

Міністерство освіти і науки України
Криворізький національний університет
Електротехнічний факультет
Кафедра електричної інженерії

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до кваліфікаційної роботи

магістра

(рівень вищої освіти)

зі спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

На тему: «Розробка та дослідження алгоритму векторного керування автономним інвертором напруги у системі тягового електроприводу змінного струму»

КНУ.МР.141.24.776-14

Виконав студент II курсу, групи ЕПА-23м /Денис ЧЕРКАСЬКИЙ/

141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

«Електромеханічні системи автоматизації та електропривод»

(шифр і назва спеціальності, освітньо-професійної програми)

Керівник:

к.т.н., доцент

_____ /Ірина КАСАТКІНА/

Нормоконтролер:

к.т.н., доцент

_____ /Ірина КАСАТКІНА/

Завідувач кафедри,

д.т.н., професор

_____ /Олег СІНЧУК/

Гарант ОПП:

к.т.н., доцент

_____ /Юрій ОСАДЧУК/

Кривий Ріг
2024 р.

Криворізький національний університет

Факультет: електротехнічний

Освітній рівень: магістр

Спеціальність: 141 - Електроенергетика, електротехніка та
електромеханіка

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА ВИЩОЇ ОСВІТИ

ЧЕРКАСЬКИЙ Денис Олександрович

(прізвище, ім'я, по батькові)

Тема роботи: Розробка та дослідження алгоритму векторного керування автономним інвертором напруги у системі тягового електроприводу змінного струму

1. Термін подання студентом роботи: 09 грудня 2024 р.
2. Мета та завдання кваліфікаційної роботи: Метою є вибір структури напівпровідникового перетворювача напруги для системи тягового електроприводу акумуляторного електровозу
3. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які необхідно розробити) I. Система тягового електроприводу змінного струму; II. Розробка алгоритму векторного керування автономним інвертором напруги у системі тягового електроприводу змінного струму; III. Дослідження алгоритму векторного керування автономним інвертором напруги у системі тягового електроприводу змінного струму.
4. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) I. Система тягового електроприводу змінного струму; II. Параметри системи керування; III. Оптимальна структура системи керування; IV. Алгоритми векторного керування; V. Комп'ютерна модель системи векторного керування електроприводом; VI. Результати моделювання.

5. Консультанти розділів роботи

Розділ	Ім'я, прізвище консультанта	Дата, підпис	
		Завдання видав	Завдання прийняв
I	Ірина КАСАТКІНА		
II	Ірина КАСАТКІНА		
III	Ірина КАСАТКІНА		

6. Календарний план

№	Етапи роботи	Термін
1	Аналіз систем тягового електроприводу	10.09.24
2	Оптимальна структура системи тягового електроприводу	17.09.24
3	Розробка алгоритму векторного керування	24.10.24
4	Алгоритми векторного керування	26.10.24
5	Комп'ютерна модель векторного керування	28.11.24
6	Дослідження алгоритмів векторного керування автономним інвертором напруги	04.12.24

Дата видання завдання 02.09.2024 р.

Здобувач вищої освіти _____
(підпис)

Денис ЧЕРКАСЬКИЙ
(Ім'я, прізвище)

Керівник роботи _____
(підпис)

Ірина КАСАТКІНА
(Ім'я, прізвище)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до випускової атестаційної роботи магістра на тему: «Розробка та дослідження алгоритму векторного керування автономним інвертором напруги у системі тягового електроприводу змінного струму»

Об'єкт дослідження – алгоритми векторного керування автономним інвертором напруги у системі тягового електроприводу змінного струму.

В першому розділі проаналізовано систему тягового електроприводу змінного струму. На основі аналізу обрано структуру керування автономним інвертором напруги у системі тягового електроприводу змінного струму.

У другому розділі розроблено структуру системи керування автономним інвертором напруги для системи тягового електроприводу змінного струму, а також алгоритми векторного керування автономним інвертором.

У третьому розділі досліджено режими роботи системи тягового електроприводу змінного струму при здійсненні векторного керування автономним інвертором напруги. Синтез моделі здійснювався з використанням методу найменших квадратів.

**ЕЛЕКТРОПРИВОД ЗМІННОГО СТРУМУ, ІНВЕРТОР НАПРУГИ,
ВЕКТОРНЕ КЕРУВАННЯ, МОДЕЛЬ**

Зміст

Вступ.....	6
Розділ 1. Система тягового електроприводу змінного струму.....	12
1.1. Аналіз систем тягового електроприводу змінного струму.....	12
1.2. Оптимальна структура системи тягового електроприводу змінного струму.....	16
Розділ 2. Розробка алгоритму векторного керування автономним інвертором напруги у системі тягового електроприводу змінного струму	21
2.1. Основні відомості про алгоритми векторного керування автономним інвертором напруги у системі тягового електроприводу змінного струму	21
2.2. Алгоритми векторного керування автономним інвертором напруги у системі тягового електроприводу змінного струму	28
Розділ 3. Дослідження алгоритму векторного керування автономним інвертором напруги у системі тягового електроприводу змінного струму	36
3.1. Аналіз алгоритмів векторного керування автономним інвертором напруги у системі тягового електроприводу змінного струму	36
3.2. Комп'ютерна модель векторного керування автономним інвертором напруги у системі тягового електроприводу змінного струму	39
3.3. Параметри моделі векторного керування автономним інвертором напруги у системі тягового електроприводу змінного струму	47
Висновки	55

Вступ

Видобуток природних корисних копалин підземним методом є дуже складним та енерговитратливим способом їх видобутку у порівнянні з відкритим.

Робота з транспортування корисних копалин з місця їх видобутку до місця складування та перевантаження для відправлення є другою за показником рівню енергетичних витрат після робіт з розбудови стволів та горизонтальних виробіток.

Перевезення корисних копалин займає доволі важливе місце у технологічному циклі роботи шахти.

Тому для забезпечення динамічності процесу перевезення корисних копалин при видобутку з рудного поля та піднімання їх на поверхню використовують спеціальні технічні засоби що покликані поліпшити цей процес.

У гірничорудній промисловості розрізняють спеціальні засоби щодо переміщення гірської породи з місця видобутку відповідно до площини їх транспортування.

Такі переміщення гірської породи при видобутку може бути здійснено як у горизонтальній так й вертикальній площині відносно зони рудного пласту.

Для переміщень у горизонтальній площині для потреб гірничорудної промисловості випускаються спеціалізовані види обладнання щодо транспортування.

Можна відзначити такі системи як автомобільний та конвеєрний транспорт, а також спеціально оснащені для цього засоби переміщення

гірської породи, що можуть бути використані у якості допоміжного обладнання для перевезення.

Але найбільшого розповсюдження при транспортуванні видобутої гірської породи у горизонтальній площині відносно місця рудного поля набули системи електровозного транспорту, що відрізняються різноманіттям типів у відповідності до рівню вантажного потоку та конструктивних особливостей місця перевезення.

Електровозний транспорт відзначається своєю економічністю щодо витрат на його обслуговування.

Ощадливість у цьому плані є важливим моментом, оскільки складає певний рівень кошторису.

У відповідності до визначеного рівню вантажопотоку видобутої сировини розробляють маршрути руху та складають плани руху та склад потягів.

У відповідності до цього обирають тип електровозу та допоміжного обладнання.

Для потреб електровозного електричного транспорту використовують чимало різних систем.

Так можна зазначити що багато електровозів що здійснюють режими руху з вантажем від місця видобутку до місця піднімання гірської видобутої породи розроблені для можливостей використання тягових електричних двигунів для приведення у рух як самого електровозу, так й рухомого складу в цілому.

Вибір типу тягового електричного двигуну виконують виходячи з умов експлуатації.

Так можна зазначити, що у переважній більшості це системи з двигунами постійного струму.

Але складність експлуатації подібних електричних двигунів, а також пов'язана з цим підвищена небезпека щодо виникнення аварійних ситуацій призводить до необхідності розгляду можливої модернізації електровозного транспорту у бік створення структур із новими типами електричних тягових двигунів.

Останні розробки та дослідження показують, що доволі ефективним є впровадження у тягові електромеханічні системи електровозного транспорту систем змінного струму.

Останні розробки показують що тягові електромеханічні комплекси з асинхронними двигунами є ефективними за своїми показниками у створенні моменту та енергетичним витратам.

Тому розглядаються як системи що покликані замінити застарілі структури постійного струму.

Процес створення електромагнітного моменту у тягових електричних двигунах змінного струму дещо відрізняється від процесу у системах постійного струму.

Для формування необхідного значення електромагнітного моменту у двигуні змінного струму використовують відповідне керування виходячи з типу обладнання.

Струмові характеристики визначаються за показниками з боку обмотки статора.

Цей факт є однозначною складовою для усіх типів електричних двигунів змінного струму.

Різниця буде становити у тому яким чином буде формуватись магнітне поле електричної машини.

Для синхронних тягових двигунів зазвичай використовують збудження від постійних магнітів.

Зазвичай вони є інкорпорованими у ротор електричної синхронної машини.

Для асинхронних двигунів розрізняють декілька можливих варіантів, виходячи з типу електричної машини.

Розрізняють системи з асинхронними двигунами з фазним та короткозамкненим ротором.

Останні набули широкого розповсюдження виходячи з простоти та непримхливості під час експлуатації.

Для електровозної електричної тяги важливим є процес створення у електричному двигуні електромагнітного моменту.

Пускові характеристики при русі транспорту є дуже важливими та впливають на можливість роботи під час транспортування вантажу або перевезення пасажирів.

При русі характеристики електромеханічної системи транспорту суттєво змінюються.

Цей факт також слід враховувати при створенні електромагнітного моменту.

Тобто можна зазначити що процес регулювання параметрів асинхронного електричного двигуна є складним але дуже важливим для роботи.

Тому цей процес забезпечують передовими розробками у галузі керування електромеханічними системами транспортних засобів з асинхронними тяговими двигунами.

Широке розповсюдження набули тягові електромеханічні системи з асинхронними двигунами та живленням їх обмотки від перетворювального пристрою.

Для таких структур є важливим параметри перетворювального пристрою.

Їх обирають у відповідності до потреб електричного двигуна у можливості здійснення регулювання його параметрів та особливостей джерела живлення.

На електровозному транспорті з тяговим електричним приводом розрізняють параметри пуску та руху з сталою швидкістю по горних виробітках.

При цьому може дещо змінюватись як ухил виробітки так й швидкість руху по ній.

Щодо джерела живлення то слід зазначити що бувають електровози постійного та змінного струму.

Виходячи з цього розрізняють значення та параметри мережі живлення.

Також існують структури тягових електромеханічних комплексів із джерелами автономного живлення.

На електровозному транспорті використовують зазвичай у якості автономного джерела живлення акумуляторні батареї відповідного за показниками електричного двигуна параметрами.

Оскільки переважна більшість тягових електромеханічних систем приєднуються до мережі постійного струму, то для забезпечення їх функціонування при роботі на тяговий асинхронний двигун необхідним є застосування перетворювачів частоти у вигляді інверторів з однією групою ключових елементів.

Розділ 1. Система тягового електроприводу змінного струму

1.1. Аналіз систем тягового електроприводу змінного струму

Робота з транспортування корисних копалин з місця їх видобутку до місця складування та перевантаження для відправлення є другою за показником рівню енергетичних витрат після робіт з розбудови стволів та горизонтальних виробіток.

Тому для забезпечення динамічності процесу перевезення корисних копалин при видобутку з рудного поля та піднімання їх на поверхню використовують спеціальні технічні засоби що покликані поліпшити цей процес.

Найбільшого розповсюдження при транспортуванні видобутої гірської породи у горизонтальній площині шахти відносно місця рудного поля набули системи електровозного транспорту, що відрізняються різноманіттям типів у відповідності до рівню вантажного потоку та конструктивних особливостей місця перевезення.

Електровозний транспорт відзначається своєю економічністю щодо витрат на його обслуговування.

У відповідності до визначеного рівню вантажопотоку видобутої сировини розробляють маршрути руху та складають плани руху та склад потягів.

У відповідності до цього обирають тип електровозу та допоміжного обладнання.

Для потреб електровозного електричного транспорту використовують чимало різних систем.

Так можна зазначити що багато електровозів що здійснюють режими руху з вантажем від місця видобутку до місця піднімання гірської видобутої породи розроблені для можливостей використання тягових електричних двигунів для приведення у рух як самого електровозу, так й рухомого складу в цілому.

Вибір типу тягового електричного двигуну виконують виходячи з умов експлуатації.

Так можна зазначити, що у переважній більшості це системи з двигунами постійного струму.

Але складність експлуатації подібних електричних двигунів, а також пов'язана з цим підвищена небезпека щодо виникнення аварійних ситуацій призводить до необхідності розгляду можливої модернізації електровозного транспорту у бік створення структур із новими типами електричних тягових двигунів.

Останні розробки та дослідження показують, що доволі ефективним є впровадження у тягові електромеханічні системи електровозного транспорту систем змінного струму.

Останні розробки показують що тягові електромеханічні комплекси з асинхронними двигунами є ефективними за своїми показниками у створенні моменту та енергетичним витратам.

Тому розглядаються як системи що покликані замінити застарілі структури постійного струму.

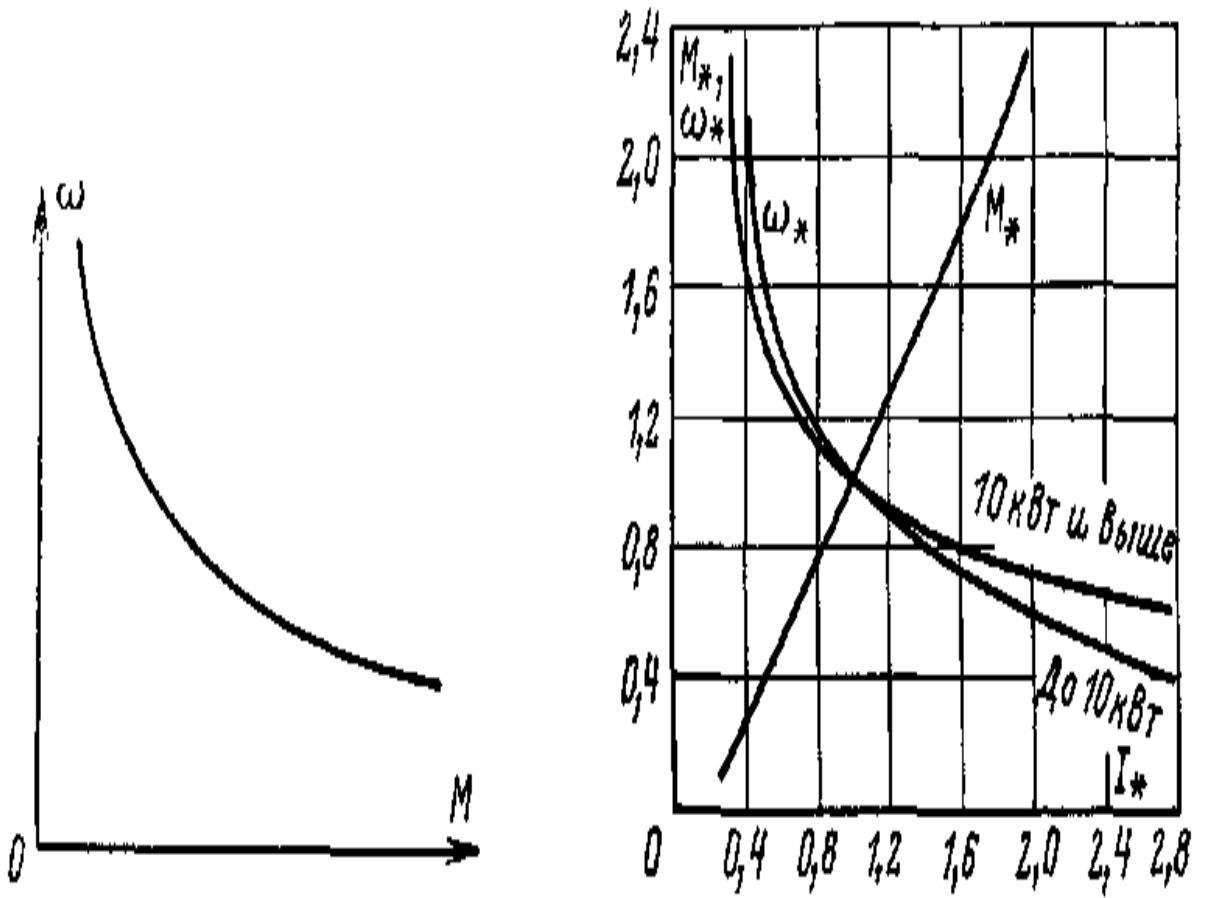


Рис. 1.1 Тягові електромеханічні комплекси з двигунами постійного струму за показниками у створенні моменту та енергетичним витратам

