

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
КОНОТОПСЬКИЙ ІНСТИТУТ

Кафедра електронних
приладів і автоматики

Кваліфікаційна робота бакалавра
Комп'ютеризоване керування приводом в функції часу

студента гр. ЕП-61

Е.С.Концедал

Науковий керівник,

ст. викладач, к.т.н.

В.І.Васильєв

Нормоконтроль,

ст. викладач, к.т.н.

О.Д. Динник

Конотоп 2020

РЕФЕРАТ

Об'єктом дослідження кваліфікаційної роботи бакалавра є комп'ютеризованні системи керування технічними системами і процесами.

Мета роботи полягає у дослідженні можливостей створення комп'ютеризованих систем керування електроприводами і процесами, програмно, в функції часу. При цьому комп'ютер використовується через інтерфейси в якості керуючого контролеру.

При виконанні роботи використовувалися методи математичного аналізу, комп'ютерного моделювання електронних схем для пристроїв сполучення, а також моделювалися методи керування зовнішніми пристроями комп'ютеризованої системи.

У результаті проведених досліджень встановлено, що для керування рядом технологічних процесів, зокрема, програмне керування приводом, технологічним процесом в функції часу можна використати паралельні і послідовні інтерфейси з відповідними пристроями сполучення (з ЦАП, підсилювачами потужності та ін.) При цьому для керування лінійними системами схемотехнічно простіше використання паралельних інтерфейсів.

Робота викладена на 40 сторінках, у тому числі включає 52 рисунків, таблиць, список цитованої літератури із 26 джерел.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: ЕЛЕКТРОПРИВОД ПОСТІЙНОГО СТРУМУ, КОМП'ЮТЕРИЗОВАНА СИСТЕМА, ІНТЕРФЕЙС, ПРОГРАМНЕ КЕРУВАННЯ, ЦИФРО-АНАЛОГОВИЙ ПЕРЕТВОРЮВАЧ, ЕМІТЕРНИЙ ПОВТОРЮВАЧ, LPT-ПОРТ, СОМ-ПОРТ.

ЗМІСТ

	с.
ВСТУП.....	1
РОЗДІЛ 1 Системи електроприводу постійного струму	2
1.1 Розомкнуті	2
1.1.1 Автоматичне управління в функції часу.....	2
1.1.2 Автоматичне управління в функції швидкості.....	5
РОЗДІЛ 2 Замкнуті нереверсивні.....	7
1.2.1 Тиристорні електроприводи.....	12
1.2.2 Транзисторні електроприводи.....	12
РОЗДІЛ 3 Замкнуті реверсивні	25
1.3.1 Тиристорні електроприводи зі спільним управлінням за нульовою схемою включення.....	25
1.3.2 Тиристорні електроприводи з роздільним керуванням.....	32

ВСТУП

Комп'ютерні технології міцно закріпилися у вищій школі і широко використовуються не тільки для оформлення текстової та графічних частин навчальних робіт, а й для вивчення і дослідження складних систем і процесів. Цілком очевидно, що якість підготовки фахівців в прямій мірою залежить від застосовуваного різноманіття форм і методів акредитуючої навчального матеріалу. Натурне изуче- ня і дослідження остається кращою формою підготовки, але не може бути забезпечено в повній мірі, особливо при вивченні спе- ціальних дисциплін.

Мета роботи полягає в наданні можливості вивчення, проектування і дослідження елементів автоматизованого електро-привода постійного і змінного струму і електроприводів в цілому із застосуванням програмного продукту Matlab 7.0.1 (Simulink). Відрізни- котельної особливістю є надання розроблених моделей в Simulink елементів і приводів постійного і змінного струму. Студент має можливість приступити до вивчення інтересного приводу на основі пропонованих моделей, попередньо вивести необхідні для проектування дослідження і виконати розробтку усвідомлено на високому технічному рівні. Так як при розроблення моделей більшість використовуваних елементів з бібліотеки Simulink модернізовані, то пропоновані моделі в посібнику работоздатні тільки в Matlab 7.0.1.

РОЗДІЛ 1

Електроприводи постійного струму

1.1 Розірвані

1.1.1 Автоматичне управління в функції часу

Двигун паралельного збудження 25кВт, 220В, 420обмін, $I_{я.н} = 120А$, $J_{я} = 6кгм^2$ пускається раз в зміну при трьохсменной роботі. Статичний момент і момент інерції, приведені до валу двигуна, рівні $M_c = 410Н \cdot м$, $J_M = 6,5кгм^2$. Двигун управляється за схемою, поданої на Рисунку 2.1

Результати расчёта пускових характеристик і інших параметрів $R_d = 0,1472Ом$; $r_1 = 0,55Ом$; $r_2 = 0,22Ом$; $M_H = 570Нм$; $\omega_H = 44 \text{ 1с}$;

$С_{ефн} = СМФ_H = 4,75$; $L_d = 0,0125Гн$. Розрахунок витримки часу реле 1PY - 1,35с; реле 2PY - 0,54с.

Схема моделі автоматического реостатного пуска в функции часу приведена на рисунке 2.2

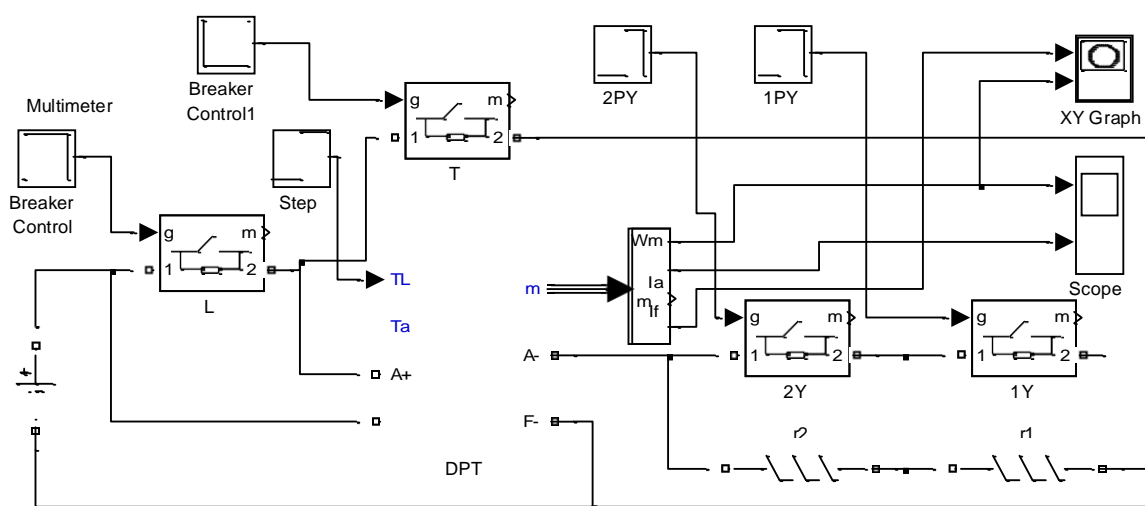


Рисунок 2.2 - Схема моделі приводу постійного струму з автоматичним управлінням в функції часу (Fig2_2)

У моделі використовується модернізована модель двигуна постійного струму DPT, що міститься у файлі Fig1_25. Так як параметри обмотки збудження не наведено, то обмотку збудження представ ляем опором 220ом з живленням від джерела 220В. При струмі збудження 1А параметр

двигуна L_{af} дорівнює постійної $C_{e\Phi n} = C_{M\Phi n}$, значення якої визначено. Блок Step задає реактивний момент з-спротиву в 410Нм.

Інтерфейсна шина m на чотири виходи дозволяє реєструвати частоту обертання ω_m , ток обмотки якоря двигуна I_a , ток обмотки збудження двигуна I_f і момент двигуна T_e .

Ідеальні ключі моделюють роботу контакторів L, T, 2Y і 1Y і управляються блоками Breaker Control, в які вноситься програма стану ключа в функції часу (рисунок 2.3).

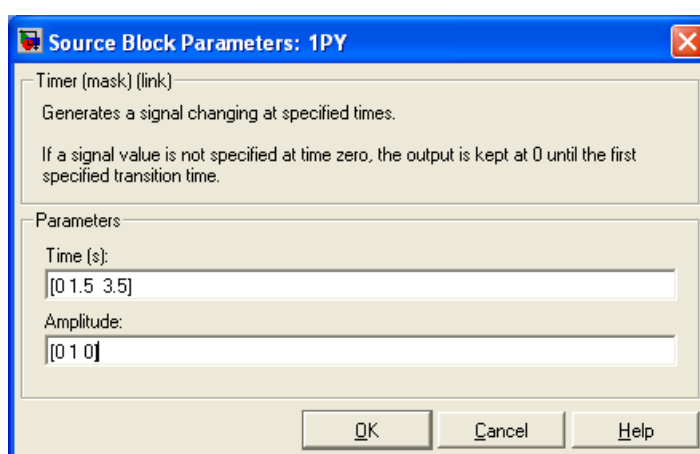


Рисунок 2.3 - Програма управління ключем 1Y

На Рисунку 2.3 показано вікно настройки блоку Breaker Control для управління ключем 1Y. У проміжку 0 ... 1,5с контакт 1Y розімкнута (0,15с - час спрацьовування контактора L і плюс час витримки реле 1PY - 1,35с). У проміжку 1,5с ... 3,5с контакт 1Y замкнутий, при часу більш 3,5с контакт розімкнений. Схема моделі забезпечує автоматичному ський пуск в функції часу, так само передбачається динамічне гальмування при виключенні приводу. На тимчасовій діаграмі (рисунок 2.4) показаний процес пуску двигуна при нехтуванні індуктивністю обмотки якоря.

На Рисунку 2.5 показані механічні динамічні характеристики, побудовані по результату пуску двигуна за допомогою графобудівельника XY Graph

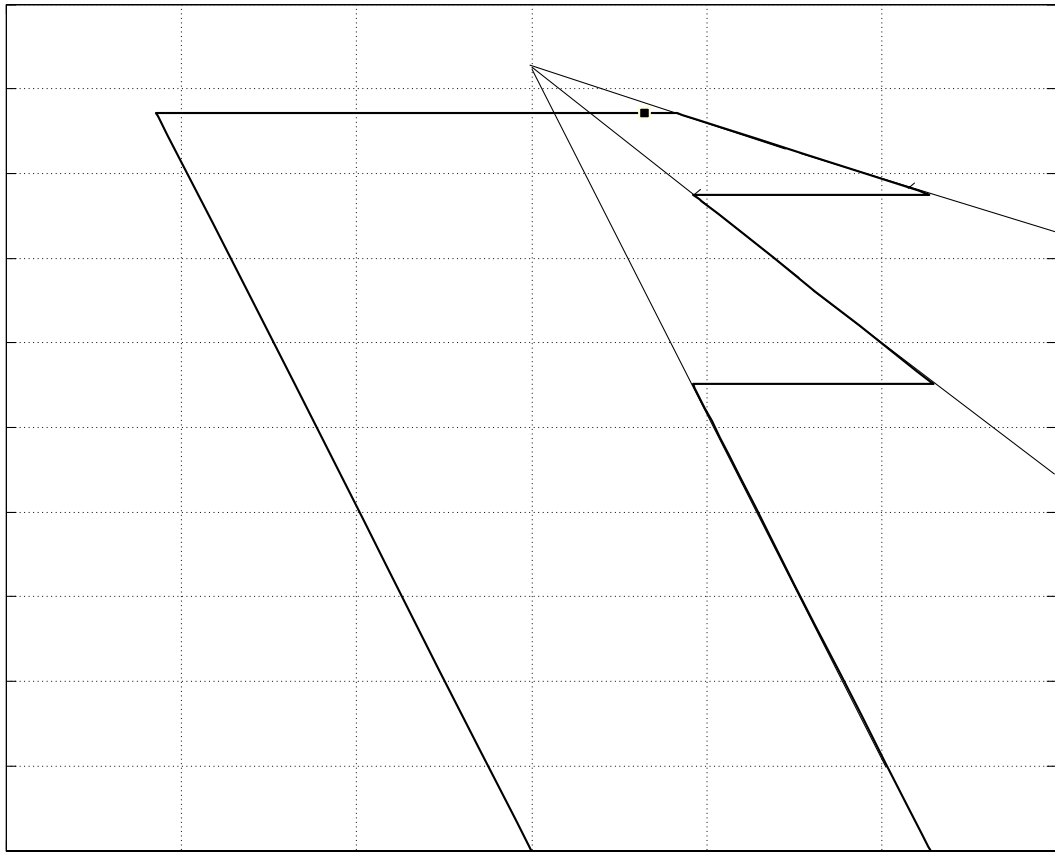
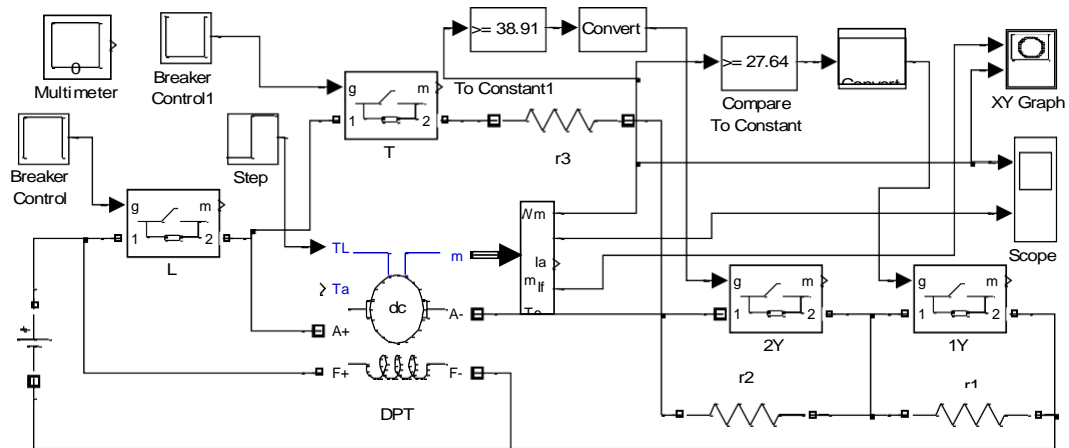


Рисунок 2.5 - Пускова діаграма (механічні характеристики)

1.1.2 Автоматичне управління в функції швидкості

На Рисунку 2.8 представлена модель реостатного пуску в функції швидкості. За основу прийнята схема приводу, показана на Рисунку 2.2, і прийняті ті ж параметри



(Fig2_8)

Контактор 1Y включается при достижении частоты оборотания $27,64 \text{ 1 / с}$, а контактор 2Y - при частоте оборотания $38,91 \text{ 1 / с}$. Тимчасові діаграми пуску збігаються з приведеними на Рисунках 2.4 і 2.6.

