{d3} , i_{d4} , i_{t1} , i_{t2} , i_{t3} , i_{t4} , та напруги u .

Обчислити середнє значення струму діоду $i_{d\text{ср}}$.

Вихідні данні: $E_d = 10\text{ В}$; $L = 1\text{ мГн}$; $f = 100\text{ Гц}$.

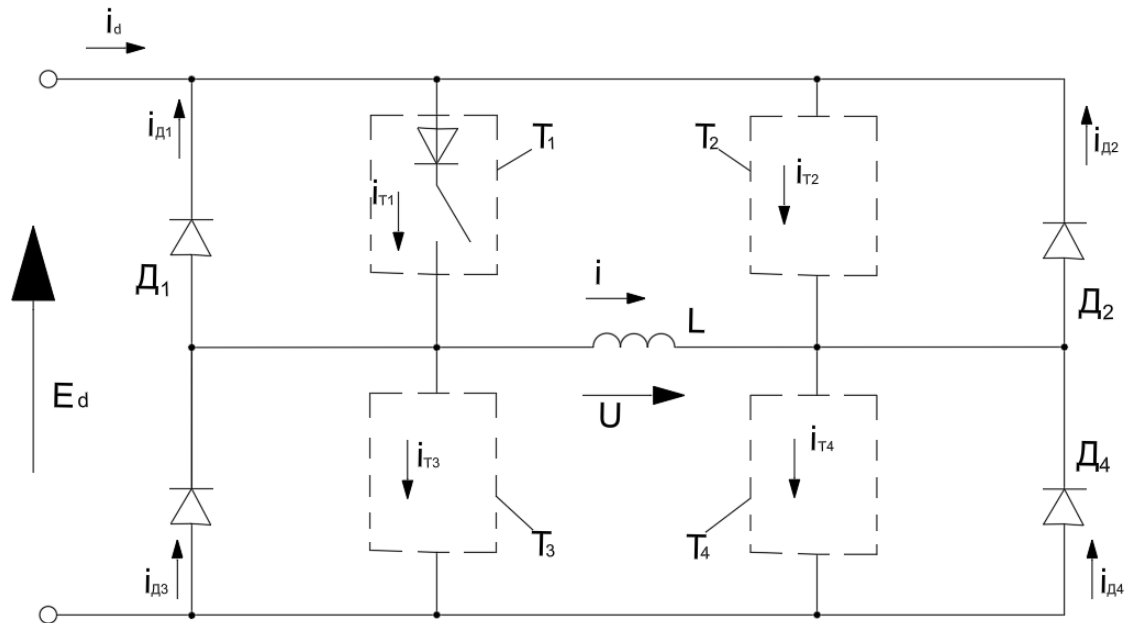


Рис. 6.1. Принципова електрична схема однофазного інвертора

Рекомендована послідовність дій

1. Запустити *Simulink*, перейти до відповідної бібліотеки, створити та зберегти нову робочу форму.
2. Зібрати схему та встановити необхідні параметри елементів представлених на схемі, рис. 6.1.
3. Підключити до схеми вимірювальні пристрої та електронний осцилограф.
4. Провести моделювання роботи схеми. Час моделювання задаємо таким чином, що б на графіках було чітко видно два-три періоди роботи.
5. Додати до звіту робочу схему інвертора в системі *Simulink* та графіки струмів та напруги у вигляді робочої діаграми, приклад представлено на рис. 6.2.
6. Виконати висновки до роботи, що до роботи однофазного інвертора з L навантаженням.

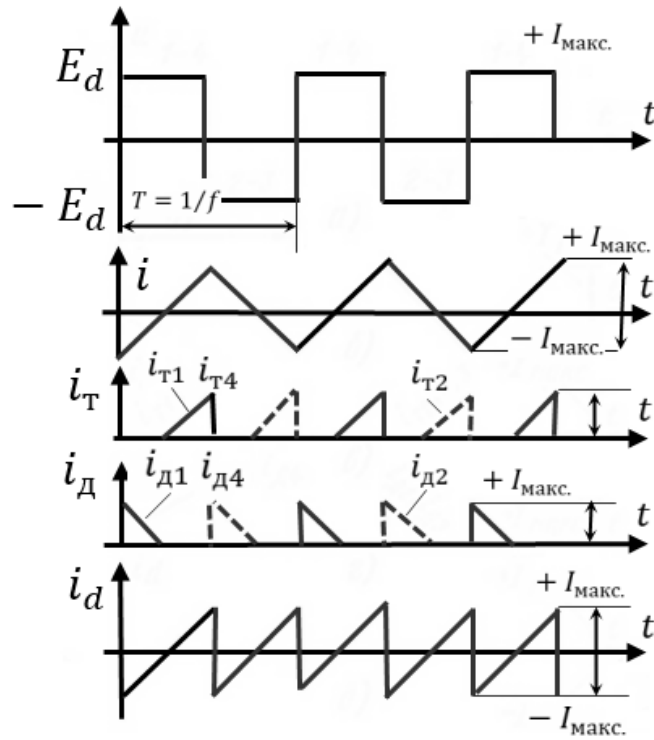


Рис. 6.2. Діаграма струмів та напруги при роботі інвертора

Лабораторна робота 7

Моделювання роботи однофазного інвертора з RL навантаженням

Мета роботи: мати уявлення про вплив навантаження на струми в колі.