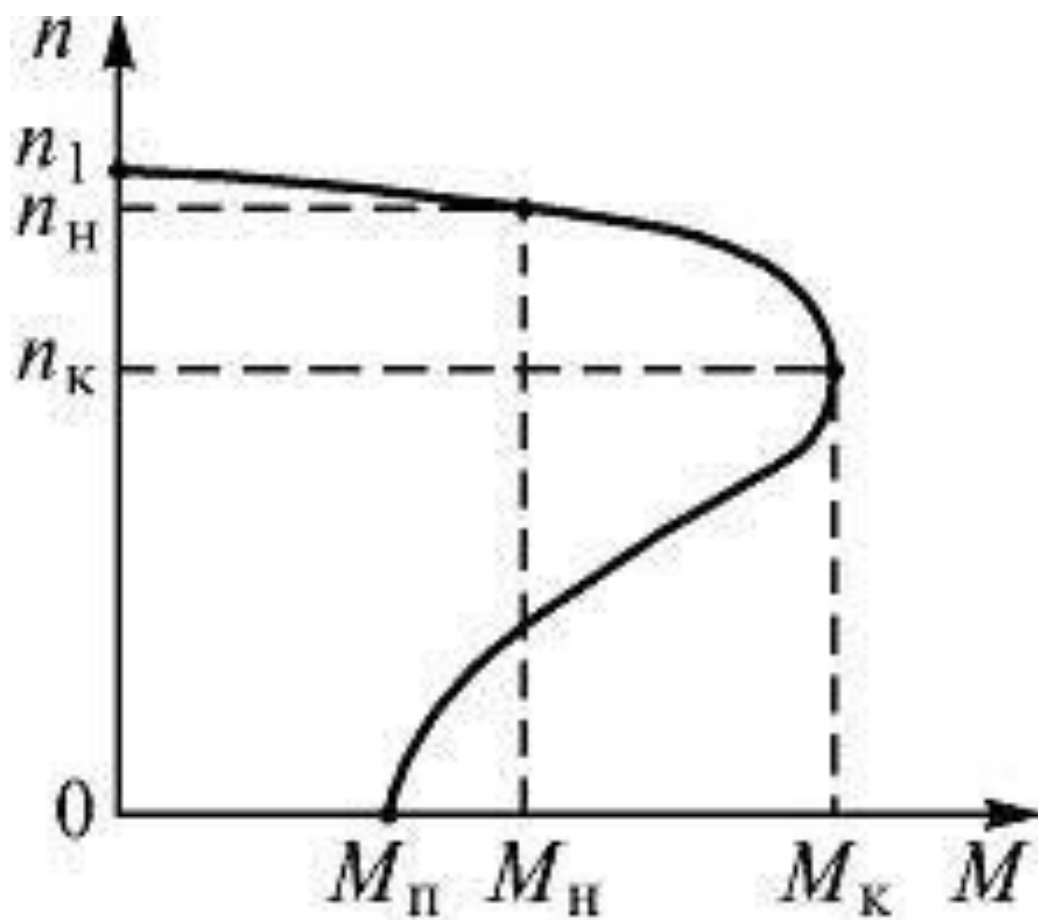


Рис. 1.2 Тягові електромеханічні комплекси з асинхронними двигунами за показниками у створенні моменту

1.2. Оптимальна структура системи тягового електроприводу змінного струму

Процес створення електромагнітного моменту у тягових електричних двигунах змінного струму дещо відрізняється від процесу у системах постійного струму.

Для формування необхідного значення електромагнітного моменту у двигуні змінного струму використовують відповідне керування виходячи з типу обладнання.

Для асинхронних двигунів розрізняють декілька можливих варіантів, виходячи з типу електричної машини.

Розрізняють системи з асинхронними двигунами з фазним та короткозамкненим ротором.

Останні набули широкого розповсюдження виходячи з простоти та непримхливості під час експлуатації.

Для електровозної електричної тяги важливим є процес створення у електричному двигуні електромагнітного моменту.

Пускові характеристики при русі транспорту є дуже важливими та впливають на можливість роботи під час транспортування вантажу або перевезення пасажирів.

При русі характеристики електромеханічної системи транспорту суттєво змінюються.

Цей факт також слід враховувати при створенні електромагнітного моменту.

Тобто можна зазначити що процес регулювання параметрі асинхронного електричного двигуна є складним але дуже важливим для роботи.

Тому цей процес забезпечують передовими розробками у галузі керування електромеханічними системами транспортних засобів з асинхронними тяговими двигунами.

Широке розповсюдження набули тягові електромеханічні системи з асинхронними двигунами та живленням їх обмотки від перетворювального пристрою.

Для таких структур є важливим параметри перетворювального пристрою.

Їх обирають у відповідності до потреб електричного двигуна у можливості здійснення регулювання його параметрів та особливостей джерела живлення.

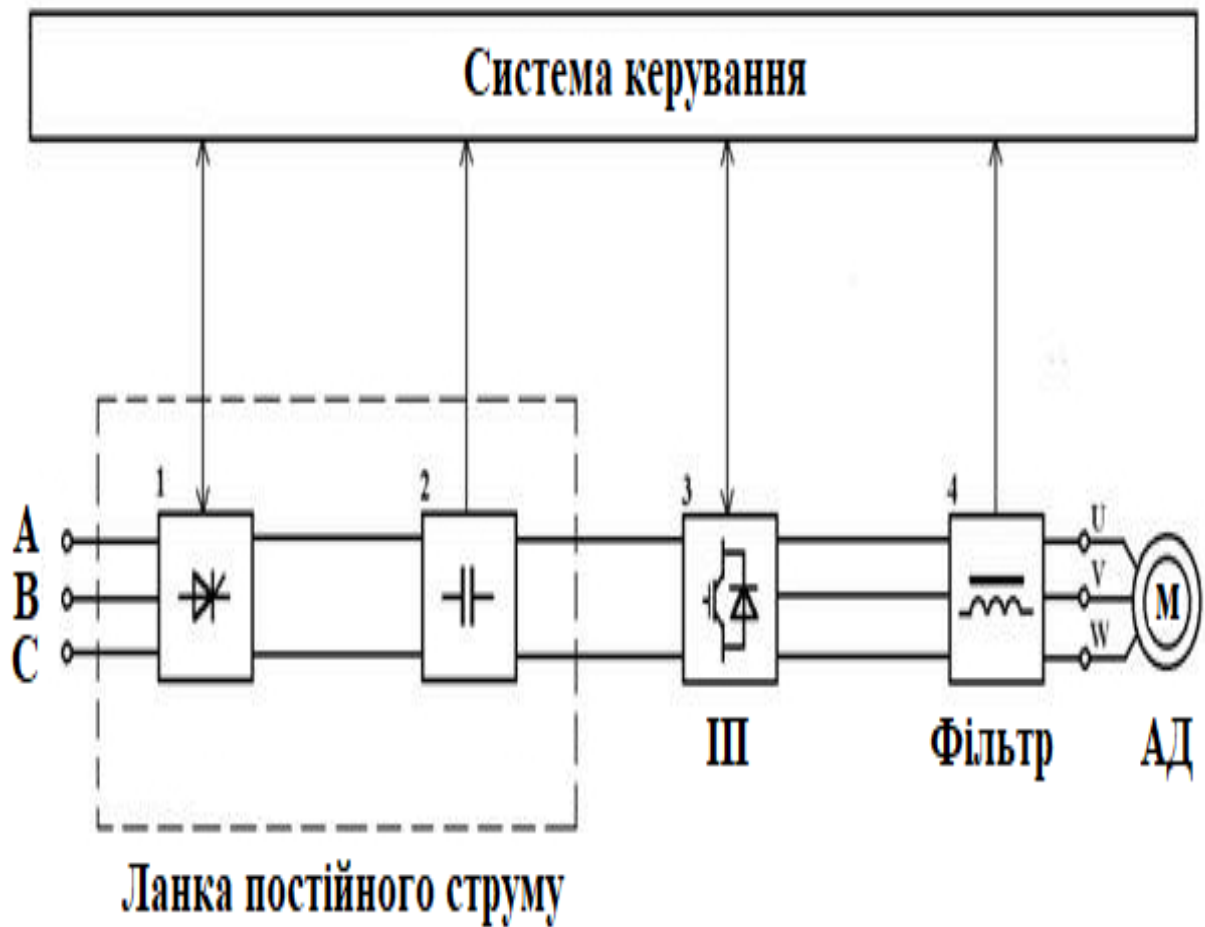


Рис. 1.3 Тягові електромеханічні системи з асинхронними двигунами та живленням їх обмотки від перетворювального пристрою

Розглянемо більш детально перетворювальні пристрої з огляду формування їх структури.

Загальними є такі складові як ланка постійного струму а також інверторна група елементів.

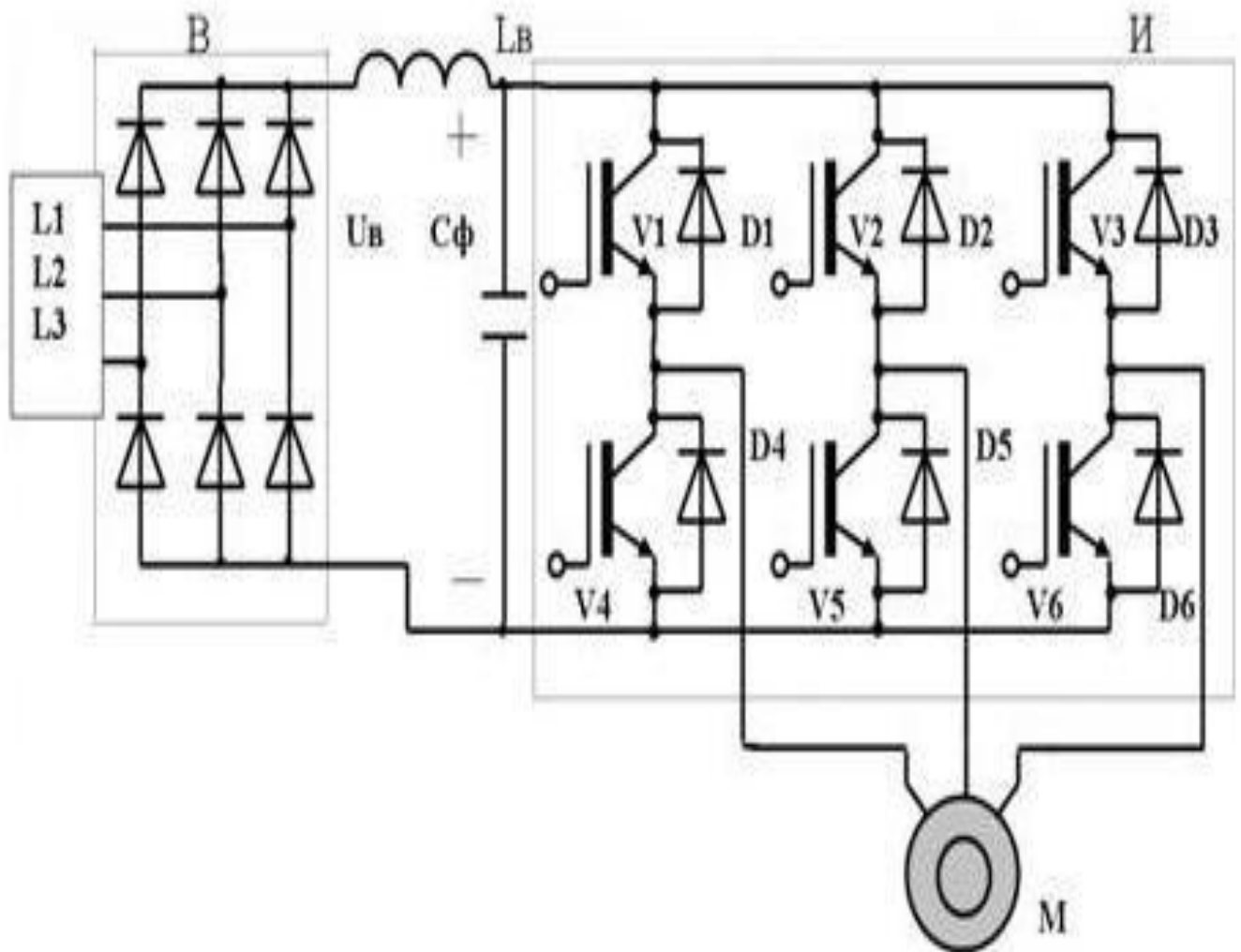


Рис. 1.4 Тяговий асинхронний двигун з необхідним застосуванням перетворювачів частоти з ланкою постійного струму та двома групами ключових елементів

Розглянемо функціональні можливості інверторної групи ключів у форматі створення необхідного тягового зусилля.

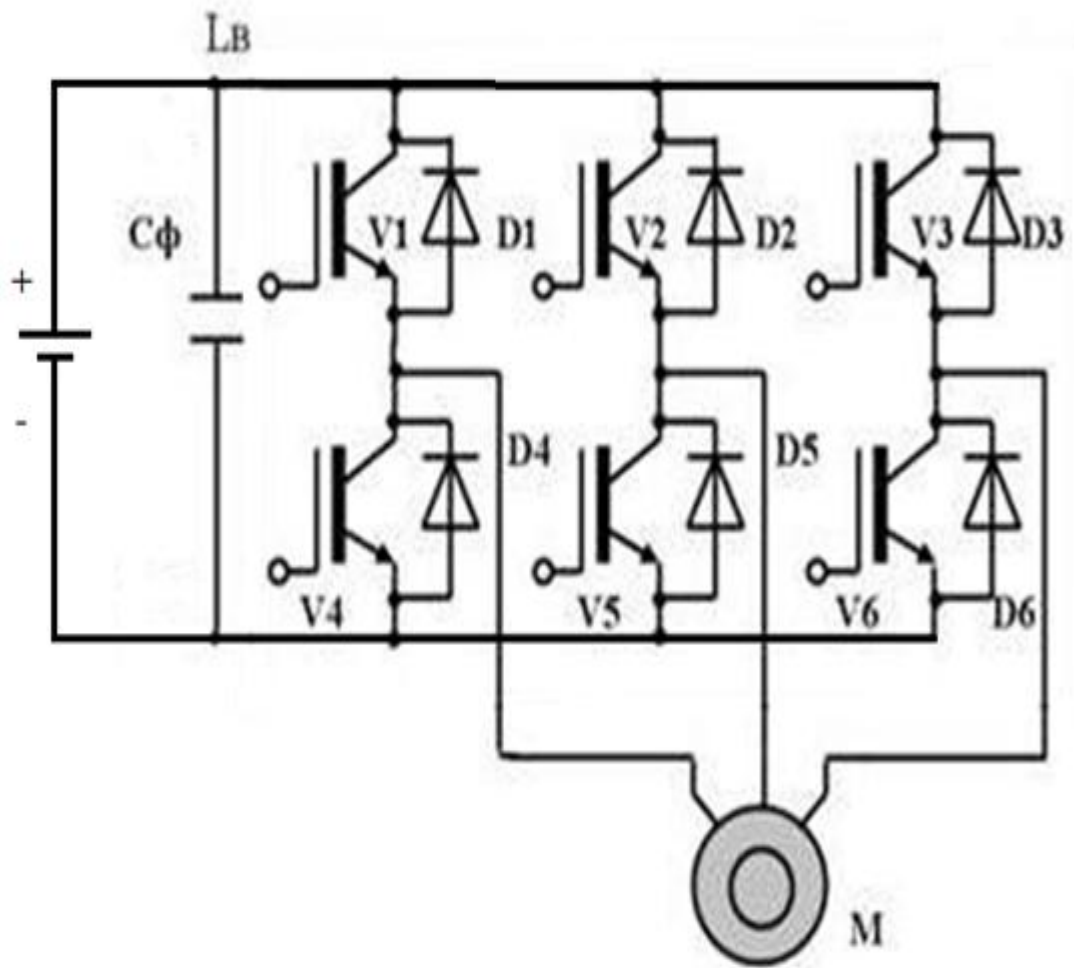


Рис. 1.5 Тяговий асинхронний двигун з необхідним застосуванням перетворювачів частоти у вигляді інверторів з однією групою ключових елементів

Розділ 2. Розробка алгоритму векторного керування автономним інвертором напруги у системі тягового електроприводу змінного струму

2.1. Основні відомості про алгоритми векторного керування автономним інвертором напруги у системі тягового електроприводу змінного струму

На електровозному транспорті з тяговим електричним приводом розрізняють параметри пуску та руху зі сталою швидкістю по гірничих виробітках.