1.1.1 Автоматичне управління в функції струму

На Рисунку 2.9 представлена схема моделі реостатного пуску двигатель постійного струму в функції струму.

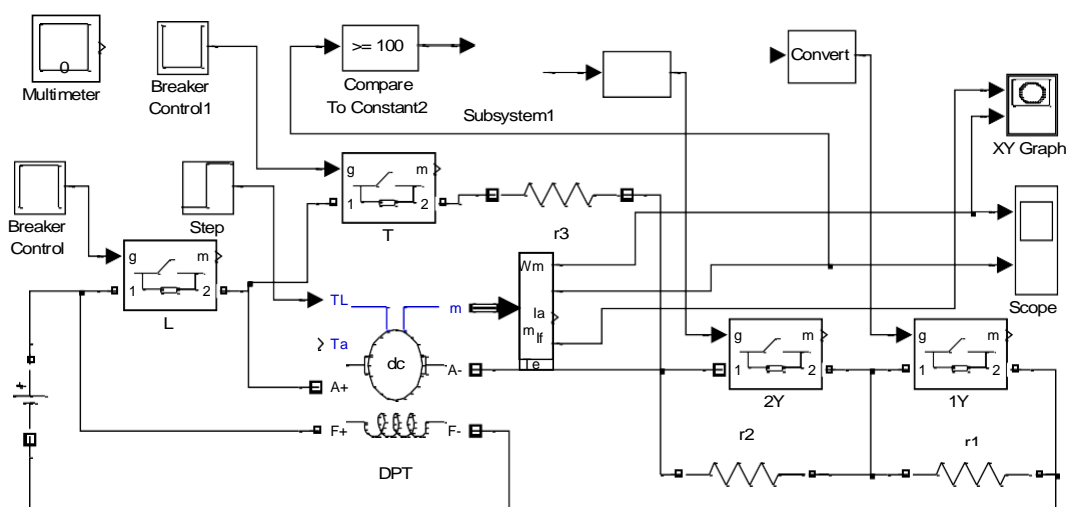


Рисунок 2.9 - Схема моделі пуску в функції струму двигуна (Fig2_9)

За основу принята схема привода, приведённая на рисунке 2.1. Управление в функции тока ведёт логическая схема, модель которой представлена на рисунке 2.10.

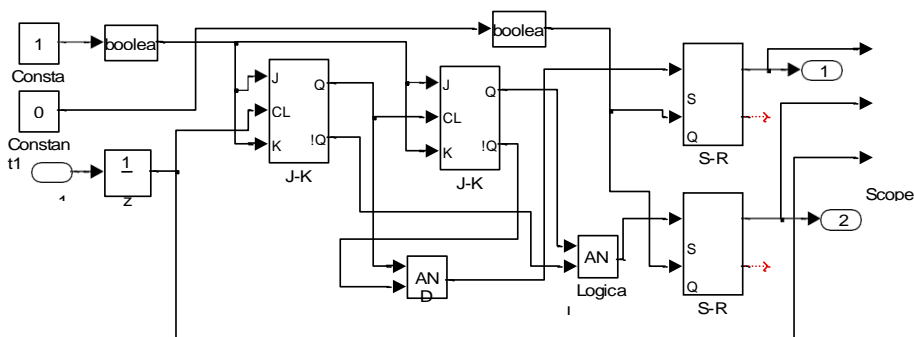


Рисунок 2.10 - Схема моделі логічного пристрою управління у функції струму двигуна (Subsystem 1)

Основним параметром настройки є струм перемикання, до якого знижується пусковий струм. Струм перемикання (100А) вводиться як параметр блоку Compare To Constant2 (див. Рисунок 2.11).

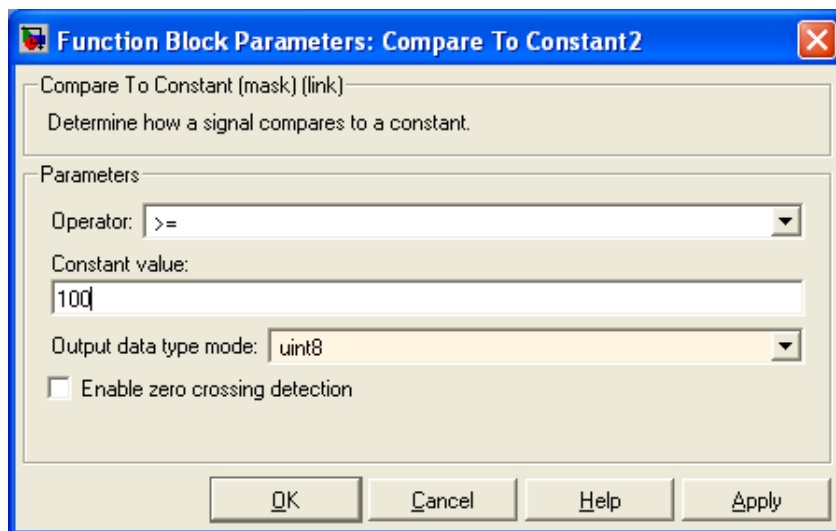


Рисунок 2.11 - Вікно введення струму перемикання 100 А

Для динамічного гальмування при виключенні електроприводу використовується окремий резистор r3. Тимчасові діаграми пуску в функції струму повторюють приведення на Рисунку 2.4 і 2.6. При дослідженні пуску з великим числом пускових ступенів необхідно блок Subsystem1 доопрацювати.

РОЗДІЛ 2

Замкнуті неререверсивні

1.2.1 Тиристорні електроприводи

На Рисунку 2.12 показана розроблена схема моделі тиристорно-го електроприводу за структурою 3 [7] (двоконтурна з подчинєнним регулюванням параметрів).

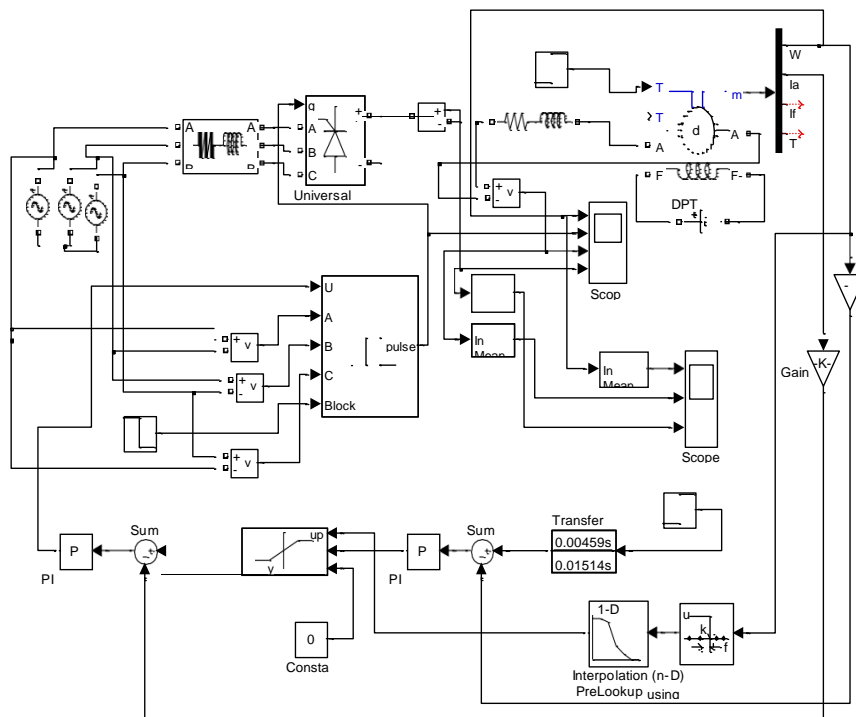


Рисунок 2.12 - Схема моделі неререверсивного тиристорного електроприводу (Fig2_12)

Зовнішнім контуром є контур зворотного зв'язку за швидкістю. Ставить сигнал швидкості через фільтр Transfer F_{sp} надходить на суматор Sum3, порівнюється з сигналом зворотного зв'язку по частоті обертання, і різниця надходить на вхід ПІ-регулятора швидкості PI Controller1. Вихідний сигнал регулятора швидкості через блок обмеження Saturation Dynamic задає струм двигуна. Максимальне значення

$\pm 10V$, що задається в блоці PI Controller1, відповідає граничному значенню струму двигуна. Додаткове зменшення максимального вихідного напруги

регулятора швидкості здійснює контур зави сімого струмообмеження PreLookup, Interpolation (n-D).

Для реалізації контуру необхідно мати додаткову ін-формацію по використуваному двигуну, що б побудувати залежність граничного (пускового) значення струму від частоти обертання. Отриманий-ний графік розбивається на лінійно-ламані відрізки і координати точок перегину вводяться в вікна налаштувань блоків PreLookup, Interpolation (n-D), показані на Рисунку 2.13.

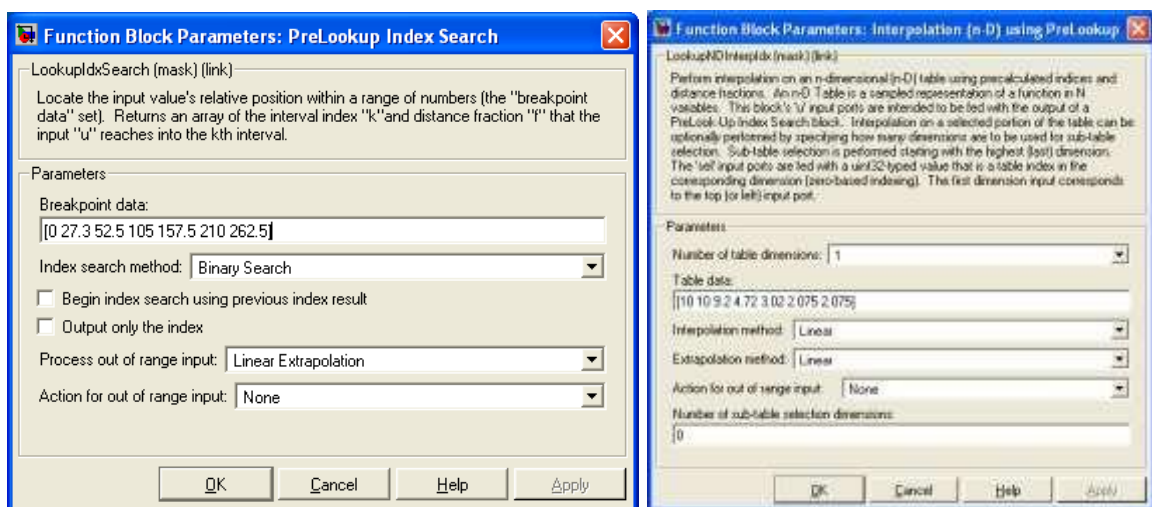


Рисунок 2.13 - Вікна налаштувань блоків PreLookup, Interpolation (n-D)

У блок PreLookup вносяться частоти обертання точок перегину, а в блок Interpolation (n-D) - максимальні вихідні напруги регуляторну тора швидкості, які будуть відтворені блоком обмеження Sa- turation Dynamic.

Суматор Sum2 виробляє сигнал різниці між задає і дійсним значенням струму двигуна, який подається на вхід регулятора струму PI Controller2. Регулятор струму PI Controller2, тирістор- ний перетворювач Universal Bridge з керуванням (6 SIFU LM1) і двигун DPT утворюють підчиненний (внутрішній) контур.

Нагадаємо, що блоки 6 SIFU LM, DPT, PI Controller були мо- зированим і не входять до складу бібліотеки Simulink. Якщо двигун з постійними магнітами, то необхідно штучно створити струм збудження, рівний 1 А, і не задавати індуктивність ланцюга збудження двигуна. При цих умовах коефіцієнт $Laf = C = KE \cdot \Phi = KM \cdot \Phi$ і при включенні двигуна в мережу магнітний потік буде номінального зна- чення.

На Рисунках 2.14 і 2.15 представлені результати моделювання пуску приводу на мінімальну частоту обертання.