Завдання: побудувати криві струмів i_d , i , i_{d1} , i_{d2} , i_{d3} , i_{d4} , i_{T1} , i_{T2} , i_{T3} , i_{T4} і напруги на навантаженні, знайти середні значення струмів діодів.

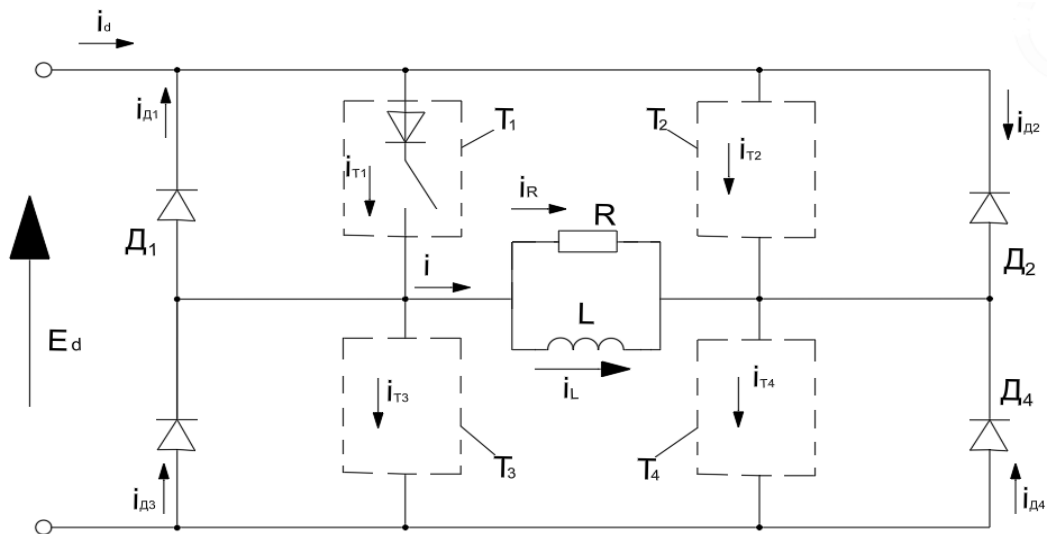


Рис. 7.1. Схема однофазного інвертора

Вихідні данні: $U_d = 10$ В, $L = 1$ мГн, $f = 100$ Гц, та: а) $R = 1$ Ом, б) $R = 0,4$ Ом, в) $R = 0,1$ Ом.

Рекомендована послідовність дій

1. Запустити *Simulink*, перейти до відповідної бібліотеки, створити та зберегти нову робочу форму.
2. Зібрати схему та встановити необхідні параметри елементів представлених на схемі, рис. 7.1.
3. Підключити до схеми вимірювальні пристрої та електронний осцилограф.
4. Провести моделювання роботи схеми. Час моделювання задаємо таким чином, що б на графіках було чітко видно два-три періоди роботи.
5. Додати до звіту робочу схему інвертора в системі *Simulink* та графіки струмів та напруги у вигляді робочої діаграми.
6. Зробити висновки про вплив навантаження на роботу інвертора.

Лабораторна робота 8

Моделювання роботи трифазного некерованого перетворювача напруги

Мета роботи: дослідити криві струмів та напруги при роботі перетворювача. Придбати практичні навички моделювання трифазних перетворювачів напруги в системі *Simulink*.

Завдання:

- 1) некерований випрямляч зі схемою, рис.8.1 працює на активне навантаження. В одній із фаз спрацював запобіжник. Побудувати криву випрямленого струму і знайти його середнє значення.
- 2) знайти середні значення струмів діодів у неушкоджених фазах. Діоди та трансформатор ідеальні.

Вихідні данні: $R_d = 1 + \text{№}$ за варіантом Ом; $U_s = 100$ В; Джерело синусоїдальної напруги.

Рекомендована послідовність дій

1. Запустити *Simulink*, перейти до відповідної бібліотеки, створити та зберегти нову робочу форму.