При цьому може дещо змінюватись як ухил виробітки так й швидкість руху по ній.

Щодо джерела живлення то слід зазначити що бувають електровози постійного та змінного струму.

Виходячи з цього розрізняють значення та параметри мережі живлення.

Також існують структури тягових електромеханічних комплексів із джерелами автономного живлення.

На електровозному транспорті використовують зазвичай у якості автономного джерела живлення акумуляторні батареї відповідного за показниками електричного двигуна параметрами.

Оскільки переважна більшість тягових електромеханічних систем приєднуються до мережі постійного струму, то для забезпечення їх функціонування при роботі на тяговий асинхронний двигун необхідним є застосування перетворювачів частоти у вигляді інверторів з однією групою ключових елементів.



Рис. 2.1 Структура тягового електромеханічного комплексу із джерелами автономного живлення

Наведемо параметри пуску та руху зі сталою швидкістю по гірничих виробітках структура тягового електромеханічного комплексу із джерелами автономного живлення.

Табл. 2.1 Параметри системи керування автономним інвертором напруги у системі тягового електроприводу змінного струму

Параметри	Значення
Модель електровоза	АМ8Д
Колія, мм	600, 750, 900
Маса, т	8.05, 8.7
Довжина, мм	4550
Висота, мм	1415
Ширина, мм	1055, 1355
Жорстка база, мм	1200
Кліренс, мм	100
Параметри часового режиму	
Тягова потужність двигунів, кВт	21, 26
Сила тяги, кН	12.1, 12.2
Швидкість руху, км/год	5.7, 6.8
Параметри тривалого режиму	
Потужність двигунів, кВт	11.2, 13.4
Сила тяги, кН	4.67, 4.61
Швидкість руху, км/год	8.2, 10
Система керування	Резисторна/безреостатна секціюванням батарей
Система гальмування	Електродинамічна колодкова
Тип живлення	Акумуляторні батареї

Відповідно до представлених параметрів пуску та руху зі сталою швидкістю по гірничих виробітках тягового електромеханічного комплексу із джерелами автономного живлення зробимо представлення тягового електричного двигуну для потреб електровозного транспорту.

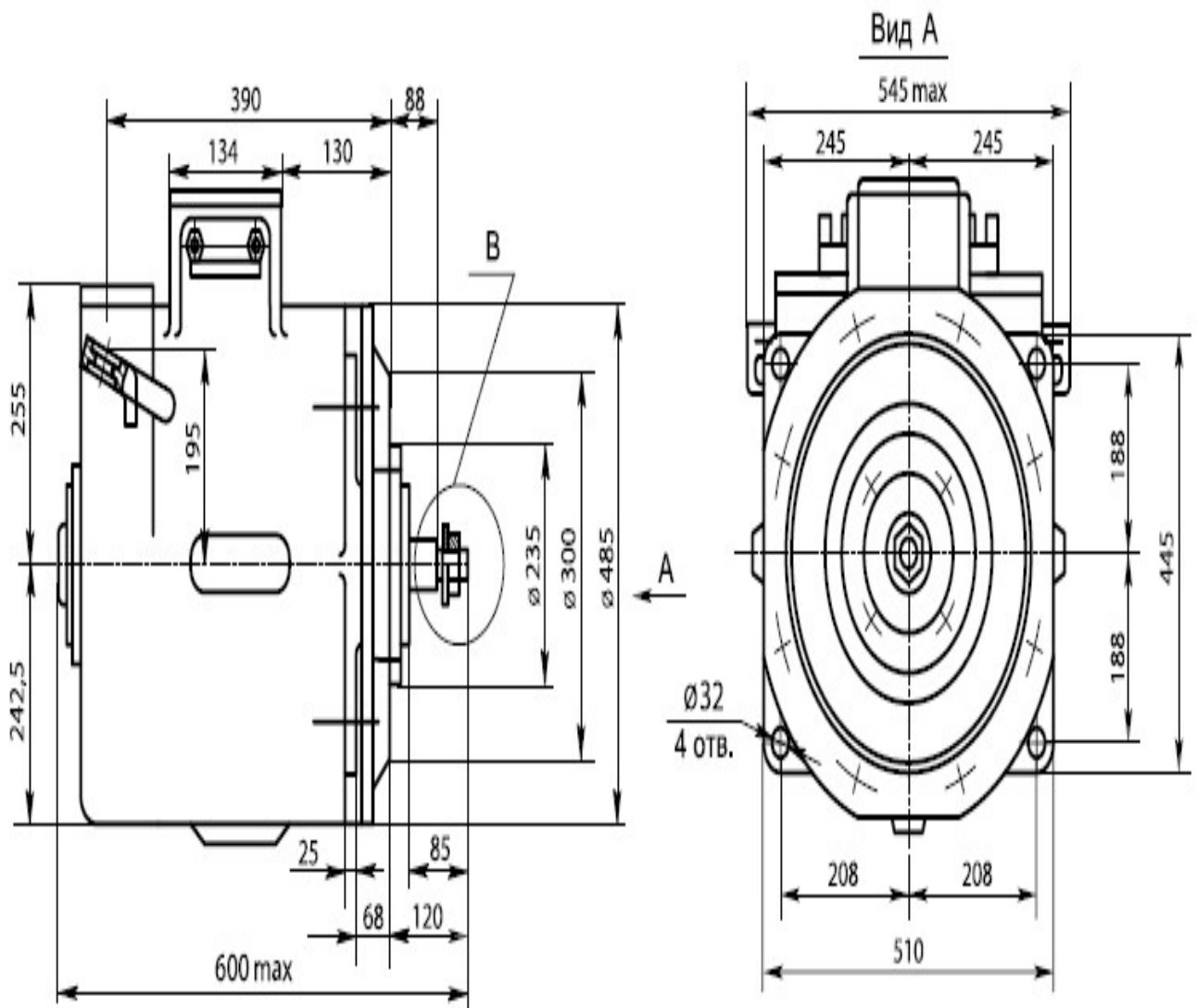


Рис. 2.2 Тяговий електричний двигун для потреб електровозного транспорту

Представимо параметри тягових електричних двигунів для потреб електровозного транспорту.

Табл. 2.2 Параметри системи тягового електроприводу змінного струму

Параметри	ДРТ-10А1		ДРТ-10А2		ДРТ-13		ДРТ-14		ДРТ-23.5	
	S2	S1	S2	S1	S2	S1	S2	S1	S2	S1
Вид роботи	S2	S1	S2	S1	S2	S1	S2	S1	S2	S1
Потужність, кВт	10	4	6	4	14.6	7.5	15.8	8.0	23.5	9.4
Діаметр якоря, В	105		80		145		145		185	
Максимальний струм якоря, А	116	55	93	49	122	61	132	65	152	61
Номінальна швидкість обертів, об/хв	1575	2350	1500	2400	700	1000	700	1000	900	1400
Максимальна швидкість обертів, об/хв	3150		3150		1845		1845		2500	
ККД, %	82	69.3	80	61.3	82.5	82.5	82.5	84.9	85	85
Маса, кг	210		210		380		380		500	

Відповідно до наведених даних представимо розраховані характеристики тягової електромеханічної системи із джерелами автономного живлення.

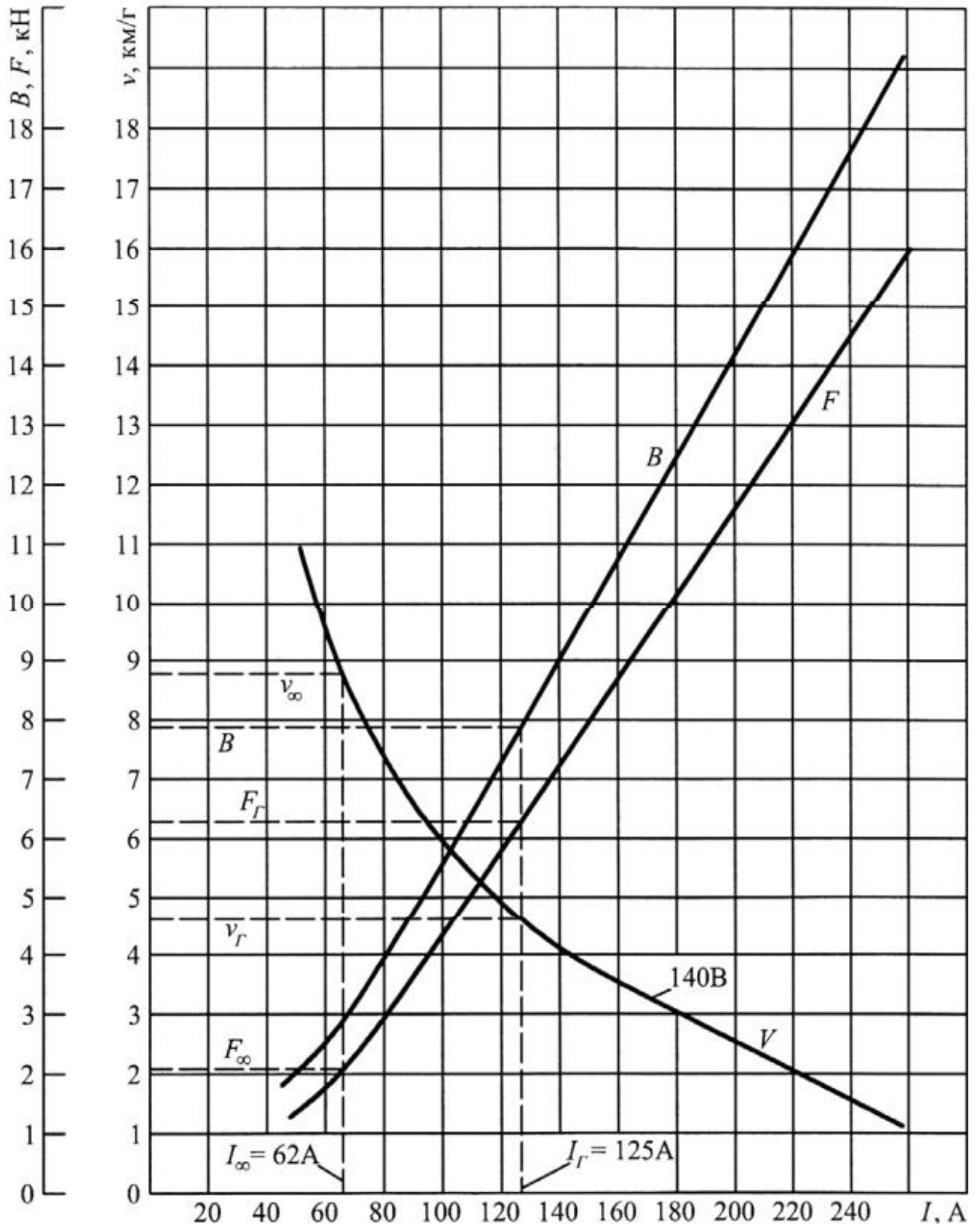


Рис. 2.3 Характеристики тягової електромеханічної системи із джерелами автономного живлення

2.2. Алгоритми векторного керування автономним інвертором напруги у системі тягового електроприводу змінного струму

Розглянемо структуру тягового електромеханічного комплексу із джерелами автономного живлення.

Керування елементами інверторної групи засновано на відтворенні алгоритмів форми струму.

Алгоритм роботи функціонує за законом широтно-імпульсної модуляції вихідних сигналів.

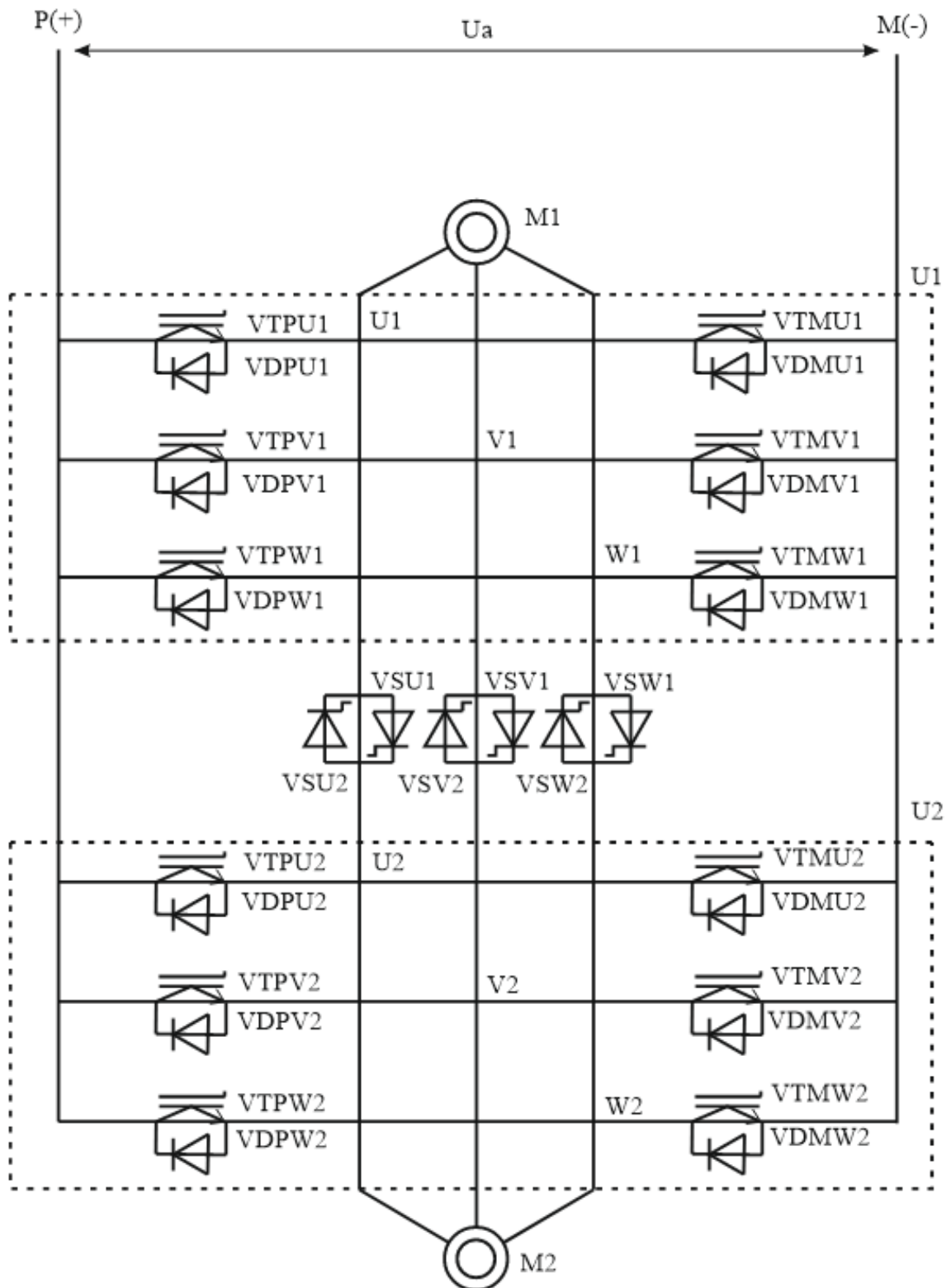


Рис. 2.4 Структура тягового электромеханического комплекса из джерелами автономного живлення

Алгоритми керування тяговим електромеханічним комплексом із джерелами автономного живлення реалізовується завдяки надходженню позитивного значення опорної напруги на елементи інверторної групи перетворювача.

Реалізація функцій керування системою асинхронного тягового електроприводу відтворюється у залежності від надходження сигналів на ключові елементи інверторної групи.

Представимо найбільш характерні алгоритми роботи ключових елементів інверторної групи перетворювача для електромеханічного комплексу транспортного засобу із джерелами автономного живлення.