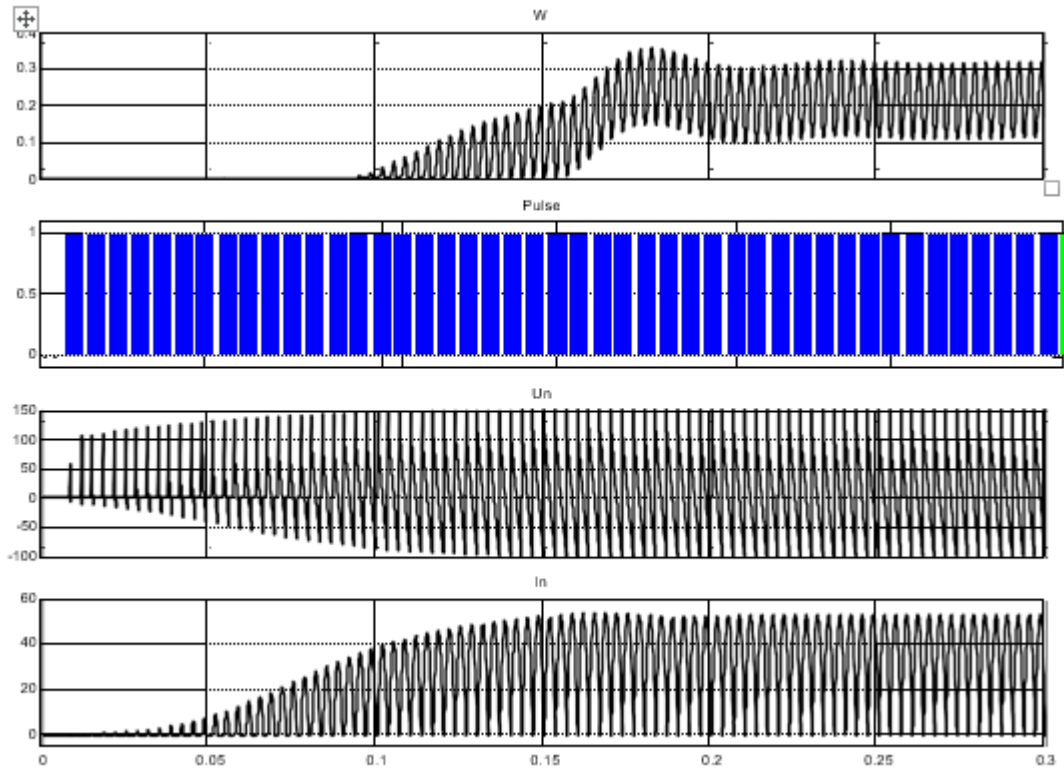


Рисунок 2.14 -моделювання пуску на мінімальну частоту обертання

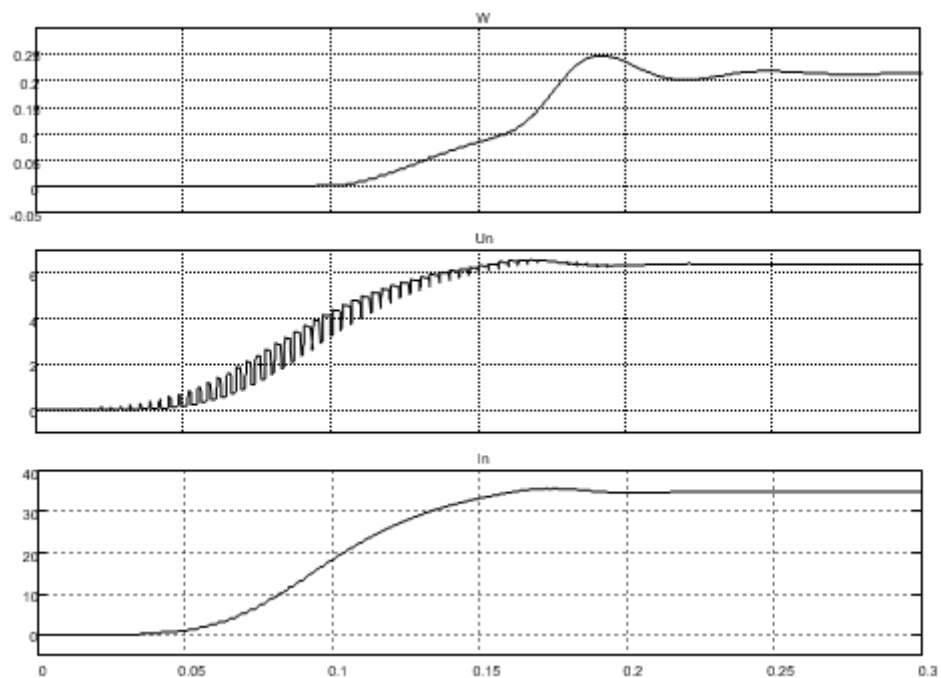


Рисунок 2.15 - Результати моделювання пуску на мінімальну частоту обертання (виділена гладка складова за допомогою блоку усереднення Mean)

На Рисунок 2.14 досліджувані параметри: частота обертання W , струм двигуна I_n і напруга на двигуні U_n представлені так, як вони виглядають насправді при вимірюванні на реальному приводі. Якщо необхідно прибрати пульсації і вести дослідження по «гладкою» (усреднённой) складовій, то послідовно з досліджуваним сигналом включити блок усереднення Mean (рисунок 2.15).

Особливістю цього дослідження (рисунок 2.16) є знижений пускового струму в міру зростання частоти обертання двигуна. Максимальне значення пускового струму близько 200А має місце до частоти обертання 50 1 / с. Пуск протікає мляво і триває приблизно 0,7 с. Найбільш повно високі динамічні властивості таких двигунів проявляються на частотах обертання, що не перевищують 50 1 / с.

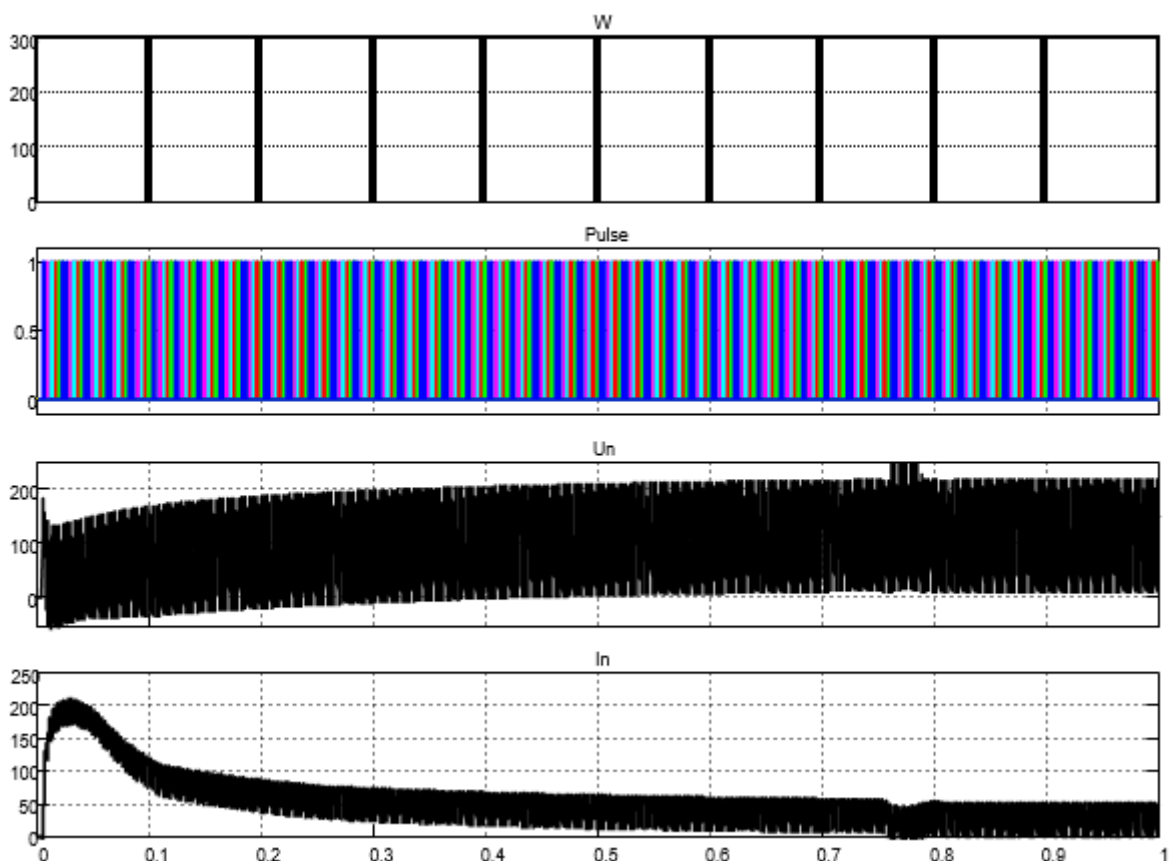


Рисунок 2.16 - Результати моделювання пуску приводу на максимальну швидкість

1.2.2 Транзисторні електроприводи

На Рисунку 2.17 наведена схема моделі транзисторного електроприводу постійного струму. Електропривод реверсивний, так як реалізація нереверсивного нічим не відрізняється від реалізації реверсивного. В якості регульованого і реверсивного джерела живлення двигуна використаний транзисторний широтно-імпульсний перетворювач Universal Bridge, керований блоком Discrete PWM Generator (див. Пункт 1.6.2).

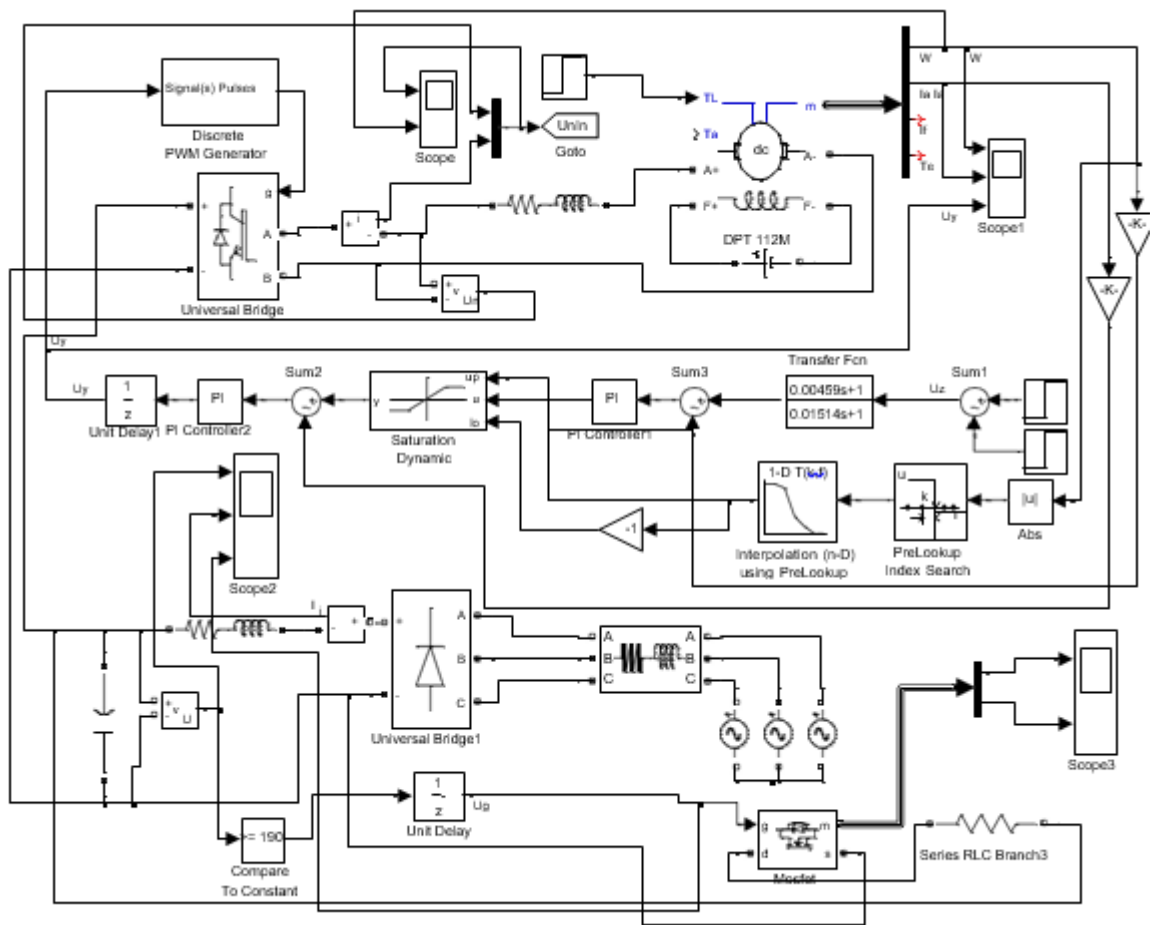


Рисунок 2.17 - Схема моделі транзисторного електроприводу (Fig2_17)

Нагадаємо, що блок двигуна постійного струму DPT був модернізованим, здатний працювати з реактивним моментом навантаження і не входить до складу бібліотеки Simulink. Якщо двигун з постійними магнітами, то необхідно штучно створити струм збудження, рівний 1А, і не задавати індуктивність ланцюга збудження двигуна. При цих умовах коефіцієнт $Laf = C = KE \cdot \Phi = KM \cdot \Phi$ і при включенні двига-

теля в мережу магнітний потік без перехідного режиму буде номіналь- ного значення.

На Рисунку 2.17 показана розроблена схема моделі транзистор- ного електроприводу за структурою 3 [7] (двоконтурна з подчиненним регулюванням параметрів). Зовнішнім контуром є контур зворотного зв'язку за швидкістю. Ставить сигнал швидкості U_z через фільтр Transfer Fcp надходить на суматор Sum3, порівнюється з сигналом про- зворотного зв'язку по частоті обертання, і різниця надходить на вхід ПІ регулятора швидкості PI Controller1. Вихідний сигнал регулятора скоро- сті через блок обмеження Saturation Dynamic задає струм двигуна. Максимальне значення $\pm 10V$, що задається в блоці PI Controller1, соответствует граничного значення струму двигуна. Додаткове зменшення максимального вихідного напруги регулятора скоро- сті здійснює контур залежного струмообмеження PreLookup, Inter- polation (n-D).