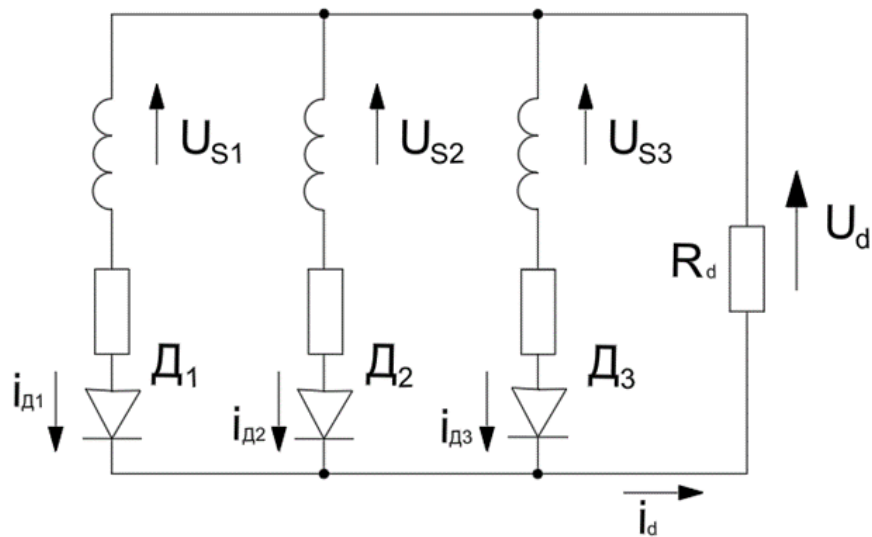


Рис.8.1. Схема трифазного некерованого перетворювача напруги

2. Зібрати схему та встановити необхідні параметри елементів представлених на схемі, рис. 8.1. У якості джерела живлення обрати 3 джерела змінної напруги, встановити необхідне значення напруги, частоту та зсув по фазі 0° , 120° та 240° відповідно до кожного джерела, рис. 8.2.

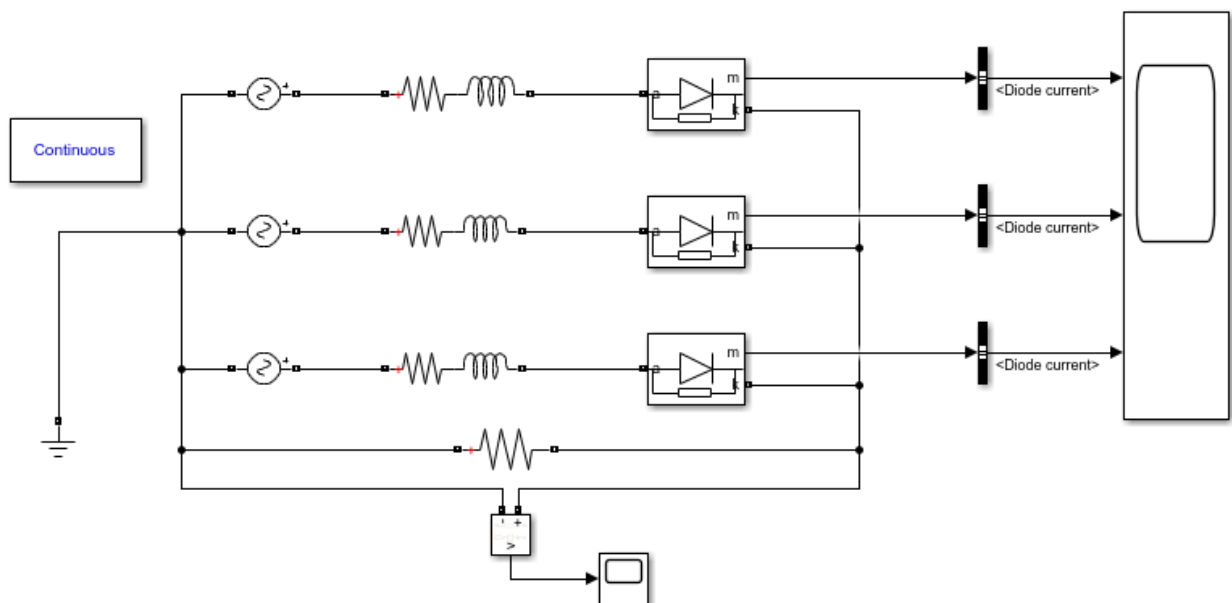


Рис. 8.2. Робоча схема некерованого некерованого перетворювача напруги в *Simulink*

3. Підключити до схеми вимірювальні пристрої та електронний осцилограф.
4. Провести моделювання роботи схеми. Час моделювання задаємо таким чином, що б на графіках було чітко видно два-три періоди роботи.
5. Додати до звіту робочу схему перетворювача в системі *Simulink* та графіки струмів та напруги, див. рис. 8.3. Порівняти вхідну та вихідну напруги.