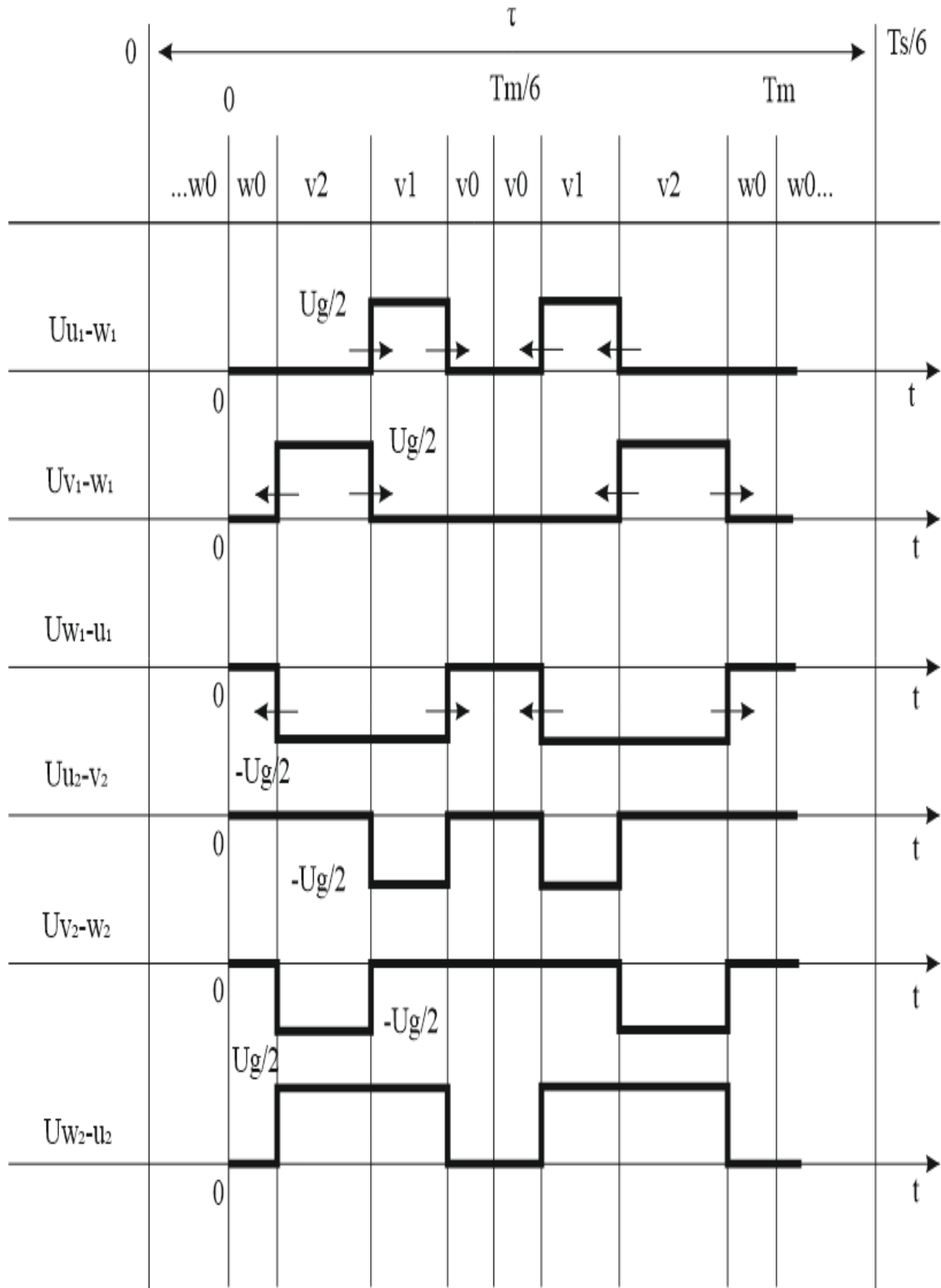


Рис. 2.5 Алгоритми керування тяговим електромеханічним комплексом із джерелами автономного живлення

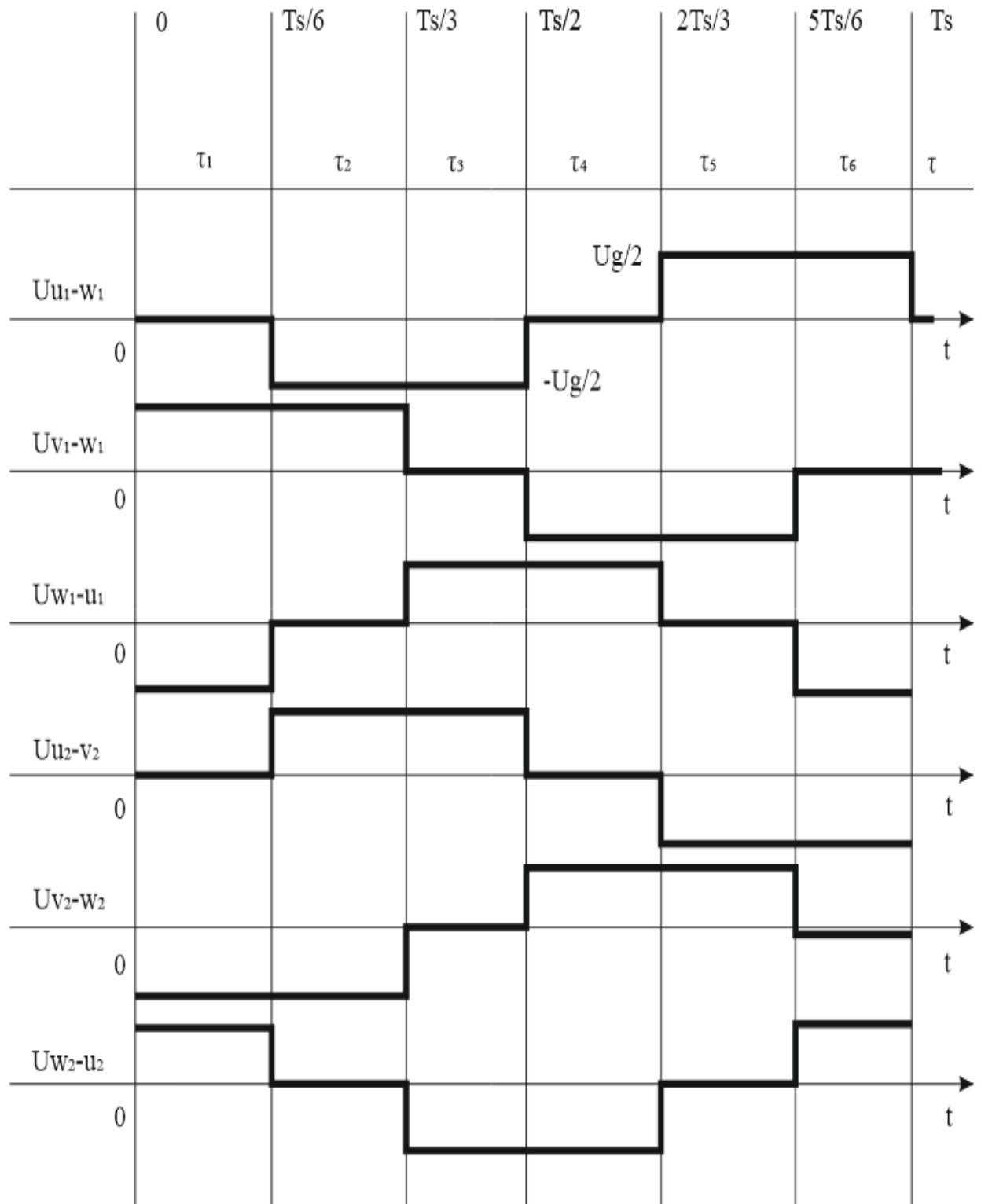


Рис. 2.6 Алгоритми керування тяговим електромеханічним комплексом із джерелами автономного живлення

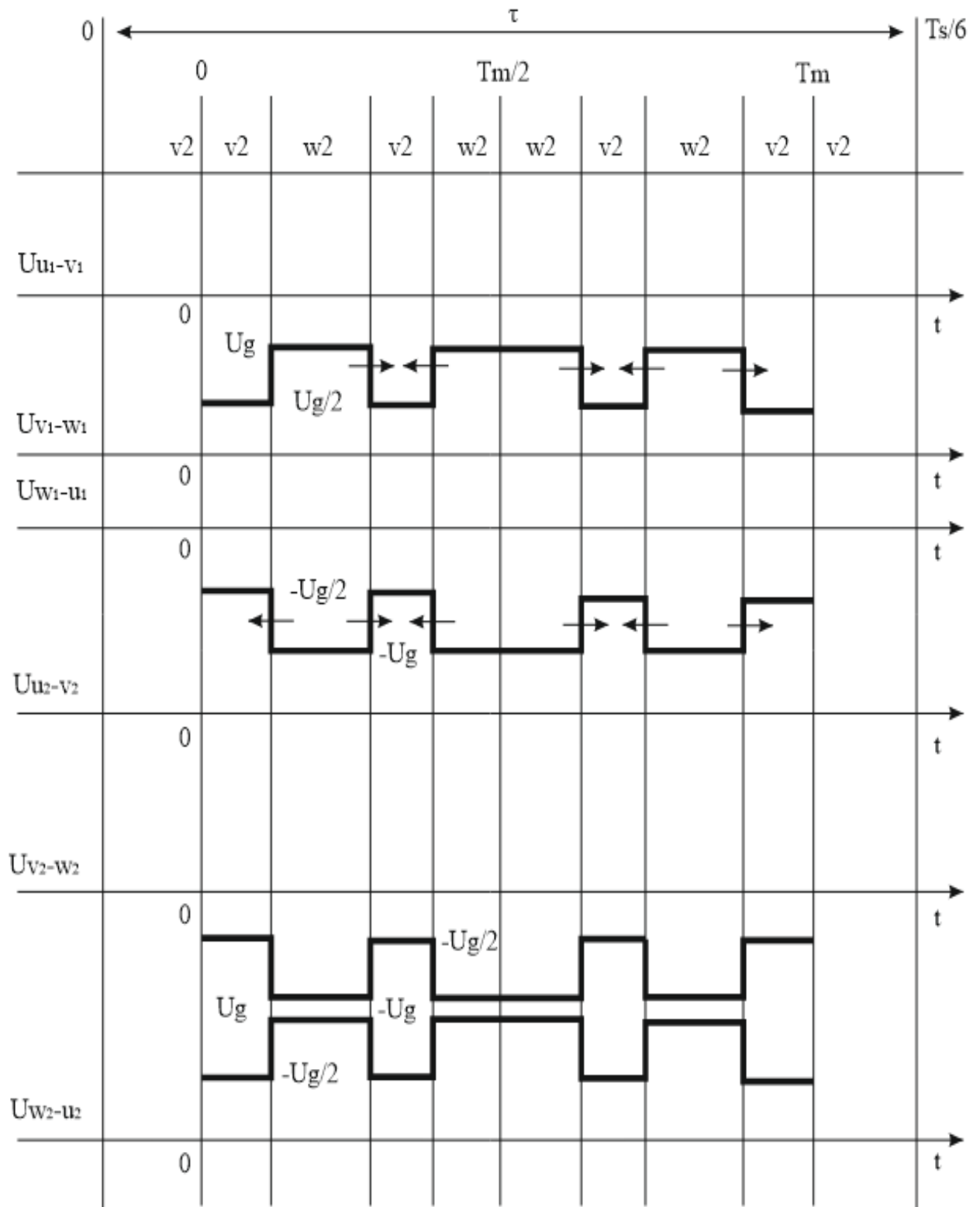


Рис. 2.7 Алгоритми керування тяговим електромеханічним комплексом із джерелами автономного живлення

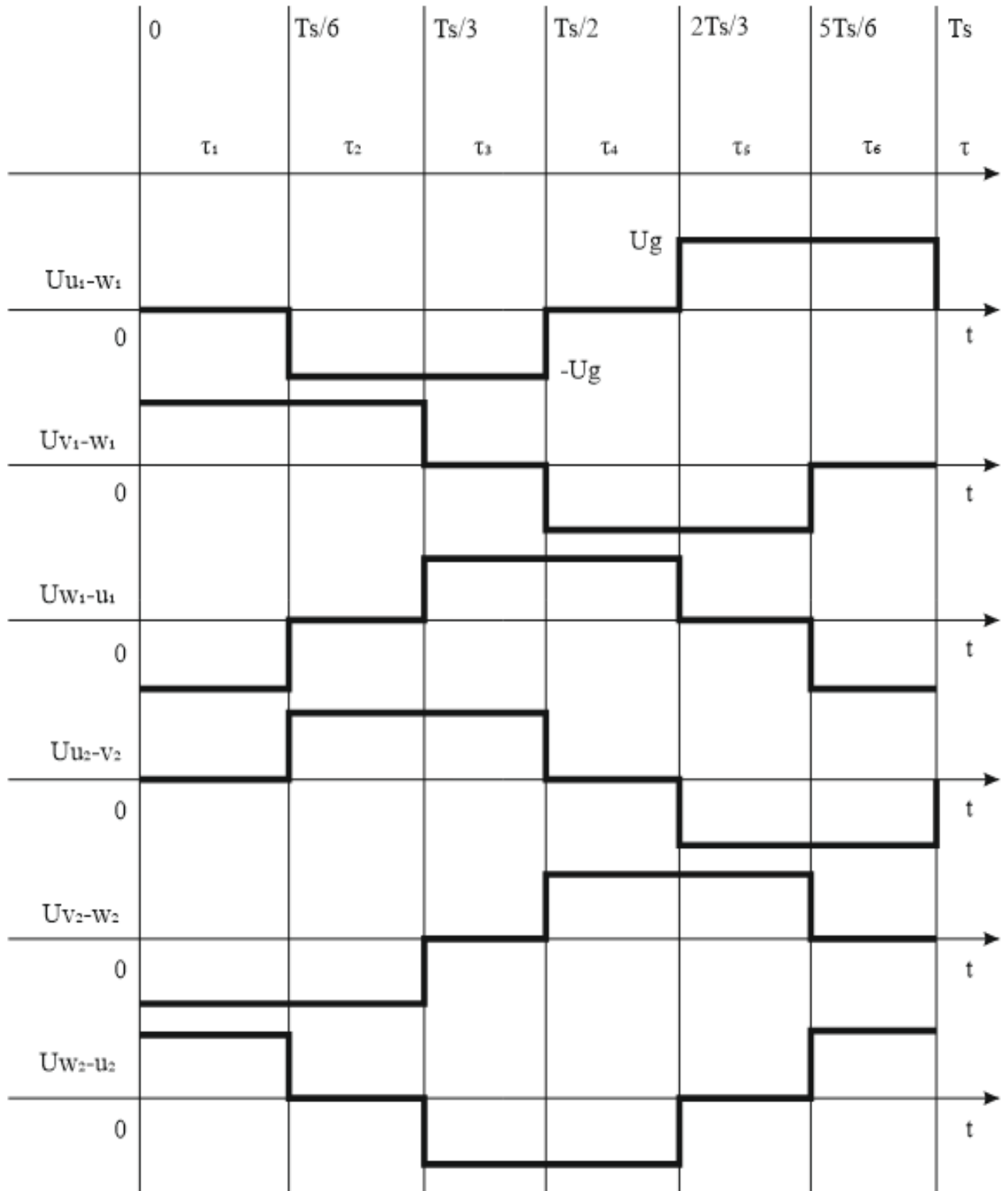


Рис. 2.8 Алгоритми керування тяговим електромеханічним комплексом із джерелами автономного живлення

Відповідно до характерних алгоритмів роботи ключових елементів інверторної групи перетворювача складемо характеристику для роботи електромеханічного комплексу транспортного засобу із джерелами автономного живлення.