Для реалізації контуру необхідно мати додаткову ін- формацію по використовуваному двигуну, що б побудувати залежність граничного (пускового) значення струму від частоти обертання. Отриманий- ний графік апроксимується лінійно ламати відрізками і коорди- нати точок перегину вводяться в вікна налаштувань блоків PreLookup, Inter- polation (n-D), показані на Рисунку 2.18.

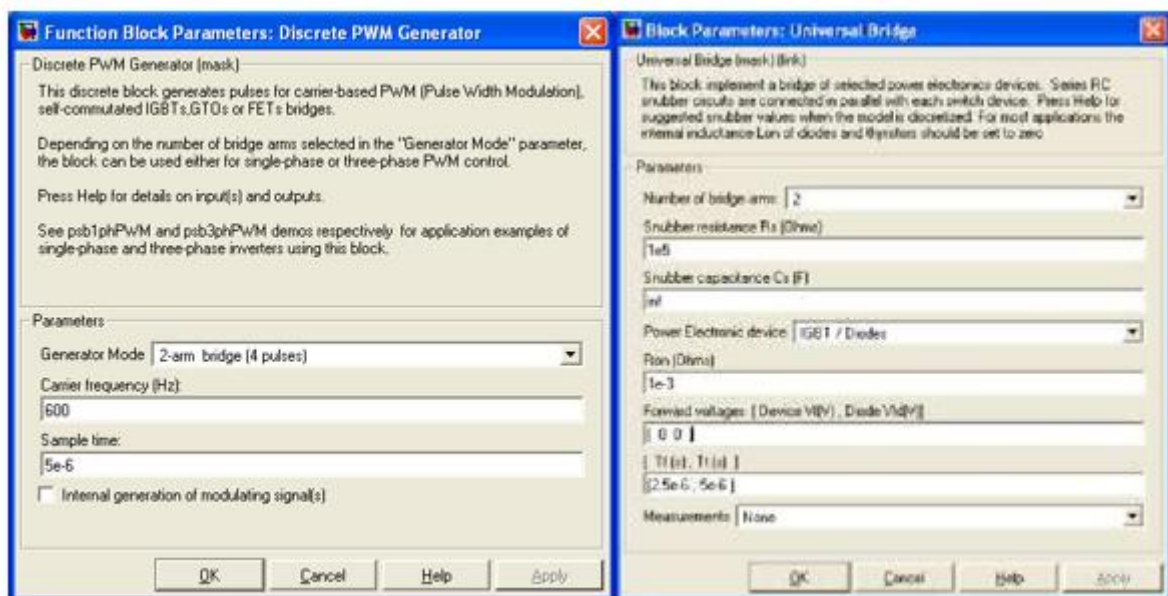


Рисунок 2.19 - Вікна введення параметрів блоків Discrete PWM Generator і Universal Bridge

На Рисунку 2.20 показані вікна введення і числові значення двигателя постійного струму з постійними магнітами. Для даного двігате- ля фіктивне напруга живлення обмотки збудження довільно вибрано рівним 30V і

фіктивне активний опір 30 Ом. При цих умовах коефіцієнт взаємної індукції між полем возбуждення і обмотки якоря L_{af} дорівнює постійної двигуна C .

На Рисунку 2.21 наведено вікна введення параметрів ПІ-регуляторів. Слід зазначити, що розрахований час інтегрування регулятора вводиться у вигляді інтегрального коефіцієнта посилення $I = 1 / T$.

На Рисунку 2.22 показані значення введених коефіцієнтів прозворотного зв'язку за швидкістю і току двигуна.

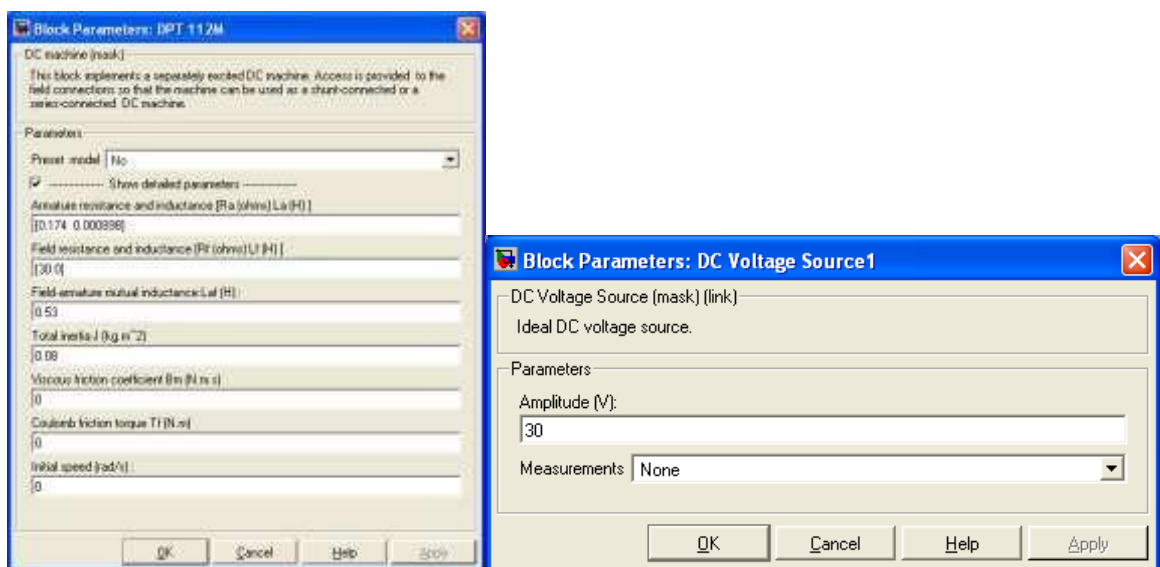
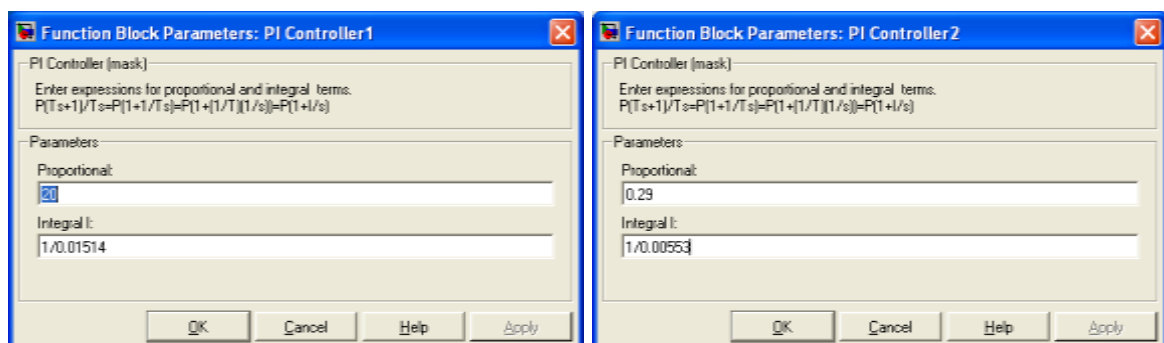


Рисунок 2.20 - Вікна введення параметрів двигуна постійного струму
Рисунок 2.21 - Вікна введення параметрів ПІ-регуляторів швидкості та струму



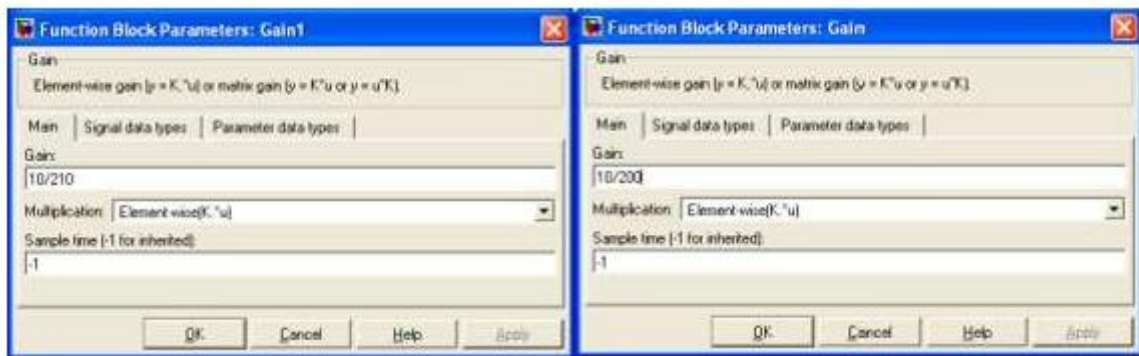


Рисунок 2.22 - Вікна введення коефіцієнтів зворотного зв'язку по швидкості і струму

Коефіцієнт зворотного зв'язку по швидкості $K_s = 10/210$ трактується як: $10U$ - максимальне задає напругу по швидкості, 210 1 / с - максимальна швидкість двигуна. Коефіцієнт зворотного зв'язку по струму $K_t = 10/200$, де $200A$ - максимальний струм двигуна, $10V$ - максимальне вихідна напруга регулятора швидкості діє на вході завдання регулятора струму.

На Рисунку 2.23 показані дані, що вводяться для завдання по швидкості. На інтервалі часу $0 \dots 0,4 \text{ с}$ діє завдання $+ 0,01V$, на інтервалі $0,4 \dots 0,8 \text{ с}$ діє завдання мінус $0,01V$.

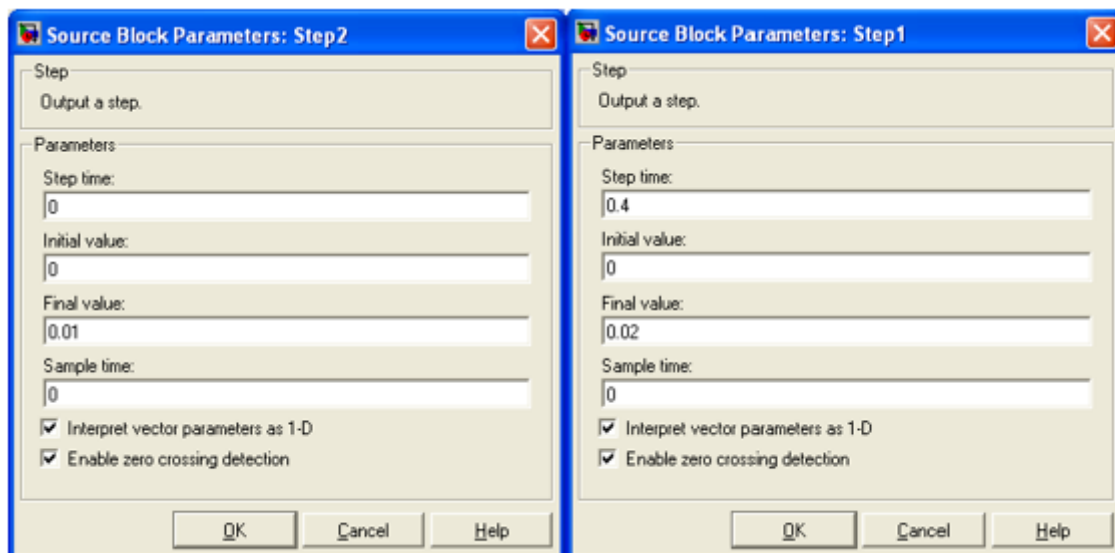


Рисунок 2.23 - Вікна введення задає напруги по швидкості

На Рисунку 2.24 зображені введєнніє параметри трёхфазного напруги випрямляча, використовуваного для харчування широтно- імпульсного

транзисторного перетворювача. Слід мати на увазі, що напруга вводиться в амплитудном значенні.

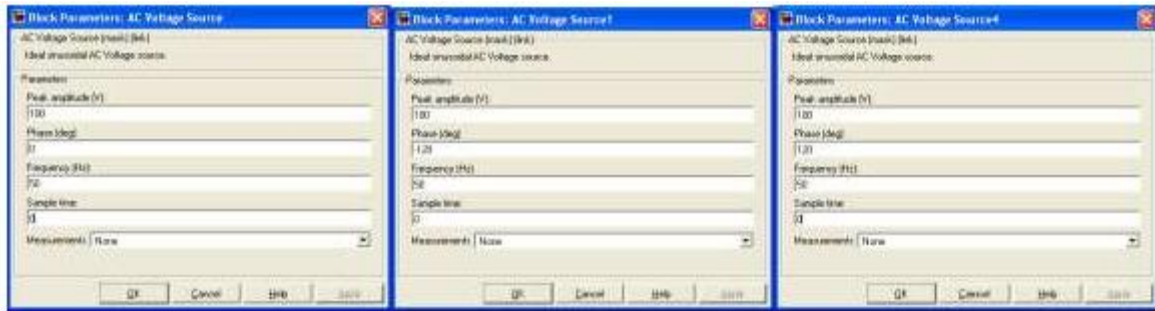


Рисунок 2.24 - Вікна введення параметрів трьохфазного напруги

На Рисунку 2.25 показані результати моделювання відпрацювання мінімального завдання $\pm 0,01\text{В}$ при постійній реактивній навантаженні до номінального знамення $18,5\text{Нм}$.