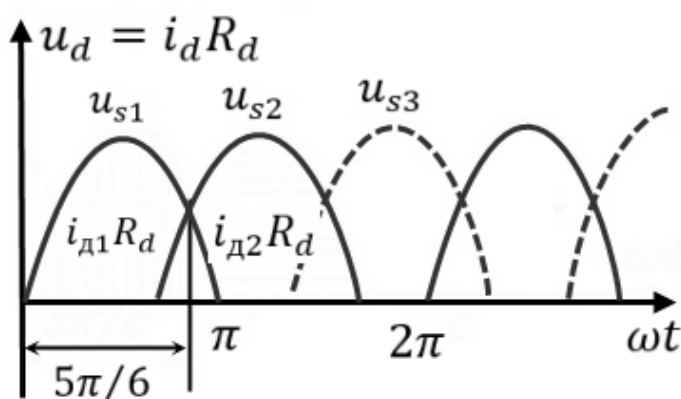


Рис. 8.3. Графіки струмів та напруги при роботі трифазного некерованого перетворювача напруги

6. Зробити висновки до роботи.

Лабораторна робота 9

Моделювання роботи трифазного керованого перетворювача напруги

Мета: дослідити криві струмів та напруги при роботі перетворювача. Придбати практичні навички моделювання трифазних перетворювачів напруги в системі *Simulink*.

Завдання:

- 1) для схеми показаної на рис. 9.1, визначити середні значення струмів та напруги навантаження;
- 2) побудувати криву струму i_d .

Вихідні дані: $U_s = 220$ В, $L_d = 1$ мГн, $\alpha = 90^\circ$, $f = 50$ Гц. Тиристори ідеальні.

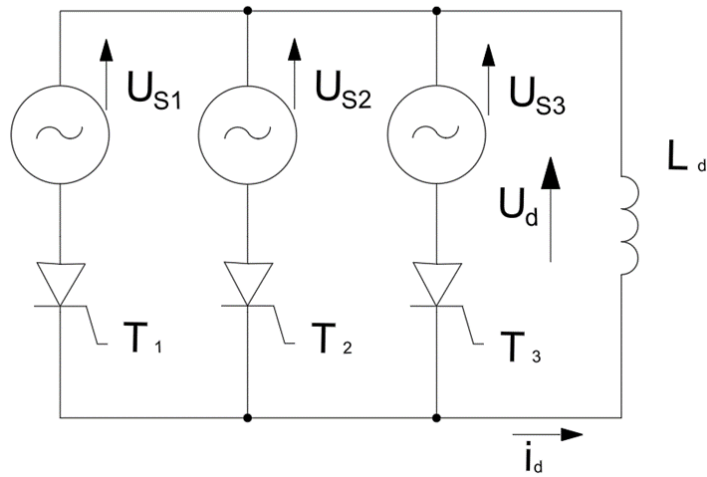


Рис. 9.1. Схема трифазного керованого випрямляча

Рекомендована послідовність дій

1. Запустити *Simulink*, перейти до відповідної бібліотеки, створити та зберегти нову робочу форму.

2. Зібрати схему та встановити необхідні параметри елементів представлених на схемі, рис. 9.1. У якості джерела живлення обрати 3 джерела змінної напруги, встановити необхідне значення напруги, частоту, та зсув по фазі 0° , 120° та 240° відповідно до кожного джерела.

3. В роботі застосовуються тиристори, які відкриваються і закриваються за керуючим сигналом. З метою керування тиристорами до схеми необхідно додати блоки *Pulse Generator* і підключити їх до входів на тиристорах. При налаштуванні параметрів *PG* необхідно враховувати, що кожна фаза працює зі здвигом 120° , тому необхідно додатково встановити час початку роботи кожного *PG* відповідно: *Phase delay (secs)* ≈ 0 ; 0.013 ; 0.0063 с. (Час початку періоду можна корегувати самостійно, якщо вивести на один графік напругу трьох фаз, рис. 9.2, и встановити час початку періоду кожної із фаз)

4. Підключити до схеми вимірювальні пристрої та електронний осцилограф.

5. Провести моделювання роботи схеми. Час моделювання задаємо таким чином, що б на графіках було чітко видно два-три періоди роботи.

6. Додати до звіту робочу схему перетворювача в системі *Simulink* та графіки струмів та напруги, див. рис. 9.2.