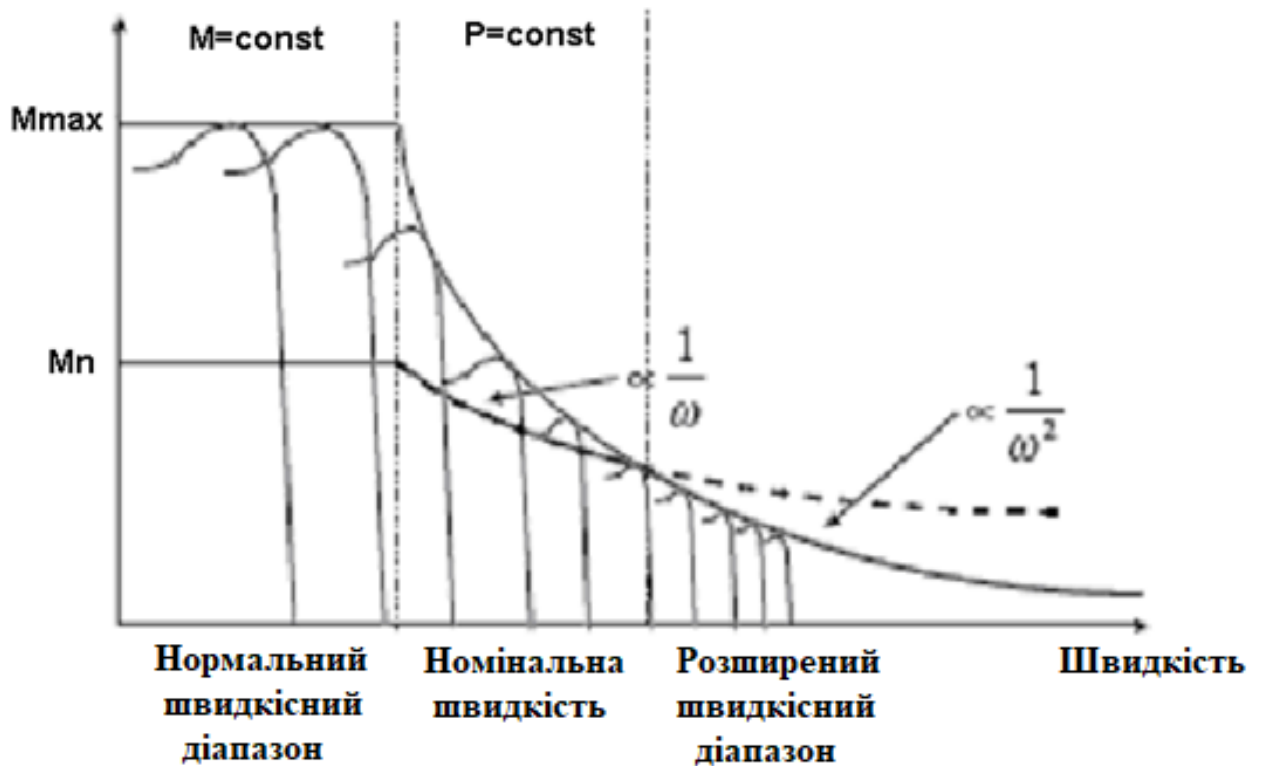


Рис. 2.9 Режими роботи тягового електромеханічного комплексу із джерелами автономного живлення

Розділ 3. Дослідження алгоритму векторного керування автономним інвертором напруги у системі тягового електроприводу змінного струму

3.1. Аналіз алгоритмів векторного керування автономним інвертором напруги у системі тягового електроприводу змінного струму

Структура моделі тягового електромеханічного комплексу із джерелами автономного живлення може бути представлена багаторівневою моделлю, що складається з ключових елементів у різному їх компонуванні у середині перетворювача.

Наведемо найбільш поширені приклади компонування ключових елементів моделі інверторної групи для потреб електричної тяги з асинхронними двигунами.

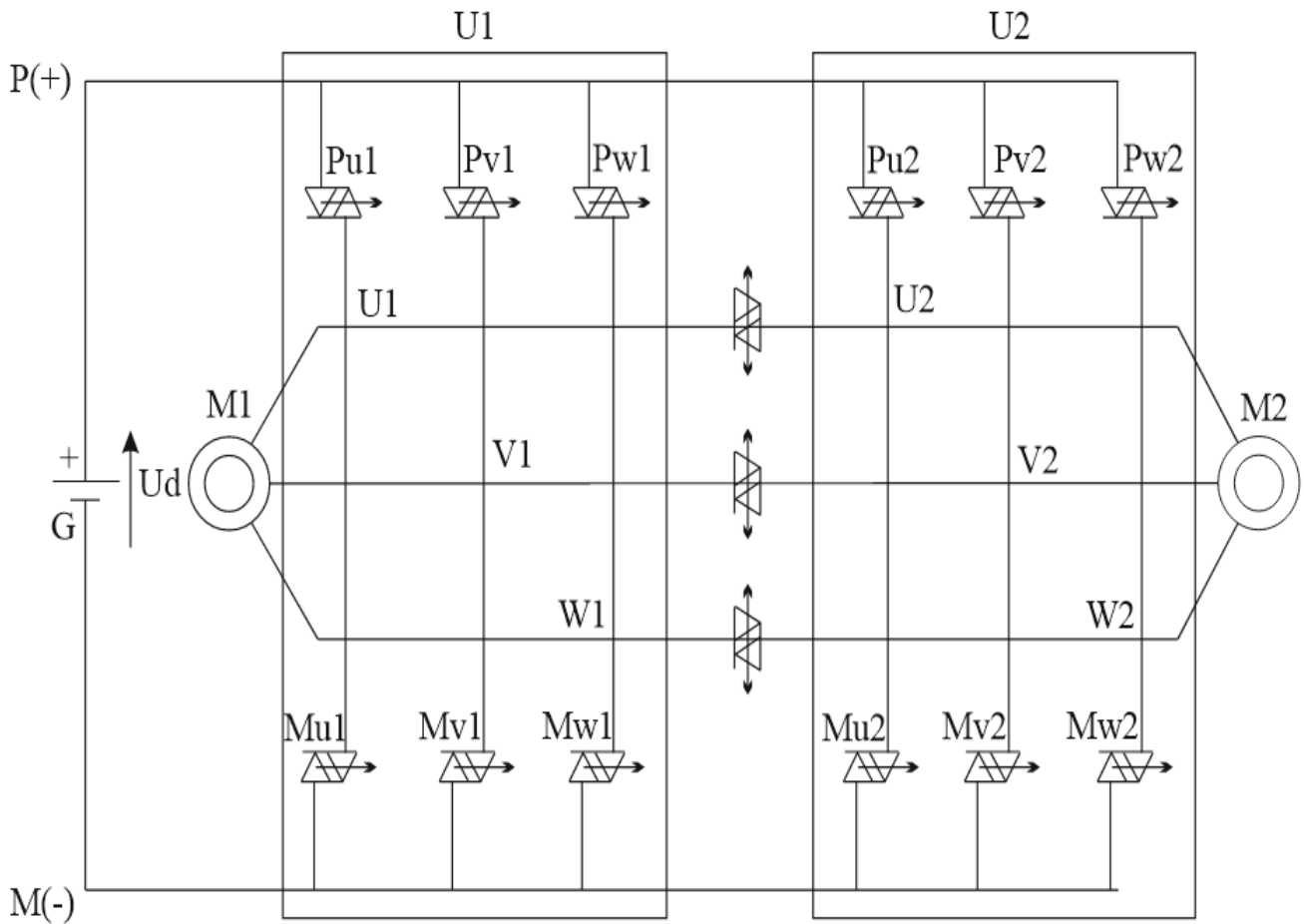


Рис. 3.1 Структура моделі тягового електромеханічного комплексу із джерелами автономного живлення що представлена багаторівневою моделлю, що складається з ключових елементів у різному їх компонуванні у середині перетворювача

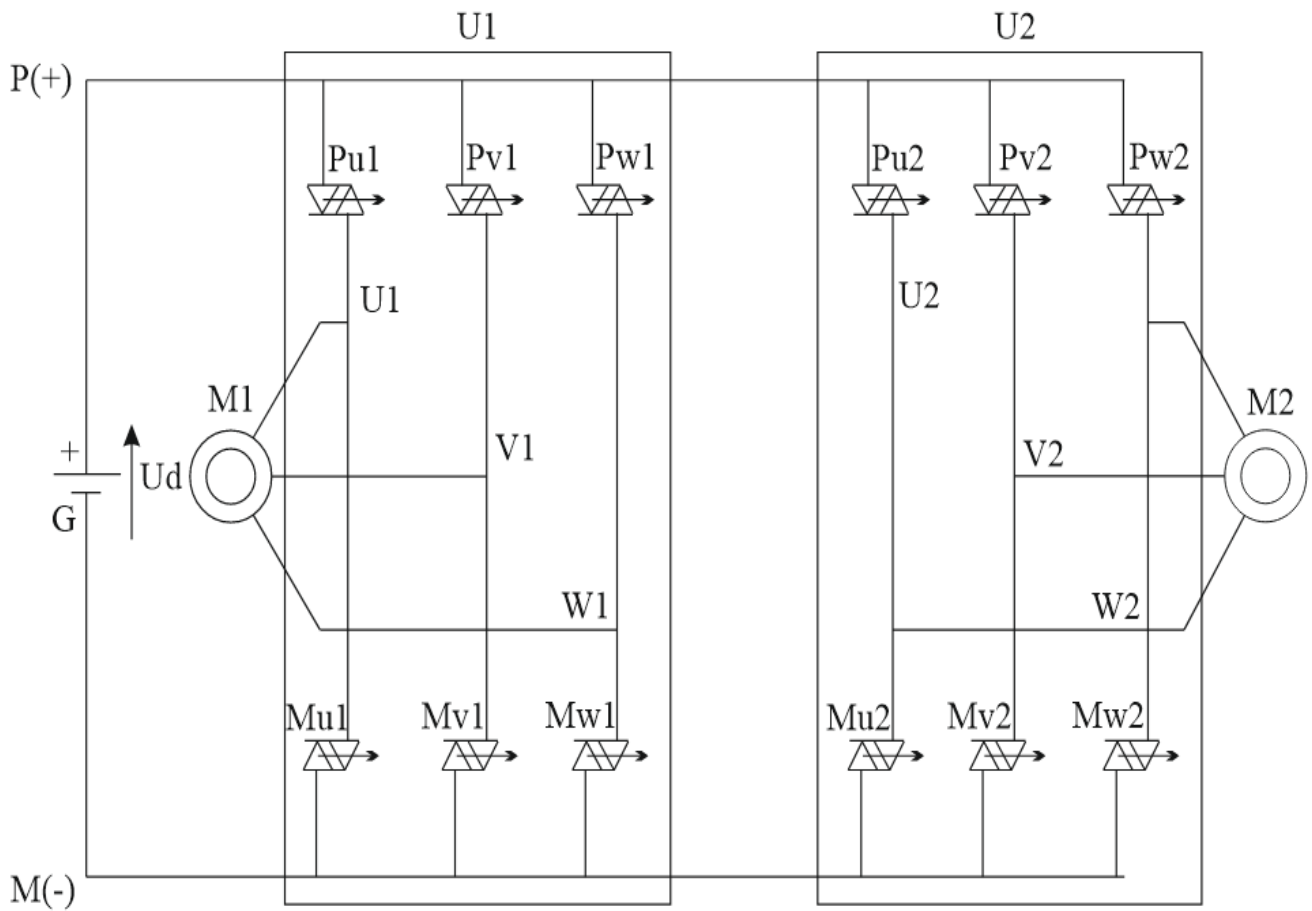


Рис. 3.2 Структура моделі тягового електромеханічного комплексу із джерелами автономного живлення що представлена багаторівневою моделлю, що складається з ключових елементів у різному їх компонуванні у середині перетворювача

3.2. Комп'ютерна модель векторного керування автономним інвертором напруги у системі тягового електроприводу змінного струму

Розглянемо більш детально структуру моделі тягового електромеханічного комплексу із джерелами автономного живлення що представлена багаторівневою моделлю, що складається з ключових елементів у різному їх компонуванні у середині перетворювача.

Представимо окремі блоки моделі, що виконують відповідні функції розрахунку характеристик, перетворення координат та візуалізації процесів у електроприводі.

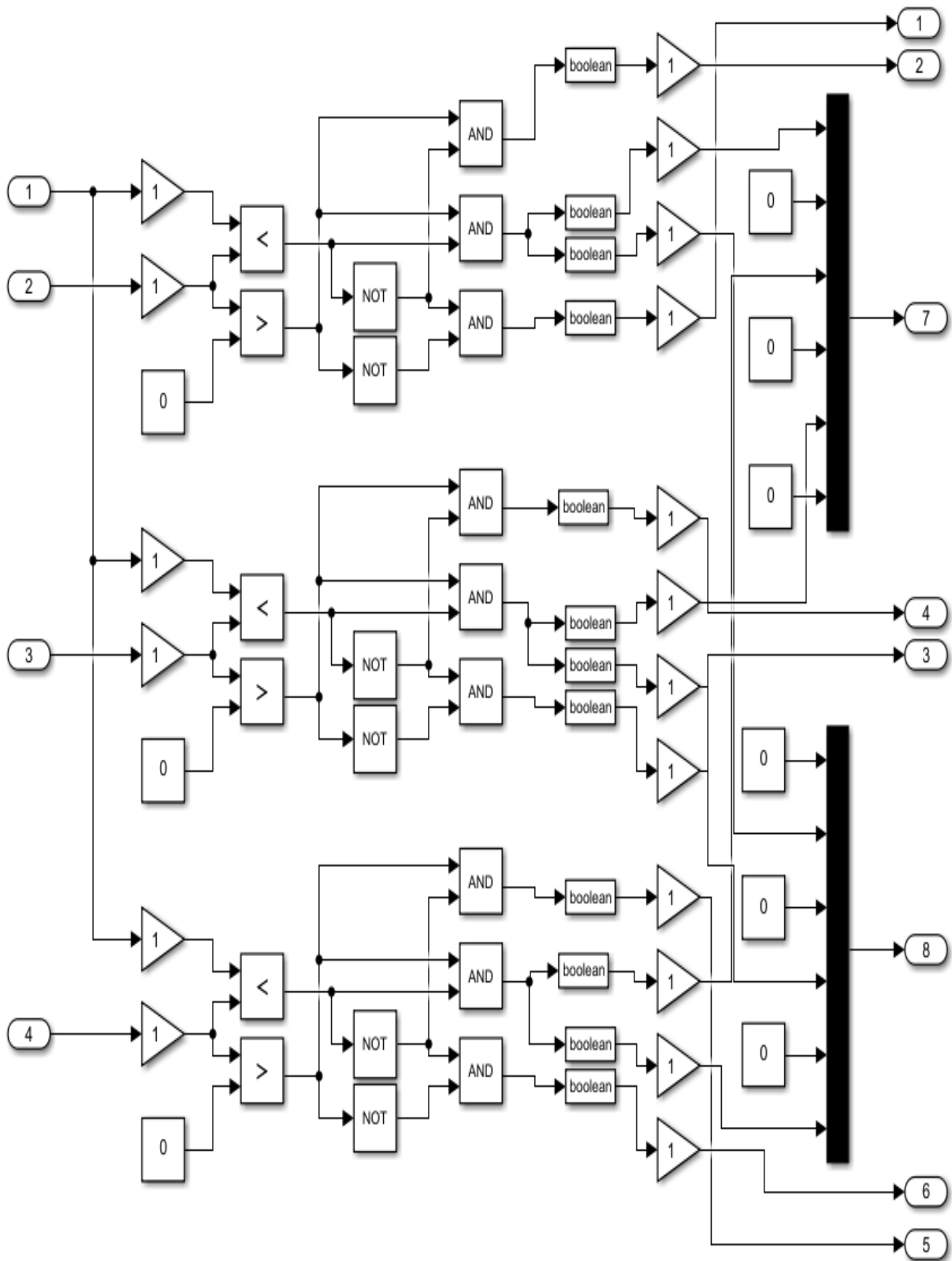


Рис. 3.3 Структура блоку моделі тягового електромеханічного комплексу із джерелами автономного живлення, що виконує відповідні функції розрахунку характеристик та процесів у електроприводі

Представимо графіки перехідних процесів, що отримані відповідно до структури моделі тягового електромеханічного комплексу із джерелами автономного живлення.