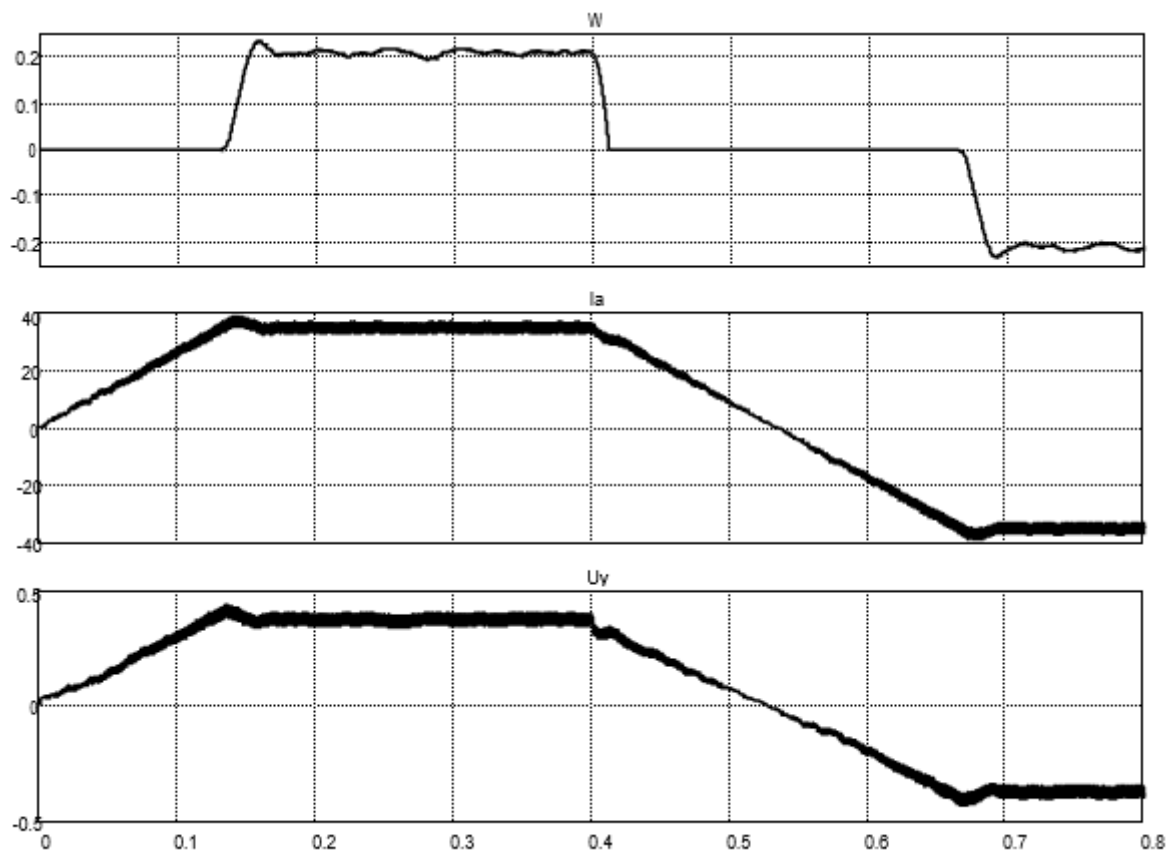


Рисунок 2.25 - Результати моделювання за схемою, приведеної на Рисунку 2.17, при заданому напрузі $\pm 0,01\text{В}$ і реактивній навантаженні $18,5\text{Нм}$

Привід відпрацьовує частоту обертання $\pm 0,21 \text{ 1 / с}$. Напрямок тока двигуна визначається знаком швидкості, що справедливо при реактивному характері навантаження. Затримки при пуску і реверсі обумовлені

інерційністю ПІ-регуляторів і реактивним характером навантаження. При активному моменті навантаження характер перехідного процесу при аналогічному управлінні буде принципово іншим. Пропонуємо читателю переконатися в цьому самостійно, переключивши завдання навантаження з входу TL на вхід Та.

На Рисунку 2.26 зображені результати моделювання процесів пуску і реверсування транзисторного приводу на максимальну частоту обертання 210 1 / с.

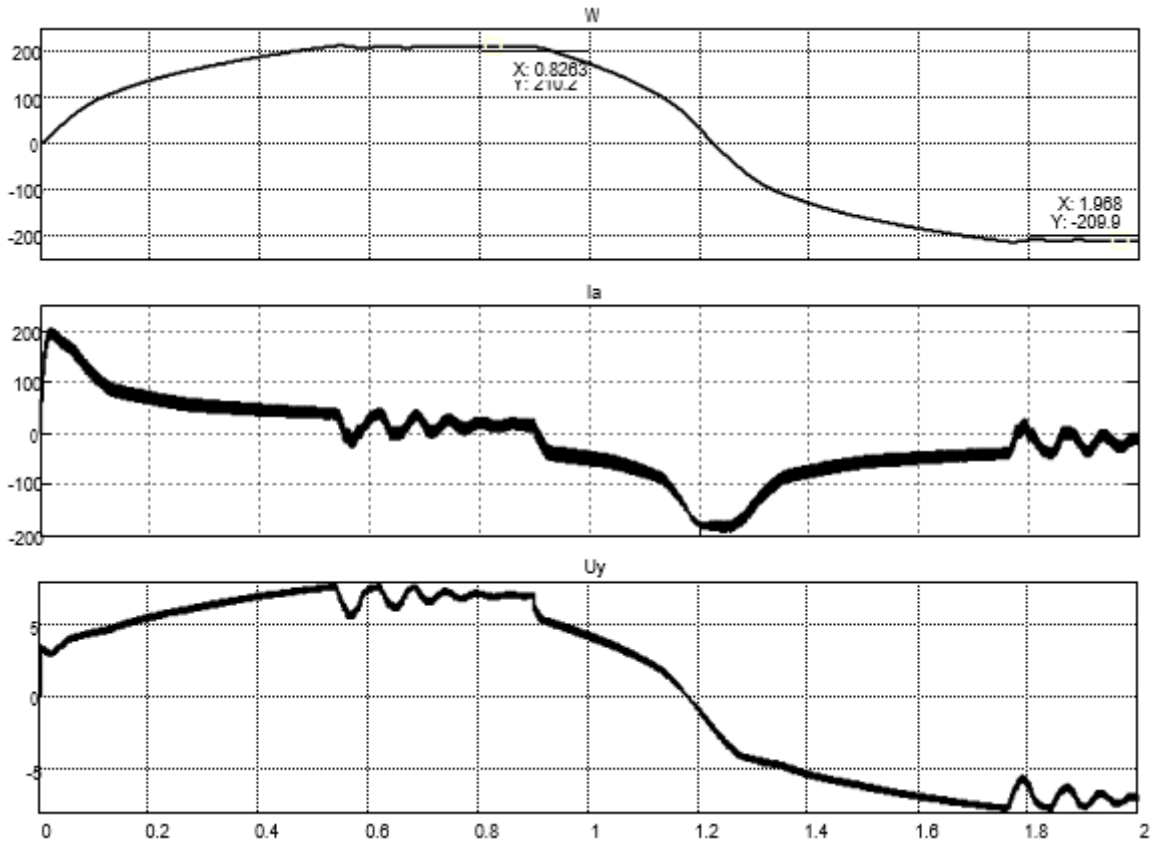


Рисунок 2.26 - Результати моделювання за схемою, приведеною на Рисунку 2.17, при заданому напрузі $\pm 10\text{В}$ і реактивній навантаженні 9Нм

Характерною особливістю цих процесів (пуску і реверсу) є залежність пускового струму від величини частоти обертання, обумовлена дією контуру залежного струмообмеження. У зв'язку з цим процес пуску протікає мляво, але забезпечується нормальна робота двигуна з допустимим іскрінням.

Найбільш ефективно двигателю використовується на частотах обертання що не перевищують 50 1 / с. На Рисунку 2.27 показана робота джерела живлення з урахуванням схеми обмеження напруги джерела. З приведених діаграм слід:

-- напруга джерела живлення значно не перевищує встановленої межі в 190В;

-- миттєве значення струму джерела живлення менше струму двигуна, що обумовлено включенням ємкості на вихід випрямителя.

На третій діаграмі Рисунка 2.27 показаний сигнал управління U_g транзистором, блокуючим вихід випрямляча при підвищенні на- напруги на нєм. З діаграми випливає, що частота управління достатньо точно висока. Для зниження частоти роботи блокуючого транзі- стору слід використовувати в каналі управління релейний елемент з максимальною гистерезисом, що виконано у файлі Fig2_17_1, схема якого в даній роботі не відображено. При необхідності сліду- ет звернутися до електронного змістом керівництва і запусити вказаний файл в Matlab (Simulink).

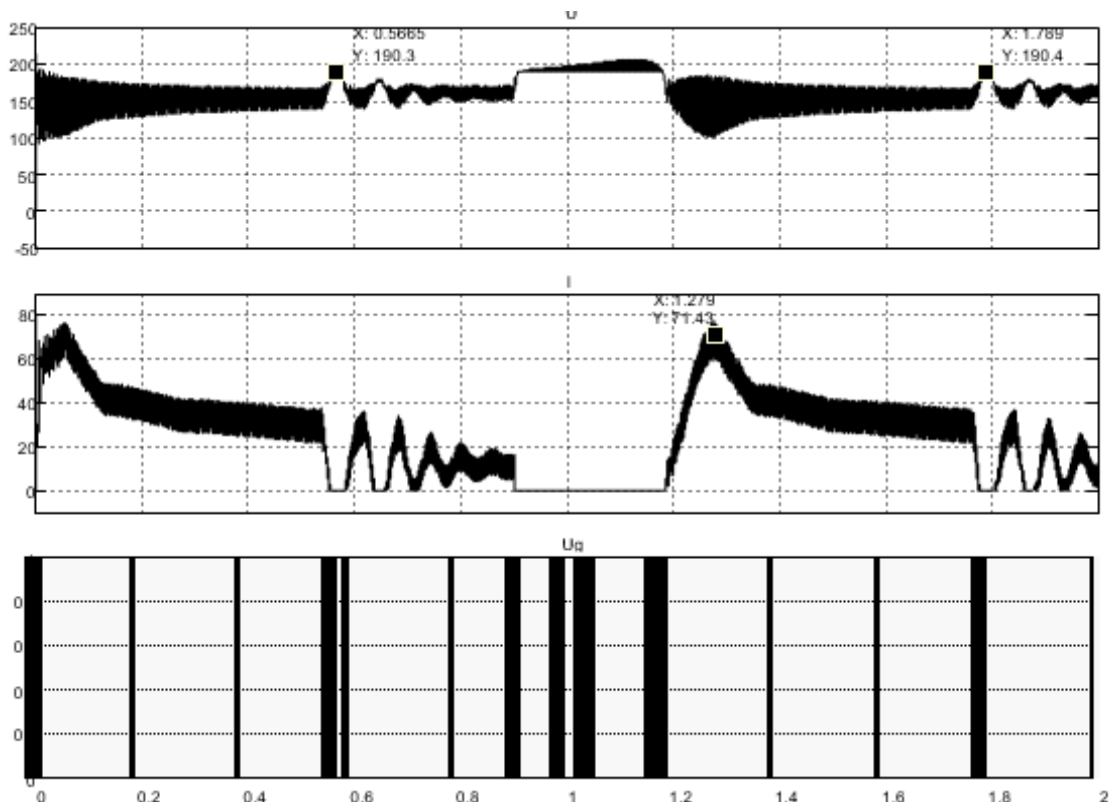


Рисунок 2.27 - Результати моделювання роботи джерела живлення і схеми управління резистором, що обмежує підвищення напруги джерела

На Рисунку 2.28 наводяться діаграми, що повторюють Рисунок 2.26, але з додаванням картини напруги на двигуні. З діаграм- ми видно, що миттєві значення напруги на двигун не пре- щують 210В і що частота кому- тації широтно-імпульсного преобразователя становить 1200Гц.

На Рисунку 2.29 зображені діаграми пуску і реверсу двигуна на частоту обертання 52,5 1 / с.

Зазначена частота обертання для даного двигуна вибирається в якості робочої. З діаграми випливає, що граничне значення пускового струму незначно відрізняється від максимального значення 200А. Ця обставина визначає хороші динамічні властивості приводу. Наприклад, реверсування з номінальною реактивною навантажки становить час близько 0,1 с.