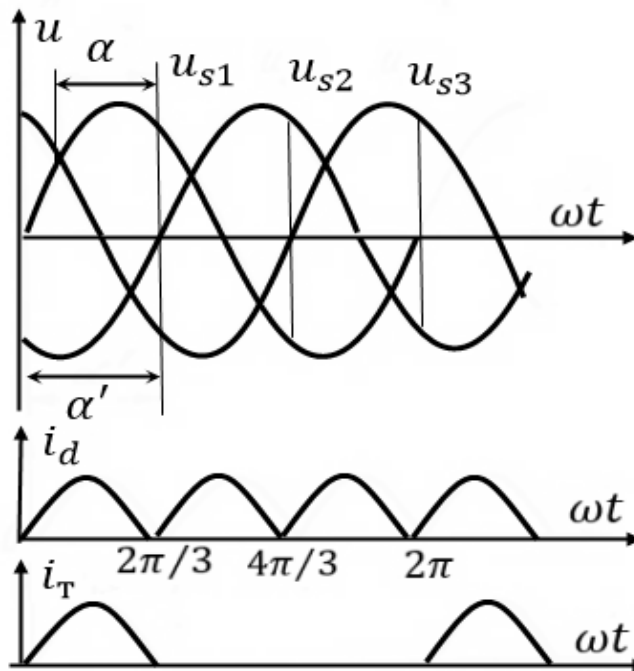


Рис. 9.2. Графіки струмів та напруги при роботі трифазного випрямляча

7. Зробити висновки до роботи.

Лабораторна робота 10

Моделювання роботи трифазного керованого перетворювача напруги з RL навантаженням та ЕРС

Мета роботи: придбати практичні навички моделювання трифазних перетворювачів напруги в системі *Simulink*. Дослідити криві струмів та напруги при роботі перетворювача.

Завдання:

1) керований перетворювач зі схемою, рис. 10.1, працює на RL навантаження з ЕРС. Кут управління $\alpha = 150^\circ$. Побудувати криві падіння напруги на навантаженні та струму навантаження.

2) знайти середнє значення струму навантаження.

Вхідні дані: $U_s = 100$ В, $R_d = 1$ Ом, $E_d = 200$ В, $L_d = \infty$; 10; 1; 0.1 Гн.

Рекомендована послідовність дій

1. Запустити *Simulink*, перейти до відповідної бібліотеки, створити та зберегти нову робочу форму.

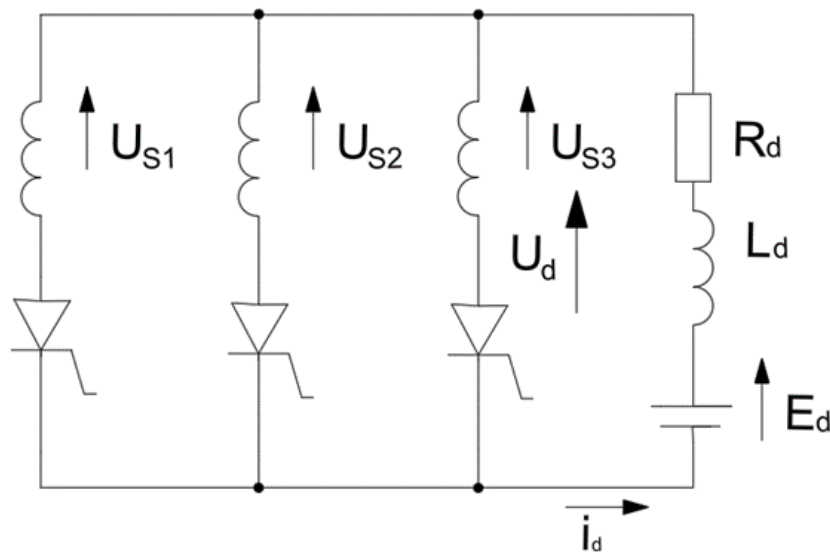


Рис.10.1. Схема трифазного перетворювача напруги з RL навантаженням

2. Зібрати схему та встановити необхідні параметри елементів представлених на схемі, рис. 10.1. У якості джерела живлення обрати 3 джерела змінної напруги, встановити необхідне значення напруги, частоту, та зсув по фазі 0° , 120° та 240° (-120°) відповідно до кожного джерела.

3. В роботі застосовуються тиристори, які відкриваються і закриваються за керуючим сигналом. З метою керування тиристорами до схеми необхідно додати блоки *Pulse Generator* і підключити їх до входів на тиристорах. При налаштуванні параметрів *PG* необхідно враховувати, що кожна фаза працює зі здвигом 120° , тому необхідно додатково встановити час початку роботи кожного *PG* відповідно: *Phase delay (secs)* ≈ 0 ; 0.013 ; 0.0063 с. (Час початку періоду можна корегувати самостійно, якщо вивести на один графік напругу трьох фаз, рис. 10.2, та визначити час початку періоду кожної із фаз)

4. Підключити до схеми вимірювальні пристрої та електронний осцилограф.

5. Провести моделювання роботи схеми де кілька разів поступово зменшуючи значення індуктивності L . Час моделювання задаємо таким чином, що б на графіках було чітко видно три-п'ять періодів роботи.