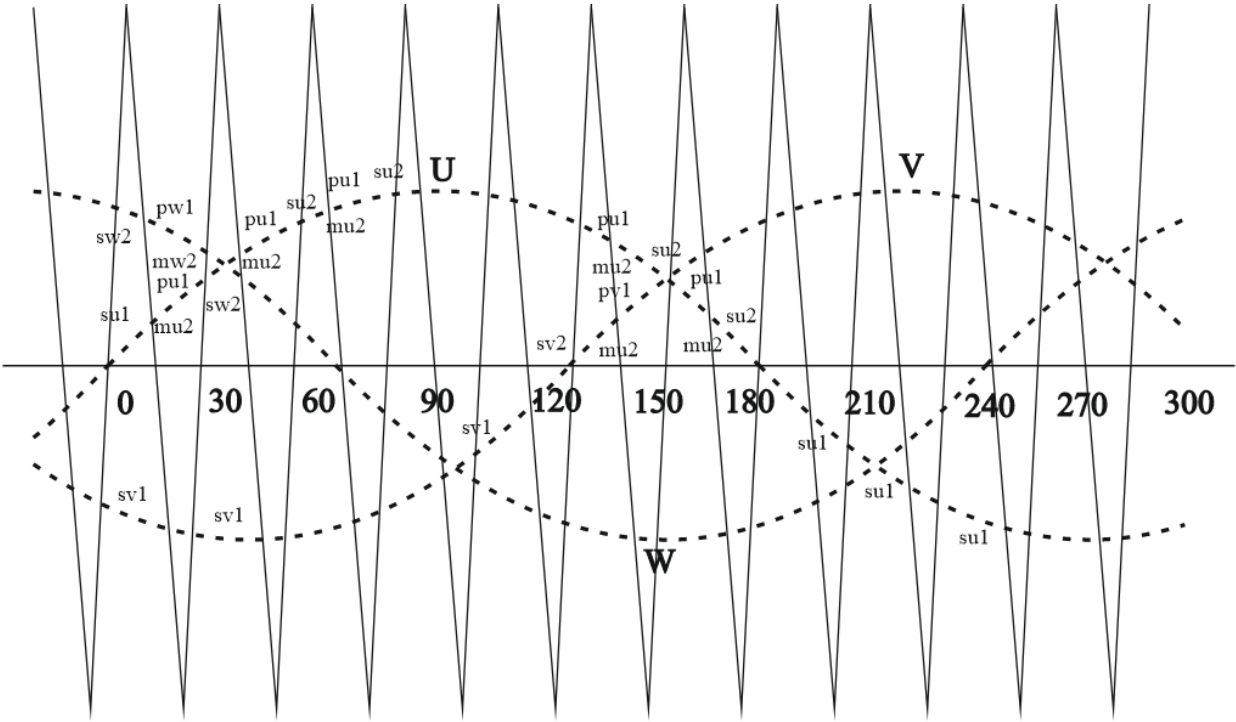


Рис. 3.4 Графіки перехідних процесів, що отримані відповідно до структури моделі тягового електромеханічного комплексу із джерелами автономного живлення

Наведемо інші складові блоків моделі тягового електромеханічного комплексу із джерелами автономного живлення.

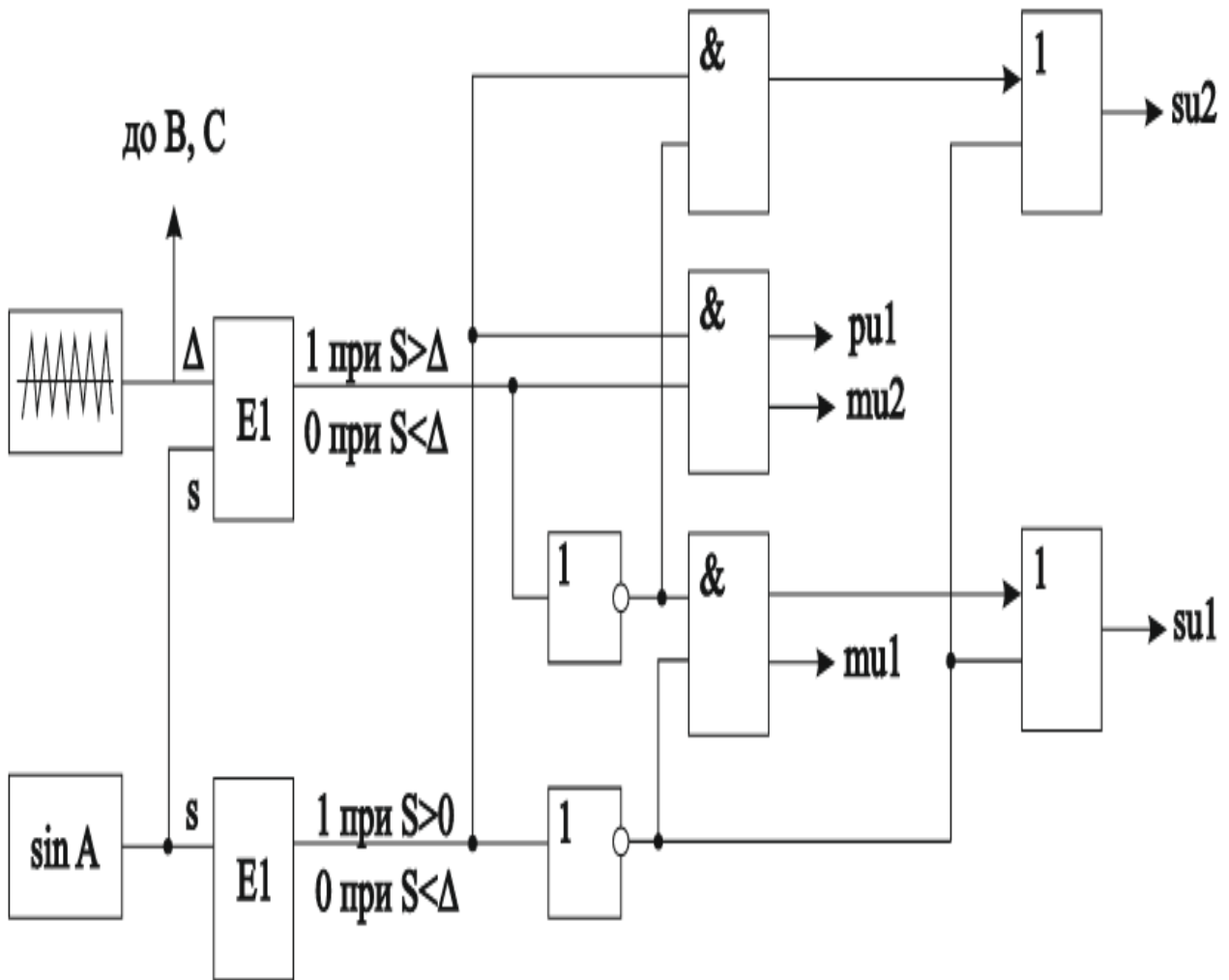


Рис. 3.5 Структура блоку моделі тягового електромеханічного комплексу із джерелами автономного живлення, що виконує відповідні функції перетворення характеристик та процесів у електроприводі

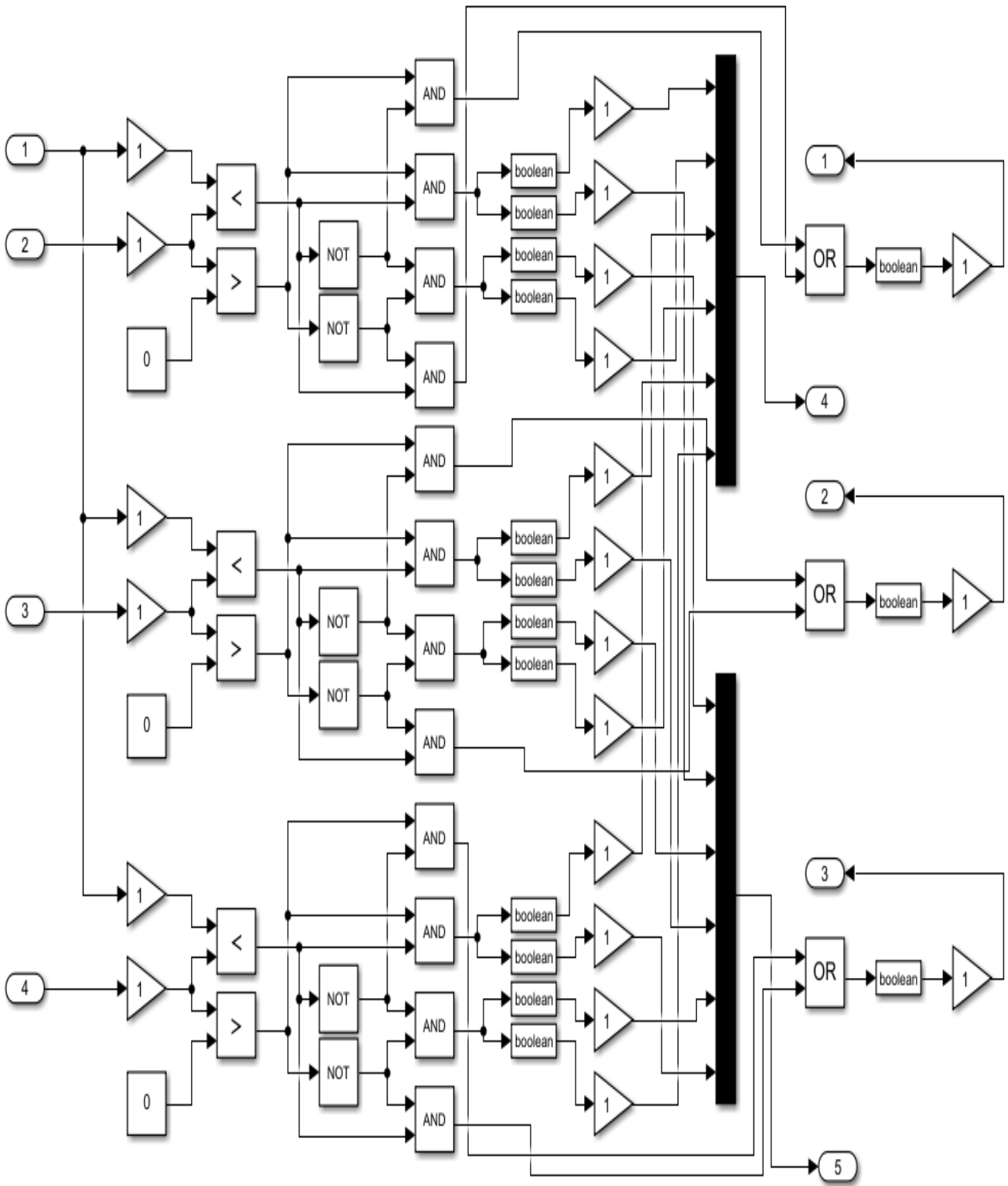


Рис. 3.6 Структура блоку моделі тягового електромеханічного комплексу із джерелами автономного живлення, що виконує відповідні функції розрахунку характеристик та процесів у електроприводі

Представимо графіки перехідних процесів, що отримані відповідно до структури моделі тягового електромеханічного комплексу із джерелами автономного живлення.

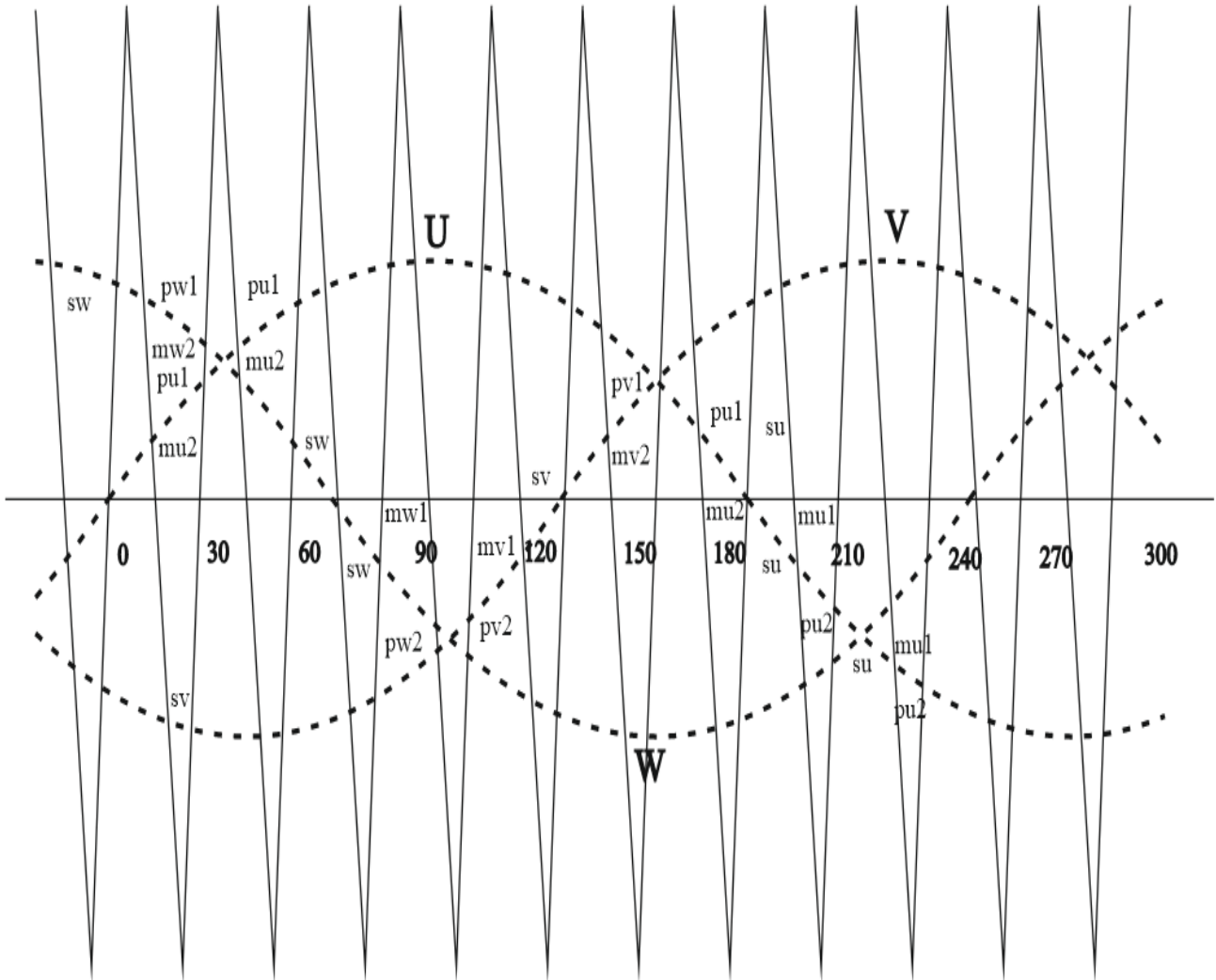


Рис. 3.7 Графіки перехідних процесів, що отримані відповідно до структури моделі тягового електромеханічного комплексу із джерелами автономного живлення

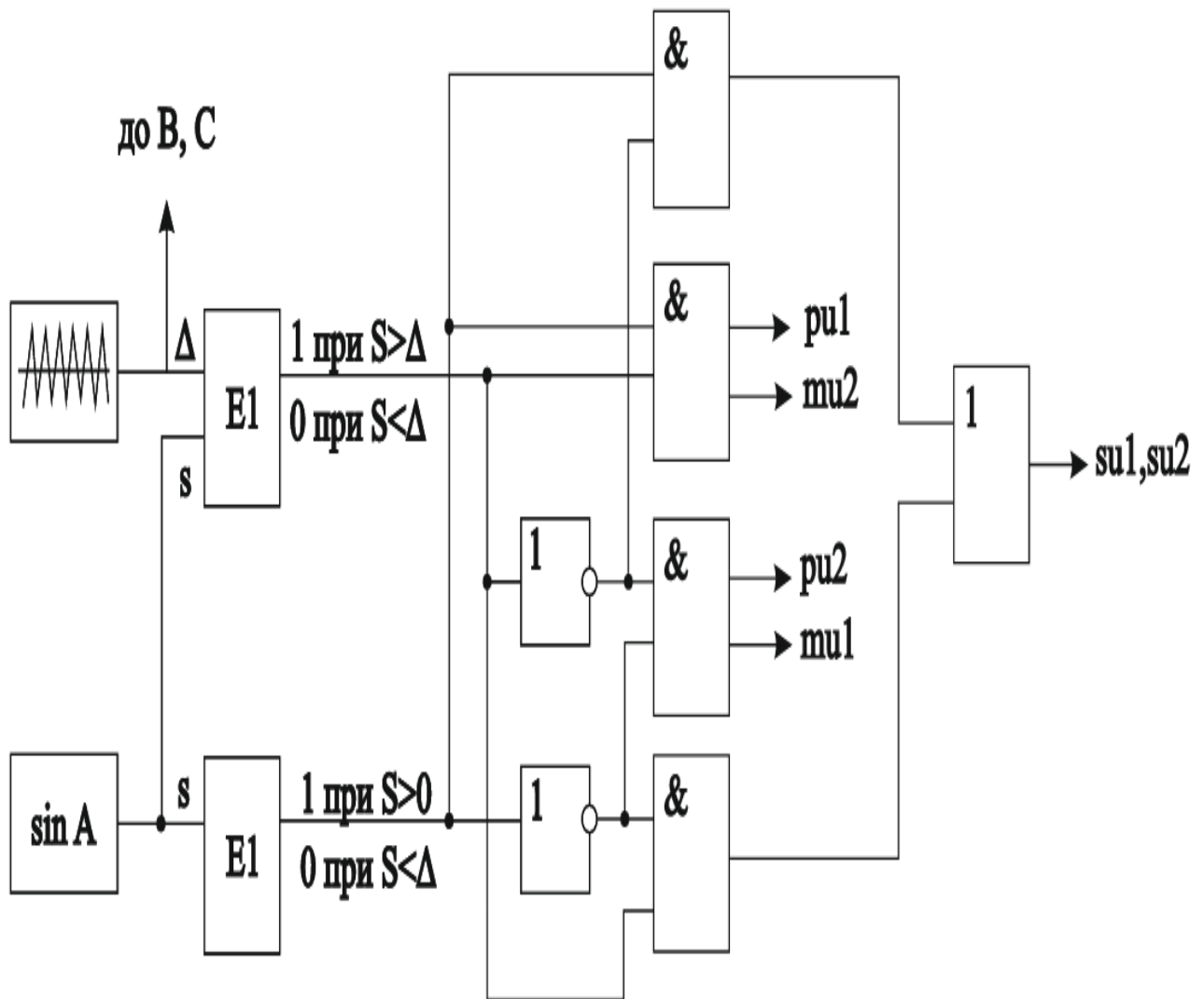


Рис. 3.8 Структура блоку моделі тягового електромеханічного комплексу із джерелами автономного живлення, що виконує відповідні функції візуалізації характеристик та процесів у електроприводі

Розглянемо фізичну модель тягового електромеханічного комплексу із джерелами автономного живлення, що виконує відповідні функції керування характеристиками процесів у електроприводі.