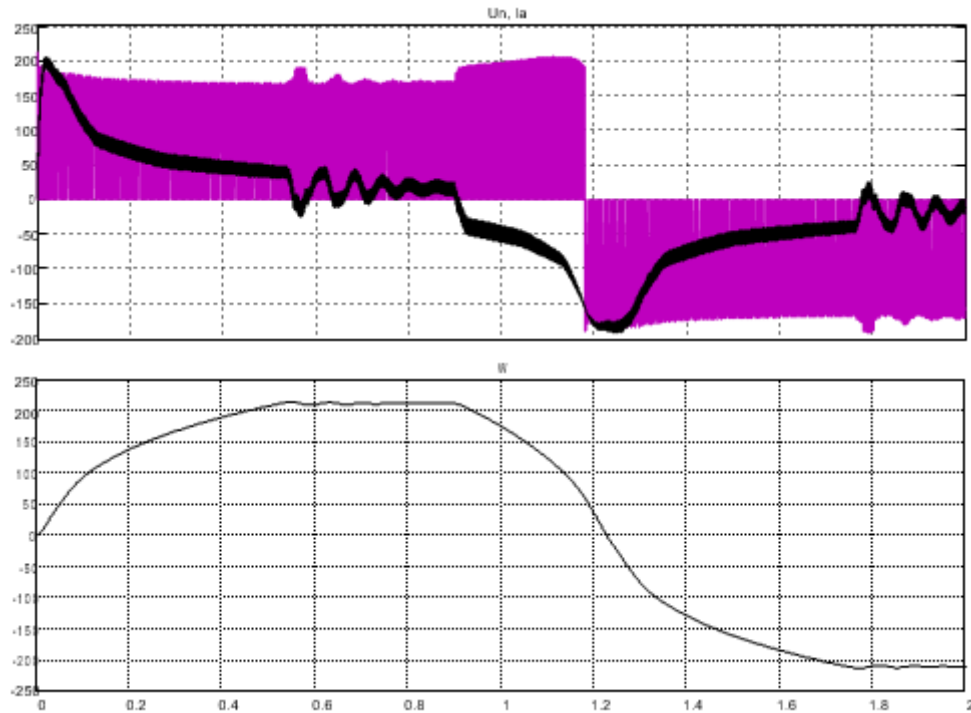


Рисунок 2.28 - Результати моделювання за схемою, приведеною на Рисунок 2.17, при заданому напрузі $\pm 10\text{В}$ і реактивній навантаженні 9Нм

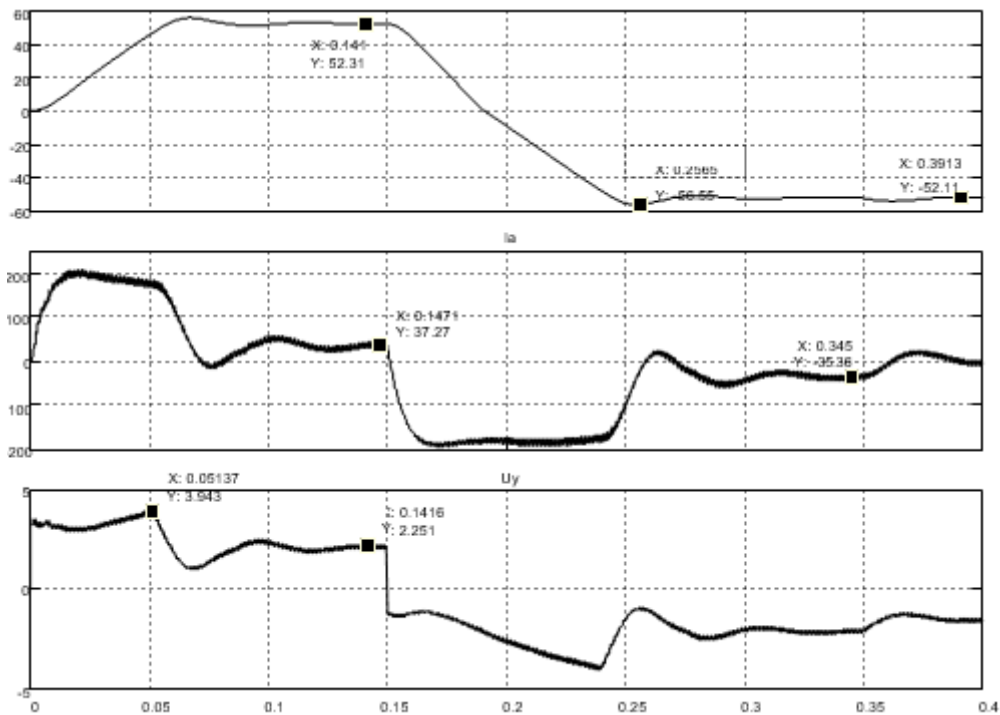


Рисунок 2.29 - Результати моделювання за схемою, приведеної на Рисунку 2.17, при заданому напрузі $\pm 2.5\text{В}$ і реактивній навантаженні $18,5\text{Нм}$

На Рисунку 2.30 додана осцилограма миттєвих значень імпульсної напруги на двигуні. Миттєві значення не пере- щують 200В . Частота обертання і струм двигуна (момент) мають значення меншу пульсацію при заданих значеннях приведеного до валу двигуна моменту інерції і сумарною індуктивності ланцюга про- мотки якоря.

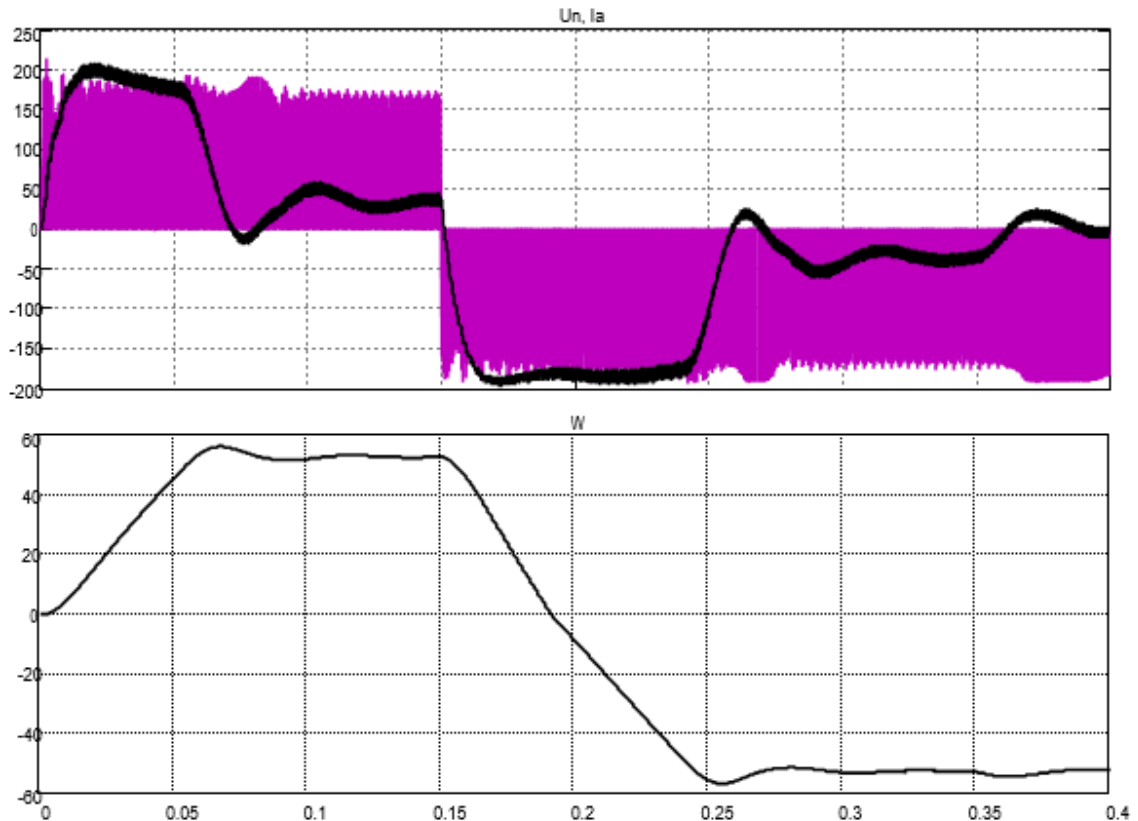


Рисунок 2.30 - Результати моделювання за схемою, приведеною на Рисунку 2.17, при заданому напрузі $\pm 2,5$ В і реактивній навантаженні 18,5Нм

На Рисунку 2.31 зображені тимчасові діаграми миттєвих значень напруги харчування широтно-імпульсного перетворювача, струму випрямляча і сигналу управління блокувальним транзистором («гальмівним» резистором). Аналіз діаграм показує, що миттєві напруги джерела живлення ШИП не перевищують 200В, струм джерела не досягає 200А і блокувальний транзистор інтенсивно включений в момент скидання навантаження (див. Момент часу 0,35 ... 0,4 с). У цей час частина енергії, запасеної в електроприводі, гаситься на різь-сторі Series RLC Branch3 (перекладається в тепло). Це положення, авжеж, характеризує негативні риси роботи такого приводу.

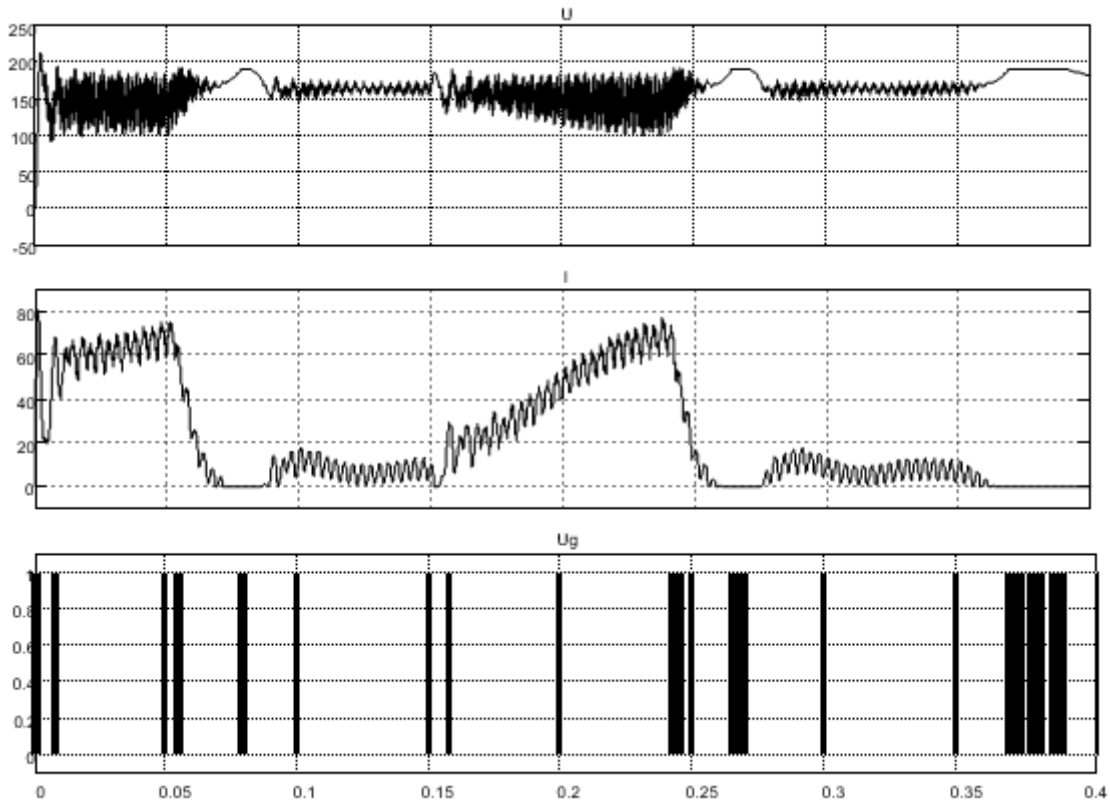


Рисунок 2.31 - Результати моделювання джерела живлення за схемою, приведеною на Рисунку 2.17, при заданому напрузі $\pm 2,5$ В і реактивній навантаженні $18,5$ Нм

У зв'язку з цим (з втратами) досліджуємо поведінку приводу при роботі на активне навантаження. Використовуємо завдання, приведені на рисунках 2.29 ... 2.31, і для моделювання використовуємо модель, представлений у файлі Fig2_17_1. Результати моделювання представлені на Рисунках 2.32 і 2.33.

Для пояснення результатів використовуємо класичний прийом: привод працює на лебідку, піднімаючи і опускаючи вантаж. Позитивний знак активного моменту навантаження відповідає під'єму вантажу при позитивній частоті обертання двигуна.

Після пуску на під'єм через час, приблизно $0,07$ с, настає установився режим під'єму вантажу, в перебігу якого ШИП потребує ток від джерела живлення (рисунок 2.33).

В інтервалі часу $0,15$... $0,25$ с привод реверсує. Відзначимо, що інтенсивність гальмування і розгону на негативну частоту обертання остається приблизно однаковою, підтверджуючи факт роботи приводу на активний момент опору. При роботі на реактивний момент опору інтенсивності

гальмування і пуску різні, що підтверджують результати, показані на Рисунок 2.30.