6. Додати до звіту робочу схему перетворювача в системі *Simulink* та графіки струмів та напруги i_{s1} , i_{s2} , i_{s3} , u_{s1} , u_{s2} , u_{s3} .

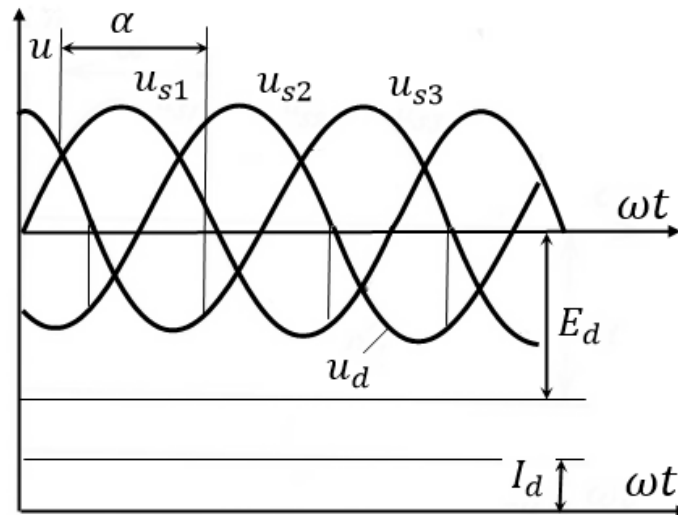


Рис. 10.2 Діаграма струму та напруги перетворювача з RL навантаженням

7. Зробити висновки до роботи.

Лабораторна робота 11

Моделювання роботи випрямляча з трифазною мостовою схемою

Мета роботи: дослідити особливості роботи представленого перетворювача. Придбати практичні навички моделювання трифазних перетворювачів напруги в системі *Simulink*.

Завдання:

1) випрямляч з трифазною мостовою схемою з'єднання, рис.11.1 працює через згладжуючий реактор з індуктивністю $L_d = \infty$ на активне навантаження. Побудувати графіки струму та напруги на навантаженні.

2) побудувати діаграму напруги при роботі випрямного моста. Схема з'єднань обмоток a – зірка, b – трикутник.

Частина 1. Схема з'єднань обмоток – зірка-зірка, $R = 10 + N_0$ вар., $U_{abc} = 220$ В, $f = 50$ Гц.

У якості джерела напруги використати блок: *Three-Phase Programmable Voltage Source*, в налаштуваннях встановити необхідну напругу, та частоту. У якості трансформатора обрати блок *Three-Phase Transformer 12 Terminals*.

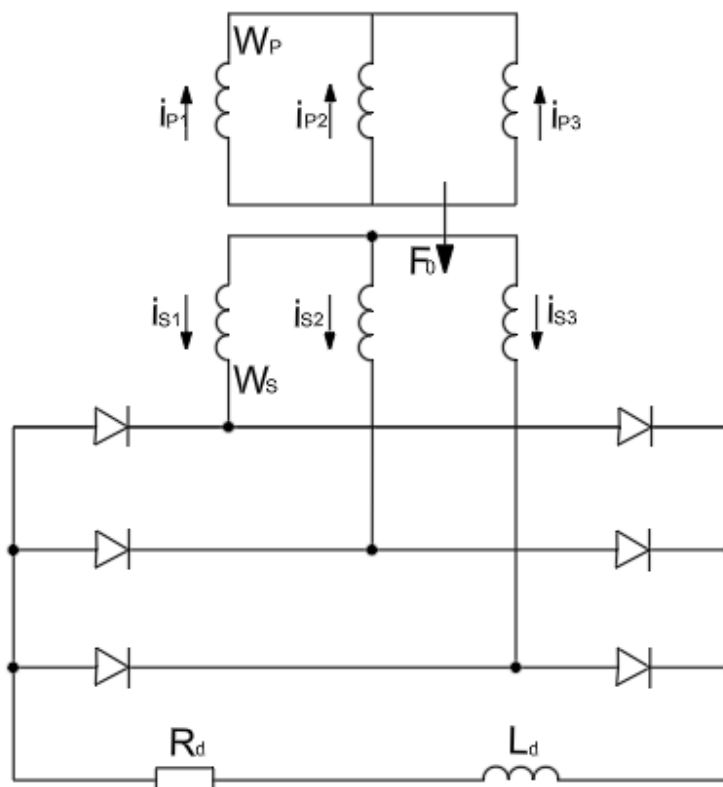


Рис. 10.1. Трифазний мостовий випрямляч «зірка – зірка»

Рекомендована послідовність дій

1. Запустити *Simulink*, перейти до відповідної бібліотеки, створити та зберегти нову робочу форму.
2. Зібрати схему та встановити необхідні параметри елементів представлених на схемі, рис. 11.1, 11.2.
3. Підключити до схеми вимірювальні пристрої та електронний осцилограф.
4. Провести моделювання роботи схеми. Час моделювання задаємо таким чином, що б на графіках було чітко видно два-три періоди роботи.