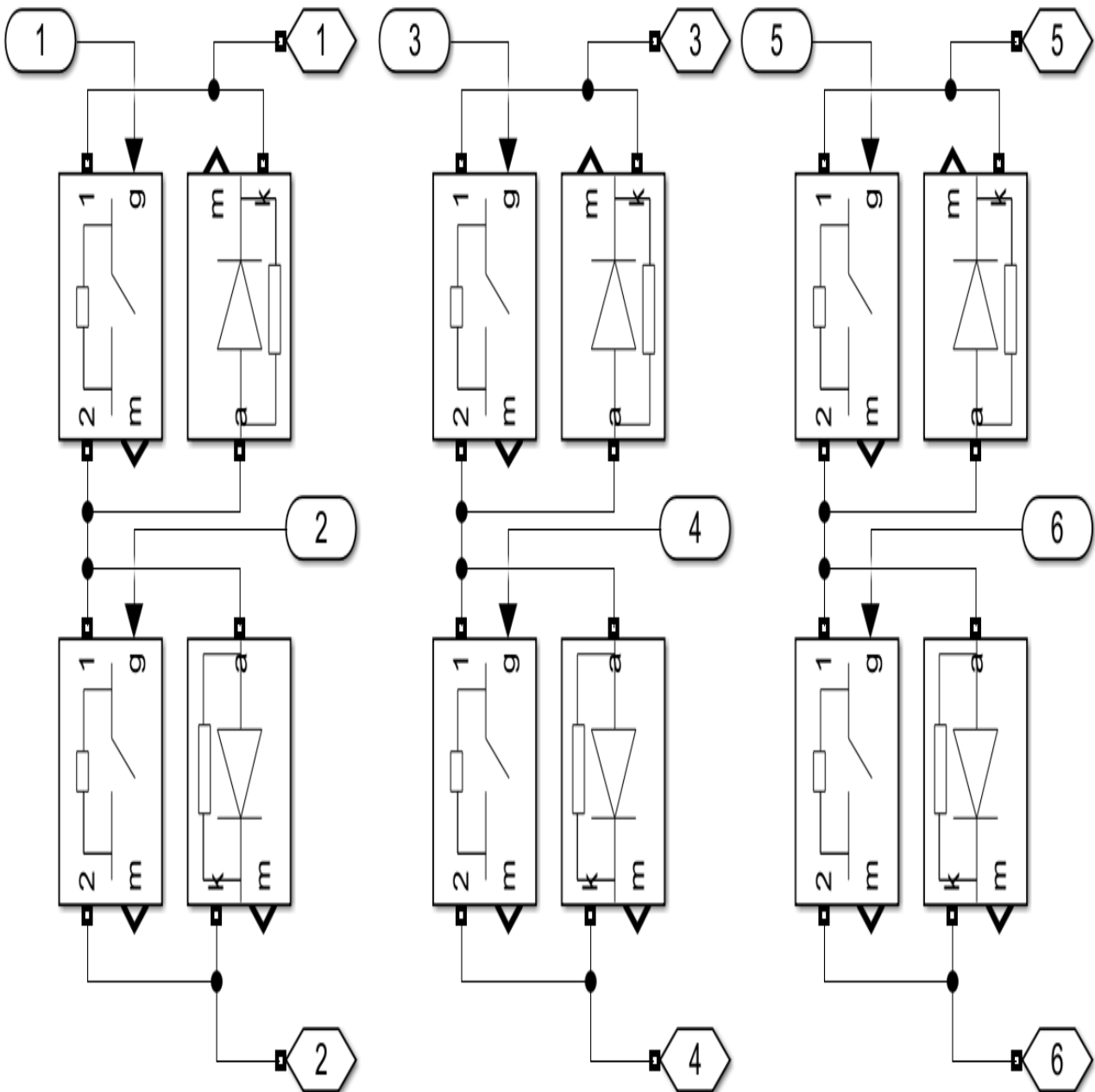


Рис. 3.9 Структура блоку моделі тягового електромеханічного комплексу із джерелами автономного живлення, що виконує відповідні функції керування характеристиками процесів у електроприводі

3.3. Параметри моделі векторного керування автономним інвертором напруги у системі тягового електроприводу змінного струму

Проведемо аналіз структури блоків моделі тягового електромеханічного комплексу із джерелами автономного живлення, та виконаємо побудову відповідних функцій керування та характеристик процесів у електроприводі.

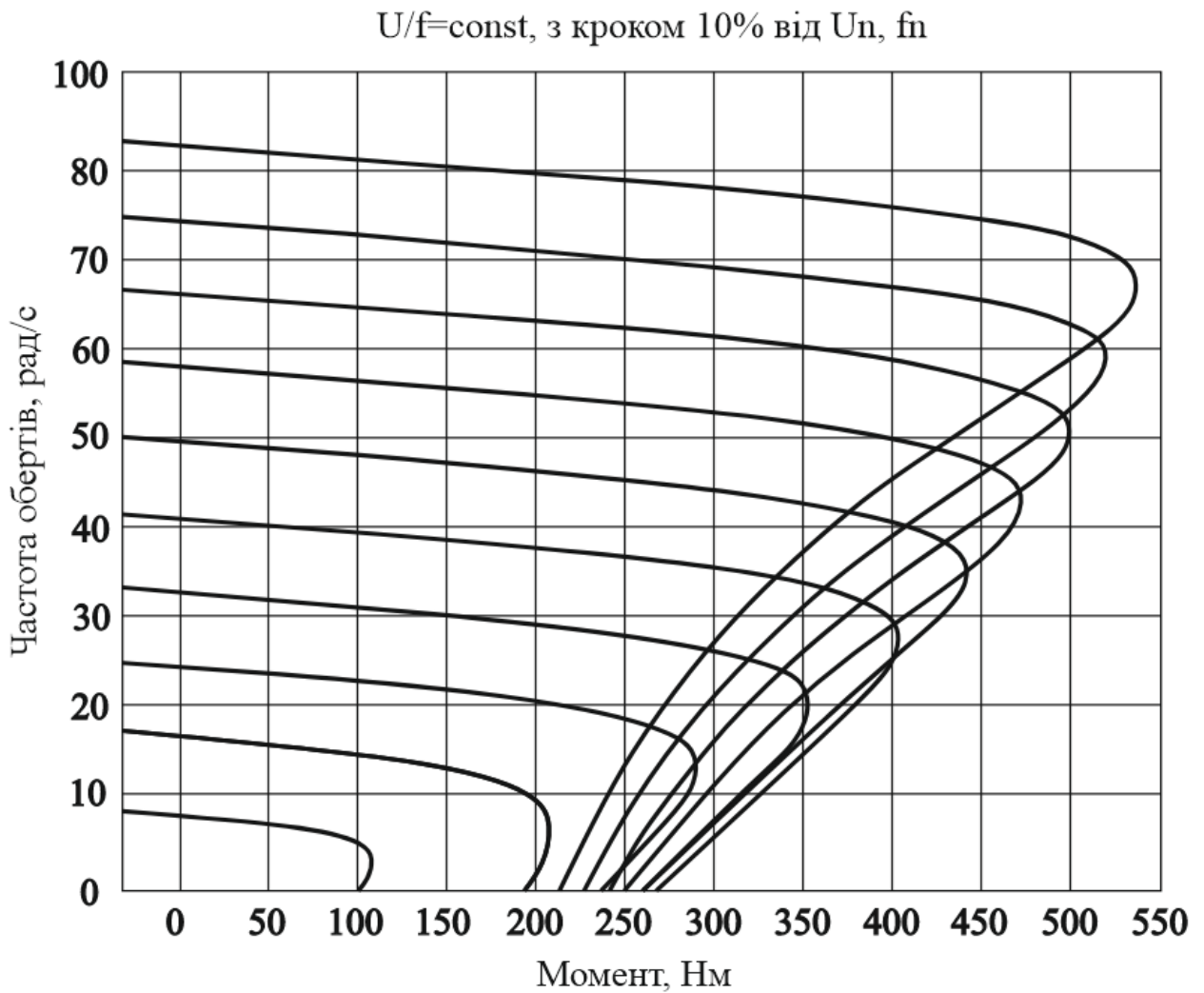


Рис. 3.10 Графіки характеристик, що отримані відповідно до структури моделі тягового електромеханічного комплексу із джерелами автономного живлення

Проведемо аналіз структури блоків моделі тягового електромеханічного комплексу із джерелами автономного живлення, та виконаємо побудову відповідних графіків перехідних процесів у електроприводі при різних варіантах відповідності його характеристик та режимів роботи.

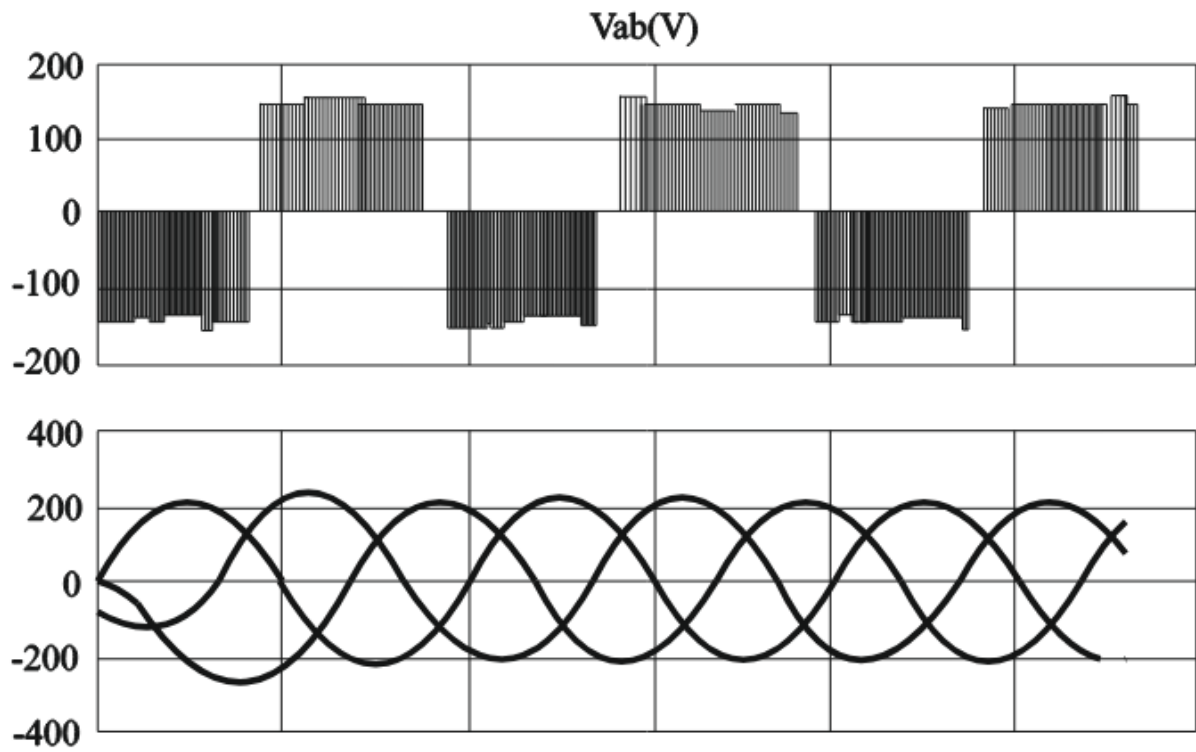


Рис. 3.11 Графіки перехідних процесів, що отримані відповідно до структури моделі тягового електромеханічного комплексу із джерелами автономного живлення

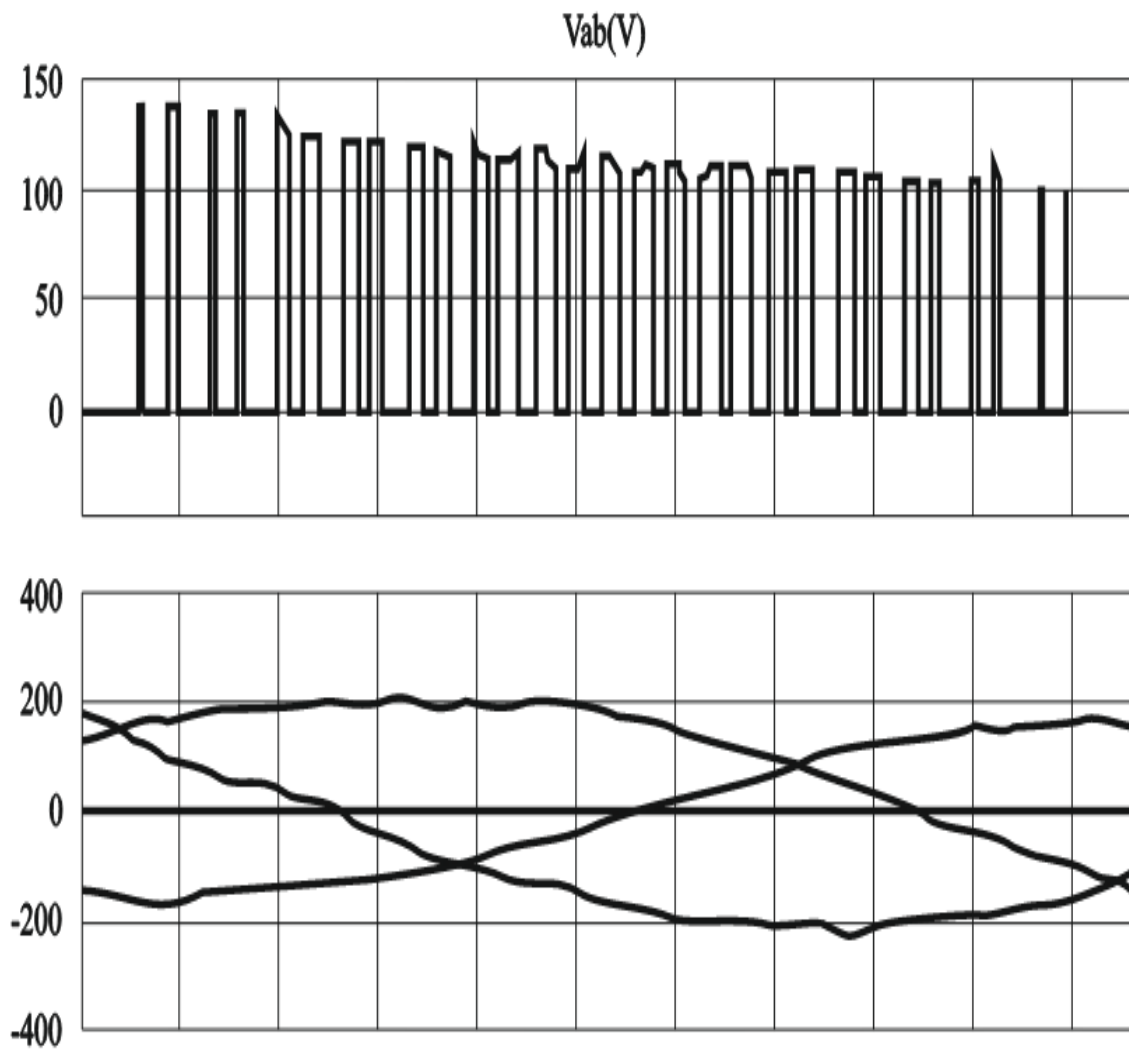


Рис. 3.12 Графіки перехідних процесів, що отримані відповідно до структури моделі тягового електромеханічного комплексу із джерелами автономного живлення