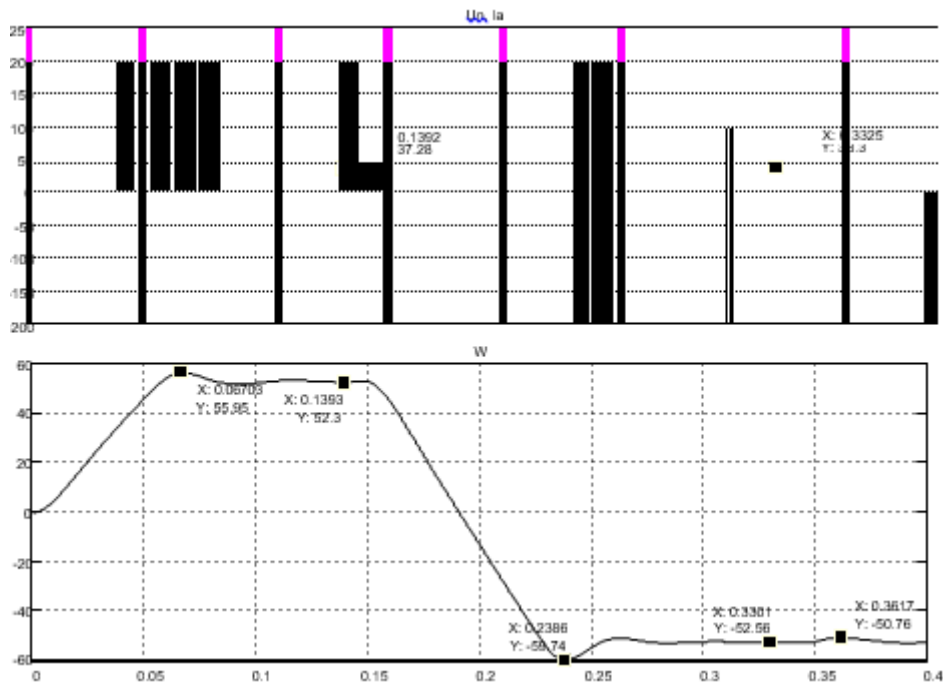


Рисунок 2.32 - Результати моделювання моделі, приведеної в файлі Fig2_17_1, при заданому напрузі $\pm 2,5$ В і активному навантаженні $+ 18,5$ Нм

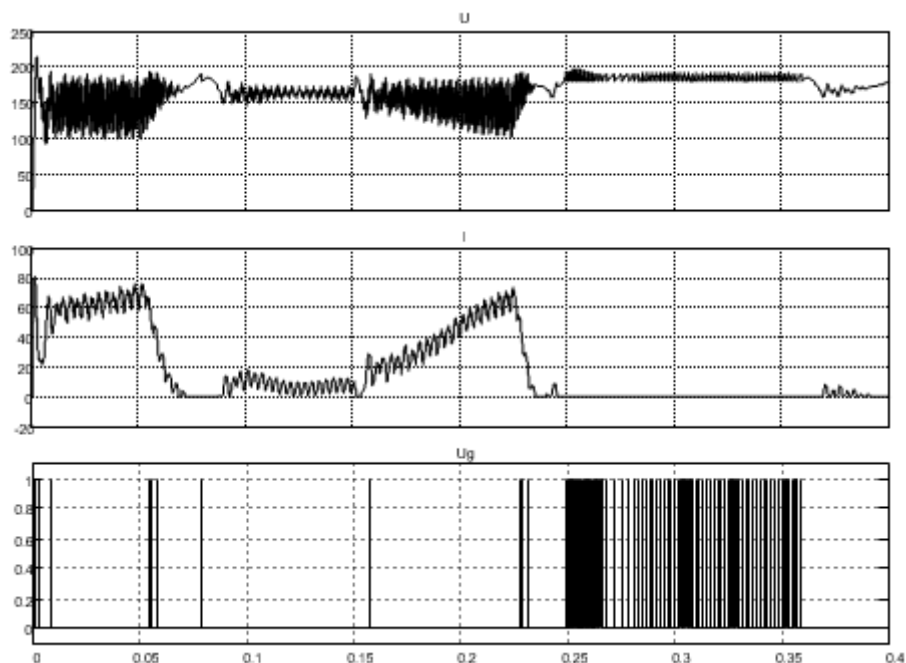


Рисунок 2.33 - Результати моделювання джерела живлення, приведеного в файлі Fig2_17_1, при заданому напрузі приводу $\pm 2,5$ В і активному навантаженні $+ 18,5$ Нм

При виході приводу на сталий режим спуску вантажу двигатель переходить на роботу в генераторному режимі. Струм і момент двигателя не

змінити знак (порівняти результати на Рисунках 2.30 і 2.32). Двигун, працюючи генератором, починає повертати енергію в джерело. В силу вентильних властивостей джерела, джерело не здатний приймати енергію (пропускати струм іншого знака і віддавати його в мережу). Доводиться цю енергію гасити на резисторі, перетворюючи в тепло. На рисунку 2.33 видно, що резистор постійно періодично підключається до виходу джерела, виключаючи підвищення напруги. У момент часу $t = 0,35\text{с}$ активне навантаження скидається до нульового значення і, як наслідок, відключається резистор.

Що проізо́йдєт при подачі активного негативного моменту з-спротиву? Представляємо можливість читачеві самостійно вислідувати це питання.

РОЗДІЛ 3

Замкнуті реверсивні

1.3.1 Тиристорні електроприводи зі спільним управлінням за нульовою схемою включення

Перетворювачі були розглянуті в підрозділі 1.4. Беремо готову схему (рисунок 1.123) і відповідний файл Fig1_123 і розроблений регульований реверсивний електропривод, схема моделі якого представлена на Рисунку 2.34.

Реверсивний тиристорний перетворювач виконаний на базі мостової трьохфазної схеми Universal Bridge, живиться від вторинної обмотки силового трансформатора, управління від лінійних СІФУ, діапазон управління $\pm 10\text{В}$.

Привід складається з реверсивного тиристорного перетворювача, включеного за нульовою схемою, електродвигуна і схеми управління. Привід виконаний по одноконтурній схемі і має зворотний зв'язок по частоті обертання. Формування пускових струмів проводиться обмеження швидкості наростання вихідної напруги регулятора частоти обертання. Такий спосіб управління доцільний з точки зору виключення аварійних режимів при спільному погодженому управлінні.

Для управління частотою обертання применено ПІ-регулятор швидкості (Speed PI Controller). Управління групами ведеться за допомогою блоку Saturation Dynamic, обмеження основного сигналу, що проходить через блок, проводиться напругою по входах U_p і I_o .

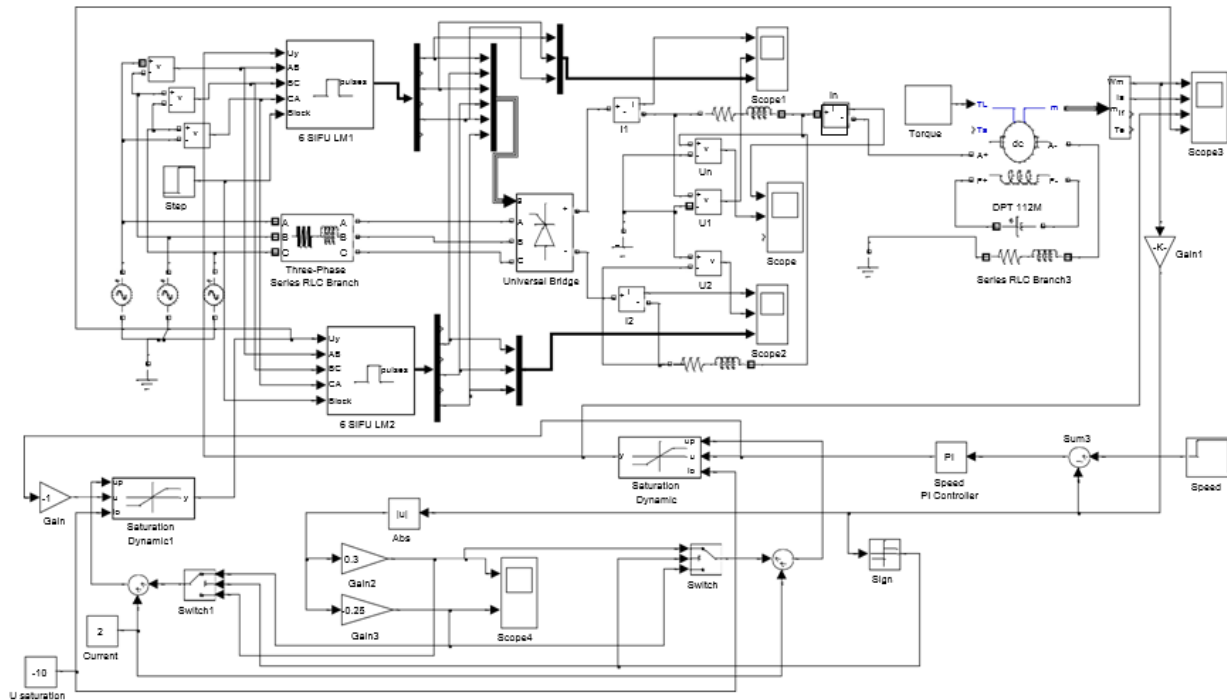


Рисунок 2.34 - Віртуальний тиристорний електропривод з узгодженим управлінням (Fig2_34)

Обмеження піддається верхня частина керуючої діаграми (позитивне напруга). Це пов'язано з характером управління вентиляними групами: при позитивному напрузі управління групи працюють поочередно в випрямному режимі. З цього на входи I_0 блоків Saturation Dynamic подано постійна напруга мінус 10В, дозволяючи проходити негативним напруженням управління без обмеження.

Управління обмеженням організовано від двох каналів: перший на основі підсилювача Gain2 формує струмовий пускову діаграму при пуску, другий - на основі підсилювача Gain3 формує струмовий гальмівну діаграму при гальмуванні до нульової частоти обертання при зупинці або реверсі. Так як пуск і гальмування виконуються на будь-який напрямок, то передбачений випрямляч Abs, що дозволяє реалізувати канали обмеження для будь-якого напрямку руху. Для того, щоб канали були підключені за потрібне чином в залежність для мосту від знака частоти обертання використаний блок визначення знака частоти обертання Sign і два перемикача Switch. При позитивній напрузі сигналу зворотного зв'язку блок Sign видає по виходу «1», при негативному - «-1». Перемикачі програмуються на «1»: при позитивному знаку частоти обертання перший канал ограні- чення підключений до входу U_p блоку Saturation Dynamic, а другий - до входу U_p

блоку Saturation Dynamic1. При нульовій або негативній час- тоте обертання підключення каналів зворотне.

Задаєт програму управління частотою обертання приводу таймер

Speed, а таймер Torque - програму управління навантаженням.

Блок Current задаєт початкове значення пускового і гальмівного струмів. Струм задаєтсь в напрузі управління перетворювачем (В) і має позитивний знак. Мінімальне значення 1В, а максимальне 5 ... 6В.

Порядок настройки полягає в наступному:

- на блоці Current виставляється мінімальне значення, наприклад, 1В, коефіцієнт посилення першого каналу Gain2 - нульове значення, другого каналу Gain3 - наприклад, мінус 2 ... 2,5;

- управління швидкістю здійснюється в «великому», на- приклад, 5 ... 10В, в блоці Speed даєтсь вказівку на пуск і реверс в будь- бом напрямку;

- виконуються сеанси моделювання і налаштовується коеф- фициент посилення першого каналу таким чином, щоб пусковий струм на початку діаграми не перевищував початкового значення, заданого блоком Current;

- коефіцієнт посилення другого блоку налаштовується в момент гальмування, наприклад, при зупинці або реверсі. Доцільно налаштовувати при реверсі, підганяючи значення гальмівного струму під уже виставлене пусковий значення.

Виконаємо моделювання розробленої схеми, представленої на Рисунку 2.34. Завдання на частоту обертання і навантаження представлені на Рисунку 2.35.

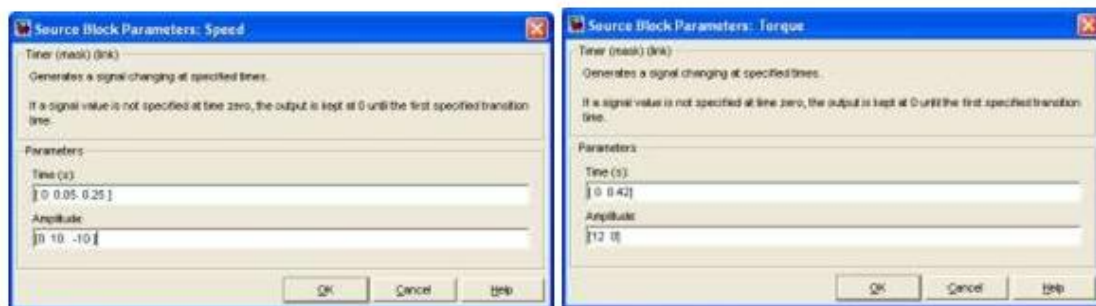


Рисунок 2.35 - Завдання на частоту обертання і навантаження

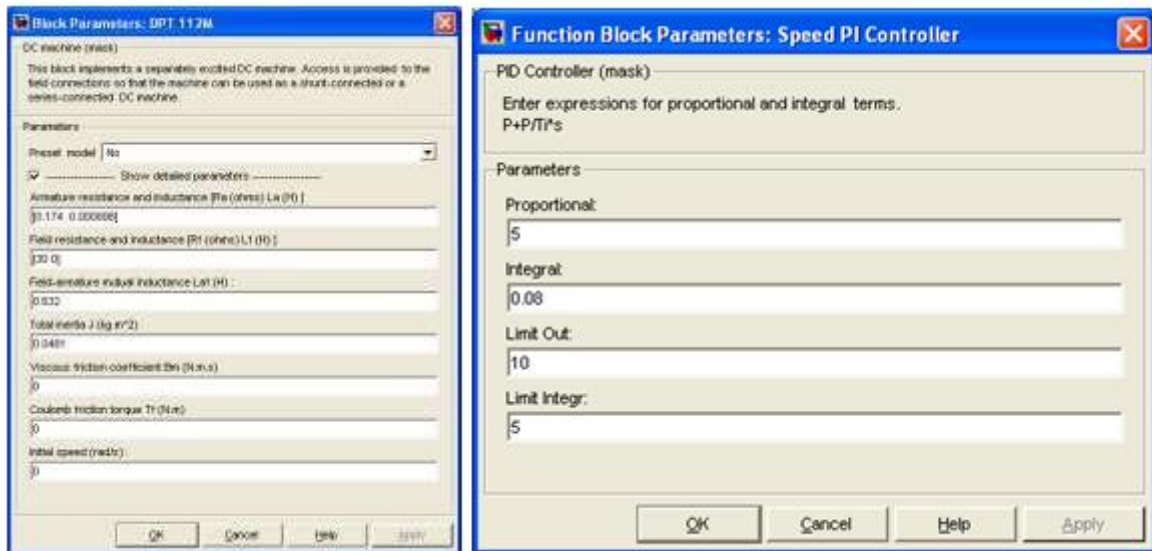


Рисунок 2.36 - Параметри двигуна і регулятора частоти обертання

На Рисунок 2.36 представлені параметри двигуна і регулятора частоти обертання. Двигун з постійними магнітами, тому з- опір штучно вибрано 30 Ом, щоб отримати струм возбуж- дення 1 А. У цьому випадку коефіцієнт $L_{af} = C$. Індуктивність обмотки збудження відсутня, що відповідає двигуну з постійними магнітами. Параметри регулятора частоти обертання представлені ко коефіцієнтом посилення Proportional і часом ізодрома Integral. Limit

Out - обмеження вихідної напруги регулятора, Limit Integr - обмеження інтегратора регулятора.