5. Дослідити вплив індуктивності у навантаженні на характер випрямленої напруги u_{RL} .
6. Додати до звіту робочу схему в системі *Simulink*, графіки струмів та напруги i_{s1} , i_{s2} , i_{s3} , u_{s1} , u_{s2} , u_{s3} , u_{RL} .
7. Зробити висновки про вплив навантаження на роботу схеми.

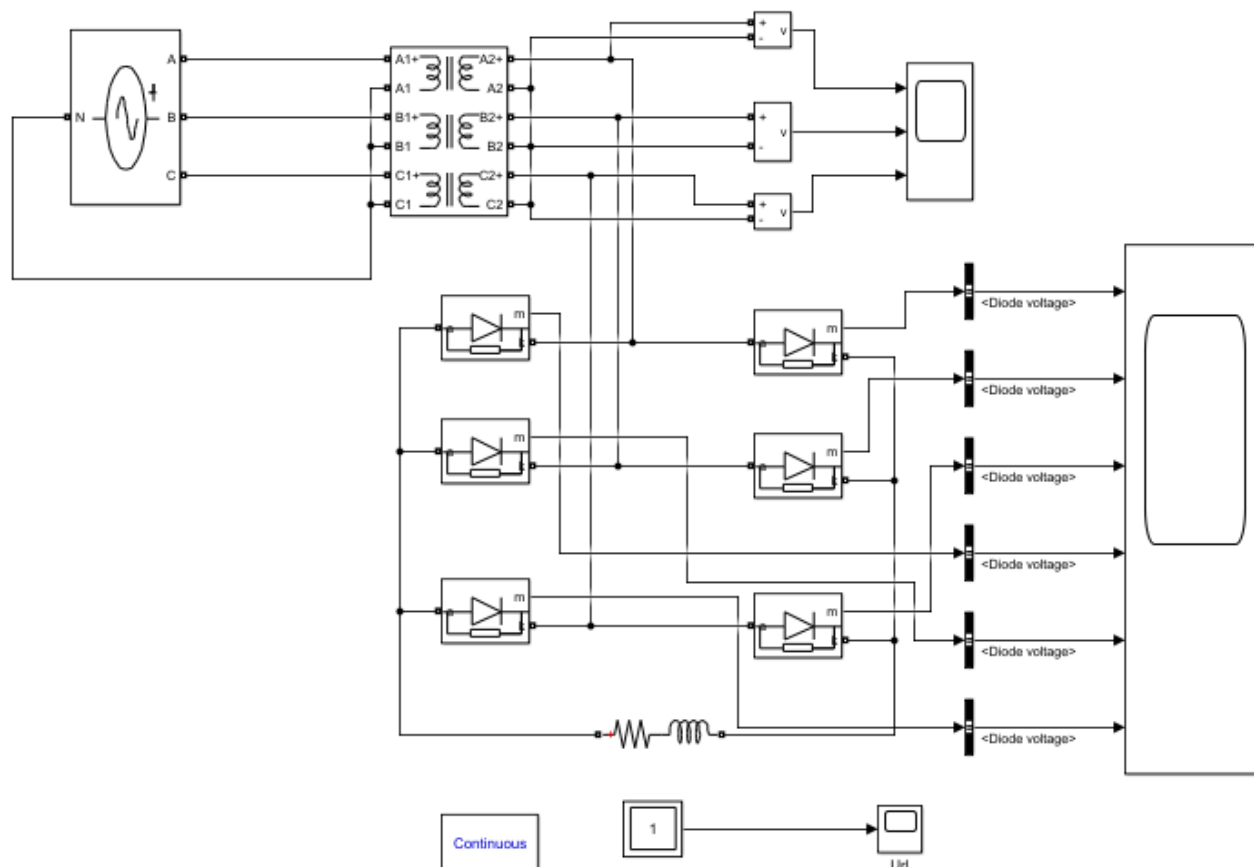


Рис. 11.2. Робоча модель випрямляча в системі *Simulink*

Частина 2. Схема з'єднань обмоток – зірка- трикутник, $R = 10 + j\omega L$ вар., $U_{abc}=220$ В, $f=50$ Гц.

Рекомендована послідовність дій

1. Запустити *Simulink*, перейти до відповідної бібліотеки, створити та зберегти нову робочу форму.
2. Зібрати схему та встановити необхідні параметри елементів представлених на схемі, рис. 11.3.
3. Підключити до схеми вимірювальні пристрої та електронний осцилограф.