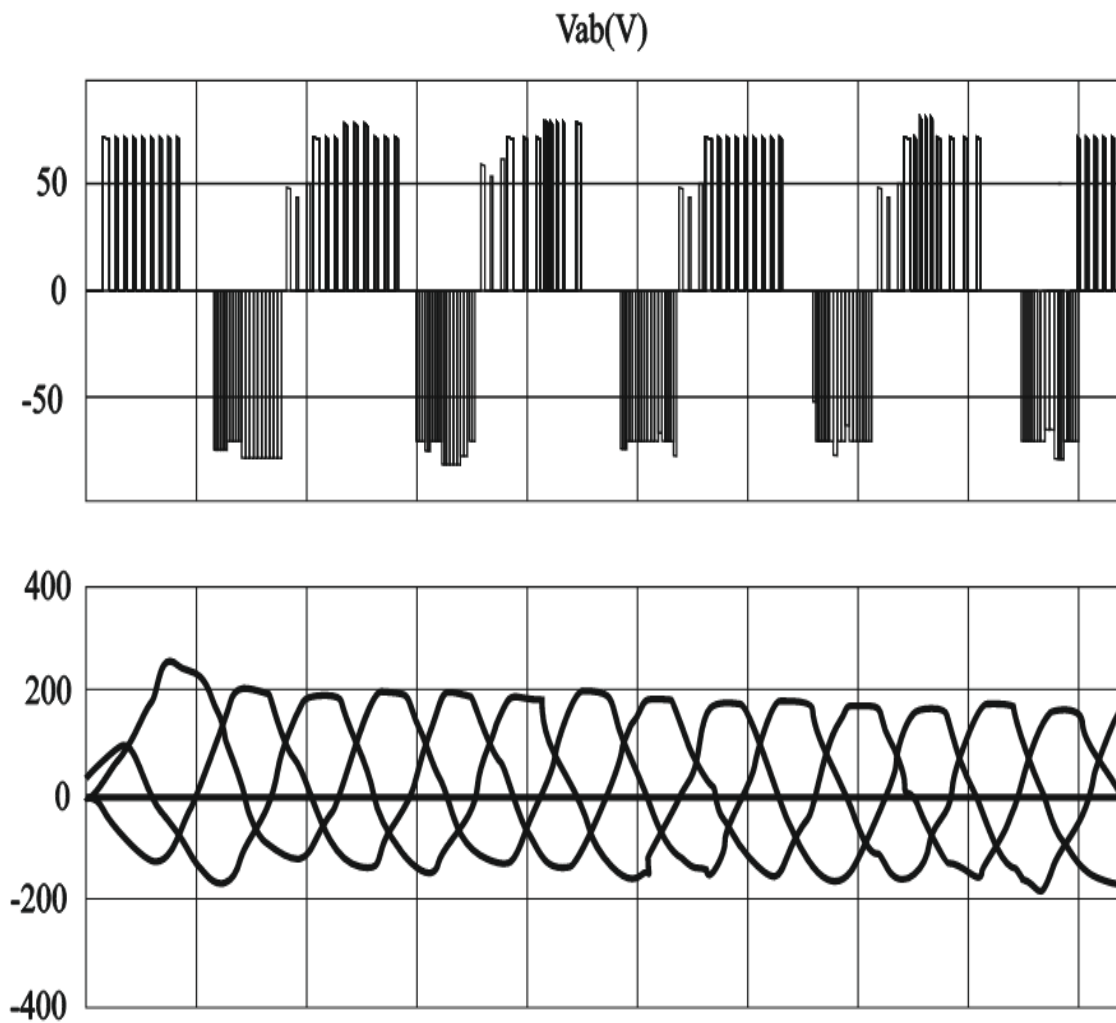


Рис. 3.13 Графіки перехідних процесів, що отримані відповідно до структури моделі тягового електромеханічного комплексу із джерелами автономного живлення

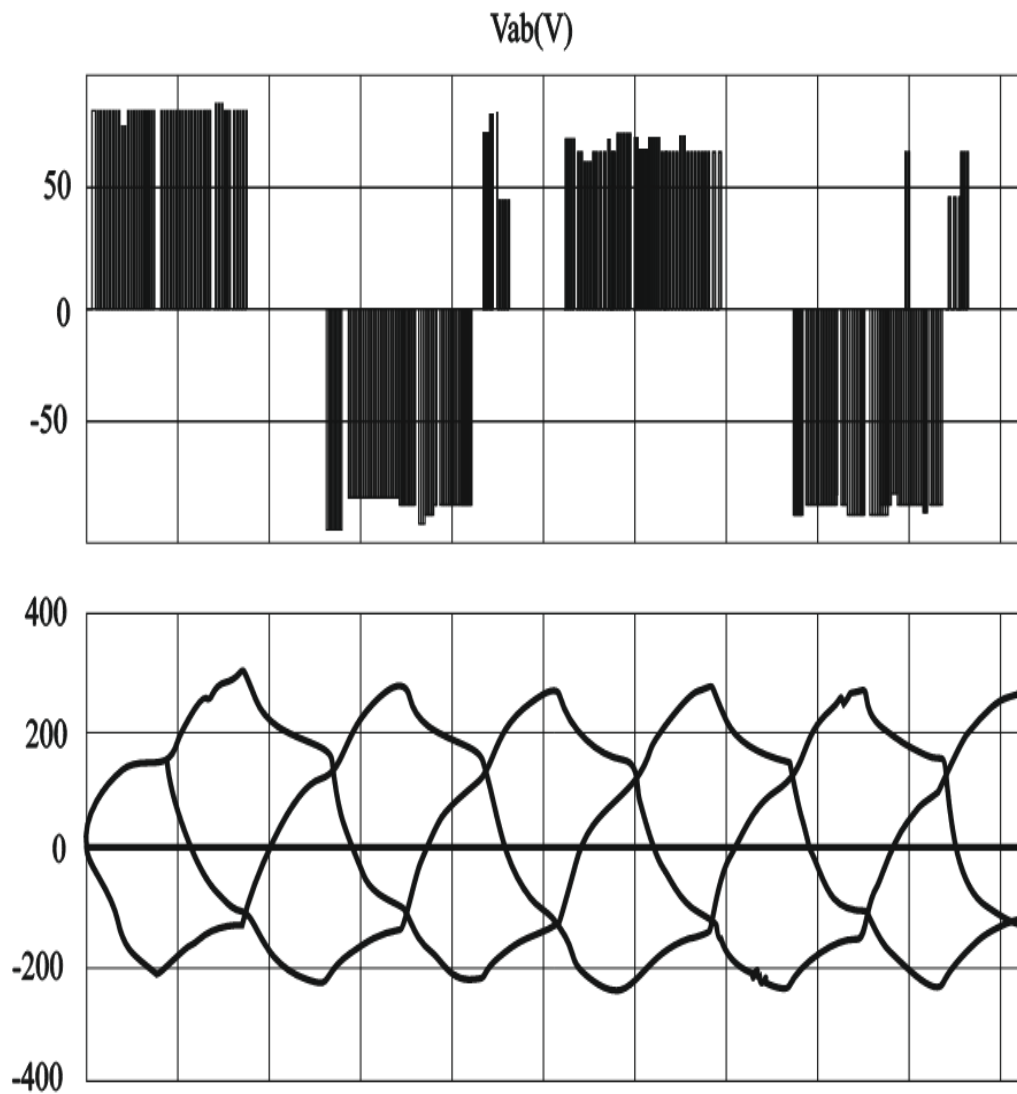


Рис. 3.14 Графіки перехідних процесів, що отримані відповідно до структури моделі тягового електромеханічного комплексу із джерелами автономного живлення

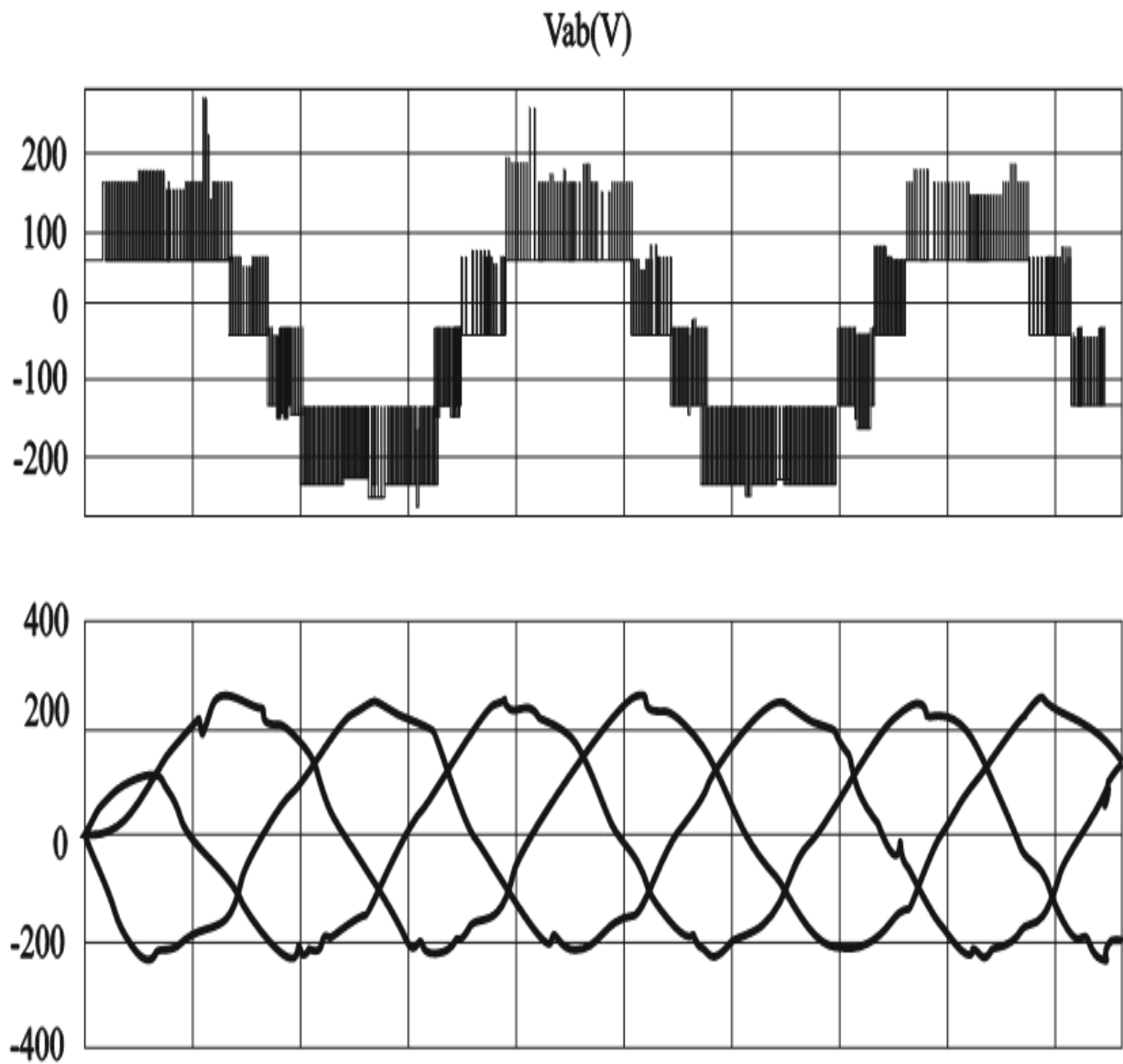


Рис. 3.15 Графіки перехідних процесів, що отримані відповідно до структури моделі тягового електромеханічного комплексу із джерелами автономного живлення

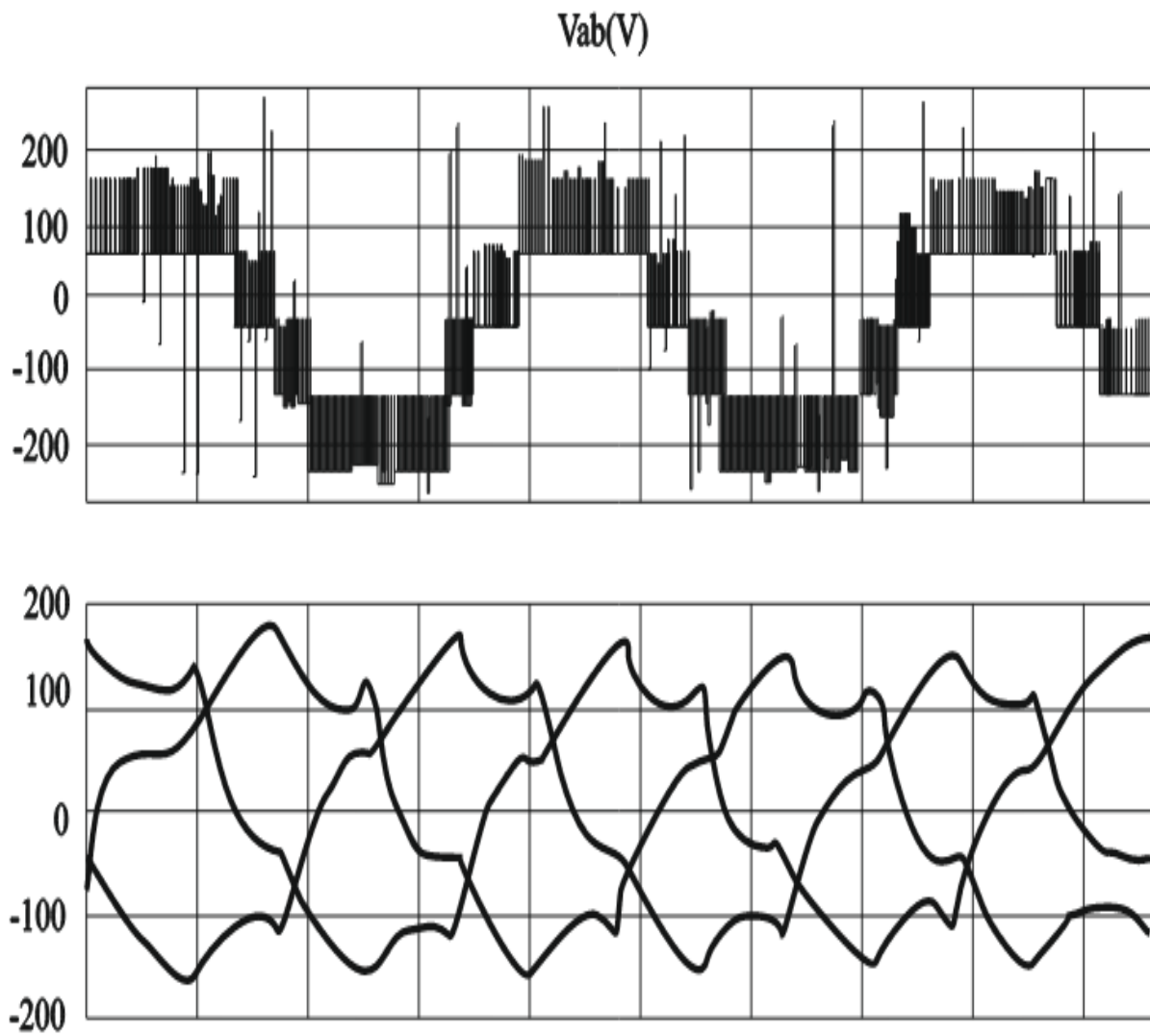


Рис. 3.16 Графіки перехідних процесів, що отримані відповідно до структури моделі тягового електромеханічного комплексу із джерелами автономного живлення

Висновки

У роботі досліджено алгоритми векторного керування автономним інвертором напруги у системі тягового електроприводу змінного струму.

В першому розділі проаналізовано систему тягового електроприводу змінного струму.

На основі аналізу обрано структуру керування автономним інвертором напруги у системі тягового електроприводу змінного струму.

У другому розділі розроблено структуру системи керування автономним інвертором напруги для системи тягового електроприводу змінного струму, а також алгоритми векторного керування автономним інвертором.

У третьому розділі досліджено режими роботи системи тягового електроприводу змінного струму при здійсненні векторного керування автономним інвертором напруги.

Синтез моделі здійснювався з використанням методу найменших квадратів.