4. Провести моделювання роботи схеми. Час моделювання задаємо таким чином, щоб на графіках було чітко видно два-три періоди роботи.
5. Дослідити вплив індуктивності у навантаженні на характер випрямленої напруги u_{RL} .
6. Додати до звіту робочу схему в системі *Simulink*, графіки струмів та напруги i_{s1} , i_{s2} , i_{s3} , u_{s1} , u_{s2} , u_{s3} , u_{RL} .

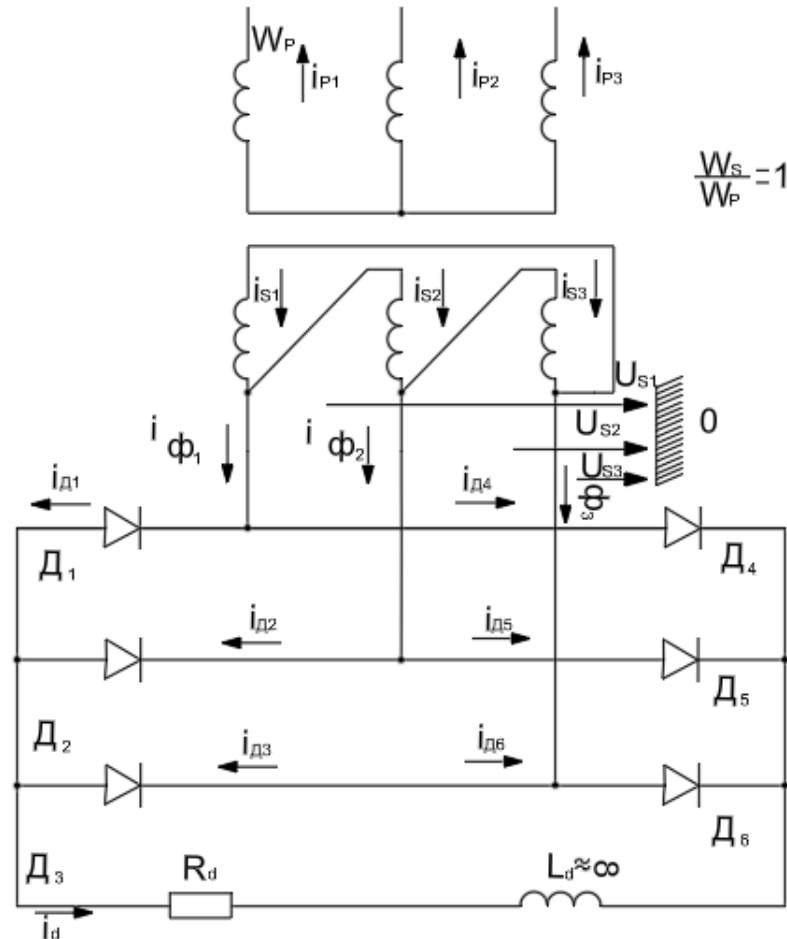


Рис. 11.3. Трифазний мостовий випрямляч «зірка – трикутник»

7. Зробити висновки про вплив навантаження на роботу схеми.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Волянський С. М. Моделювання електромеханічних систем : навчальний посібник / С. М. Волянський, Я. Б. Волянська; за ред. проф. О. А. Онищенко. – Миколаїв : Іліон, 2018. – 246 с.
2. Електроніка і мікросхемотехніка : У 4-х т. / [В. І. Сенько, М. В. Панасенко, Є. В. Сенько та ін.]. – Київ : Обереги, 2000. – Т.1.: Елементна база електронних пристроїв. – 300 с.
3. Шавьолкін О. О. Перетворювальна техніка : навч. посібник / О. О. Шавьолкін, О. М. Наливайко. – Краматорськ : Донбаська ДМА, 2008. – 328 с.
4. Bose Bimal K. Power Electronics and AC Drives. – Prentice Hall PTR, 2002. – 711 p.
5. Шпіка М. І. Силові перетворювачі для автоматизованого електроприводу: конспект лекцій. / М. І. Шпіка, С. О. Закурдай, В. А. Герасименко. – Харків : Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова, 2019. – 82 с.

Навчальне видання

С. М. Волянський, Г. С. Грудініна, Я. Б. Волянська

**СИЛОВІ ПЕРЕТВОРЮВАЧІ АВТОМАТИЗОВАНОГО
ЕЛЕКТРОПРИВОДУ**

Підписано до друку «28» серпня 2024 р. Формат 60х84/16.
Папір офсетн. Друк – різнографічний. Умовн. друк. арк. 1,2
Гарнітура Times New Roman. Наклад 100 прим.

Надруковано поліграфічним підприємством СПД Румянцева Г.В.
54038, Миколаїв, вул. Бузника 5/1
Свідоцтво МК №11 від 26.01.2007