Програма перемикачів каналів обмеження Gain2 і Gain3 показана на Рисунок 2.37.

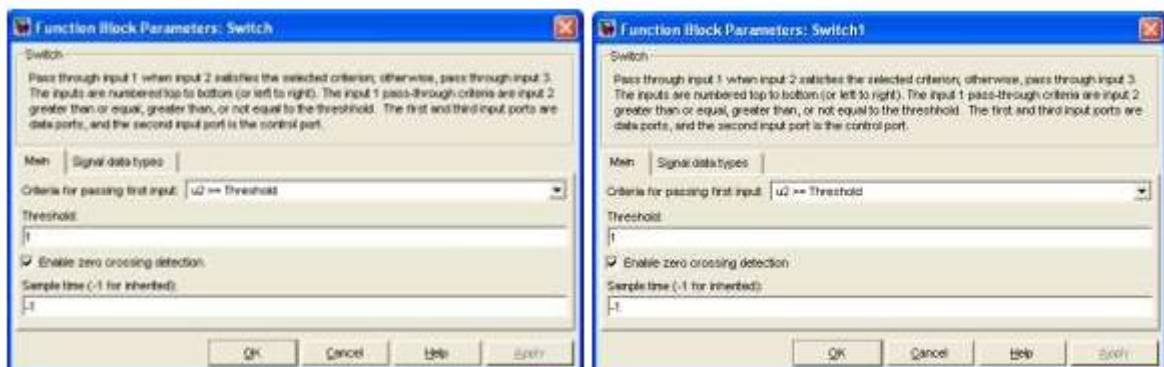


Рисунок 2.37 - Налаштування перемикачів Switch і Switch1

Всі інші настройки схеми управління приводом показані на Рисунку 2.34.

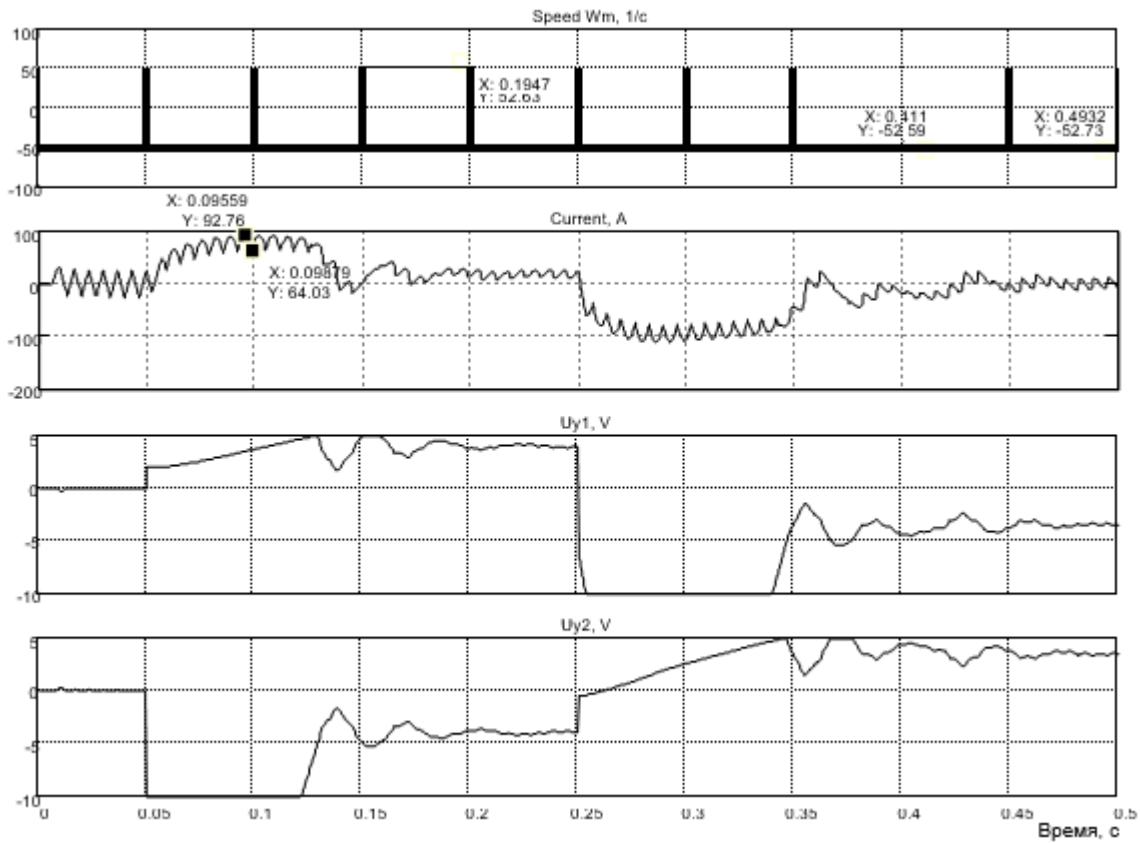


Рисунок 2.38 - Моделювання управління на $\pm 10\text{В}$ при реактивній навантаженні 12Нм

На осцилографі Scope3 реєструються чотири сигнали: частота обертання, струм двигуна, напруга управління першої вентиляційної групою (Saturation Dynamic) і напруга управління другою вентиляційною групою (Saturation Dynamic1).

На Рисунку 2.38 представлені результати моделювання управління на $\pm 10\text{В}$ при реактивній навантаженні 12Нм . Привід відпрацював заданою частоту обертання $52,5\text{ 1 / с}$, пускові і гальмові струми склали значення $70 \dots 75\text{А}$, при скиданні навантаження в момент часів $0,42\text{с}$ частота обертання досить швидко відновилася до заданого значення.

На Рисунку 2.39 показані результати моделювання управління на $\pm 10\text{В}$ при активному навантаженні 12Нм . Для того щоб привід працював в режимі генераторного гальмування, була сформована програма, по-здавалося на Рисунку 2.40.

До моменту часу 0,05с діяли нульове завдання по частоті обертання і активний момент мінус 12Нм.

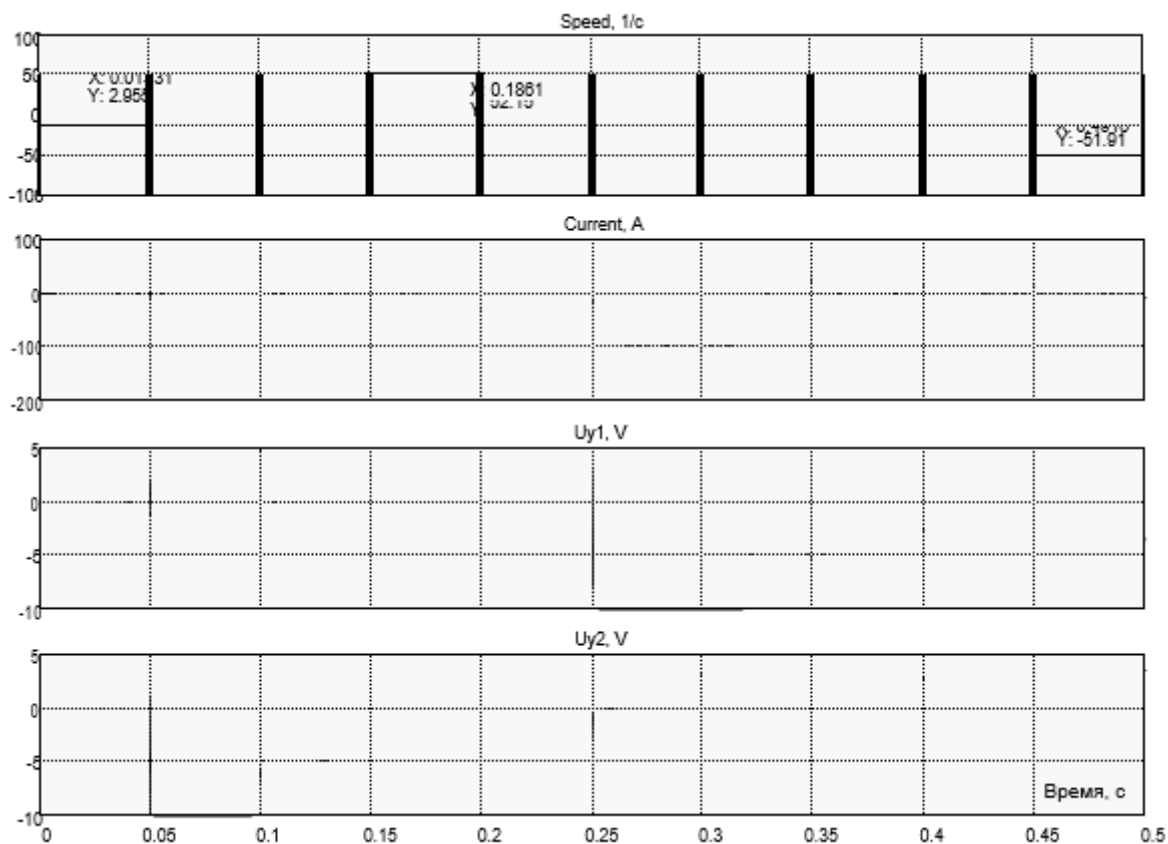


Рисунок 2.39 - Результати моделювання управління на $\pm 10\text{В}$ при активному навантаженні 12Нм

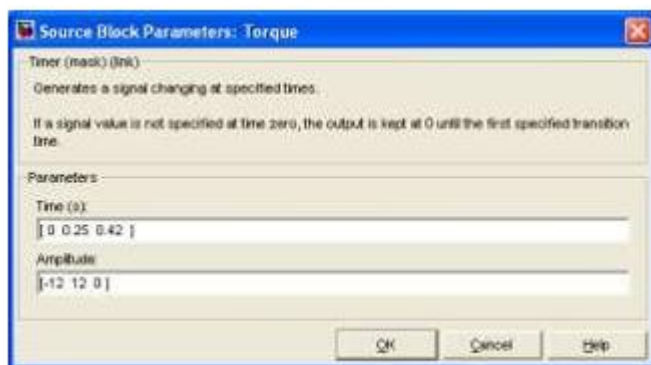


Рисунок 2.40 - Програма формування активного моменту навантаження

Привід відпрацював це завдання: частота обертання збільшилася до плюс 2,955 1 / с і повернулася на нульове значення, а момент двигуна збільшився до мінус 12Нм, щоб утримати двигун на нульовій частоті обертання. Пуск і реверс произведён з таким знаком активного момента

навантаження, що двигун працює в режимі генераторного тормозування. Привід відпрацював завдання чётко. Недолік приводу полягає в значних пульсаціях струму, викликаних застосуванням нульової трьох-фазної схеми випрямлення. Найбільш істотно пульсації сказуються при управлінні у «малому». На Рисунку 2.41 продемонстровано результати моделювання управління на $\pm 0,05\text{В}$ при реактивній навантаженні 12Нм .

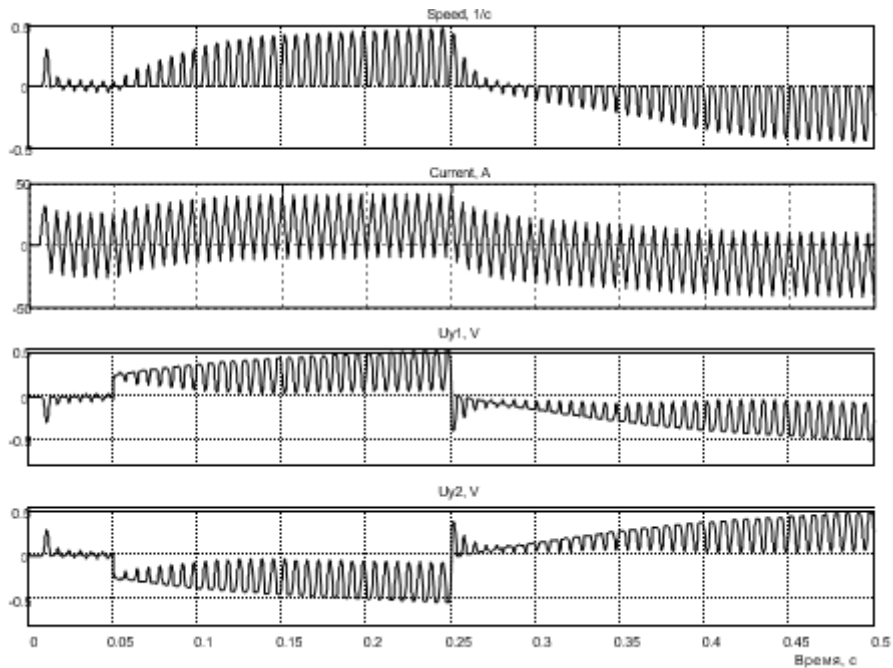


Рисунок 2.41 - Результати моделювання управління на $\pm 0,05\text{В}$ при реактивній навантаженні 12Нм

Електропривод відпрацював подане завдання досить чётко, але пульсації частоти обертання вельми відчутні.

На закінчення відзначимо, що електроприводи з спільним управлінням в недалёком минулому знаходили застосування і забезпечували діапазон регулювання близько 500.

1.3.2 Тиристорні електроприводи з роздільним керуванням

Схема моделі представлена на Рисунку 2.42 і включає в себе наступні елементи:

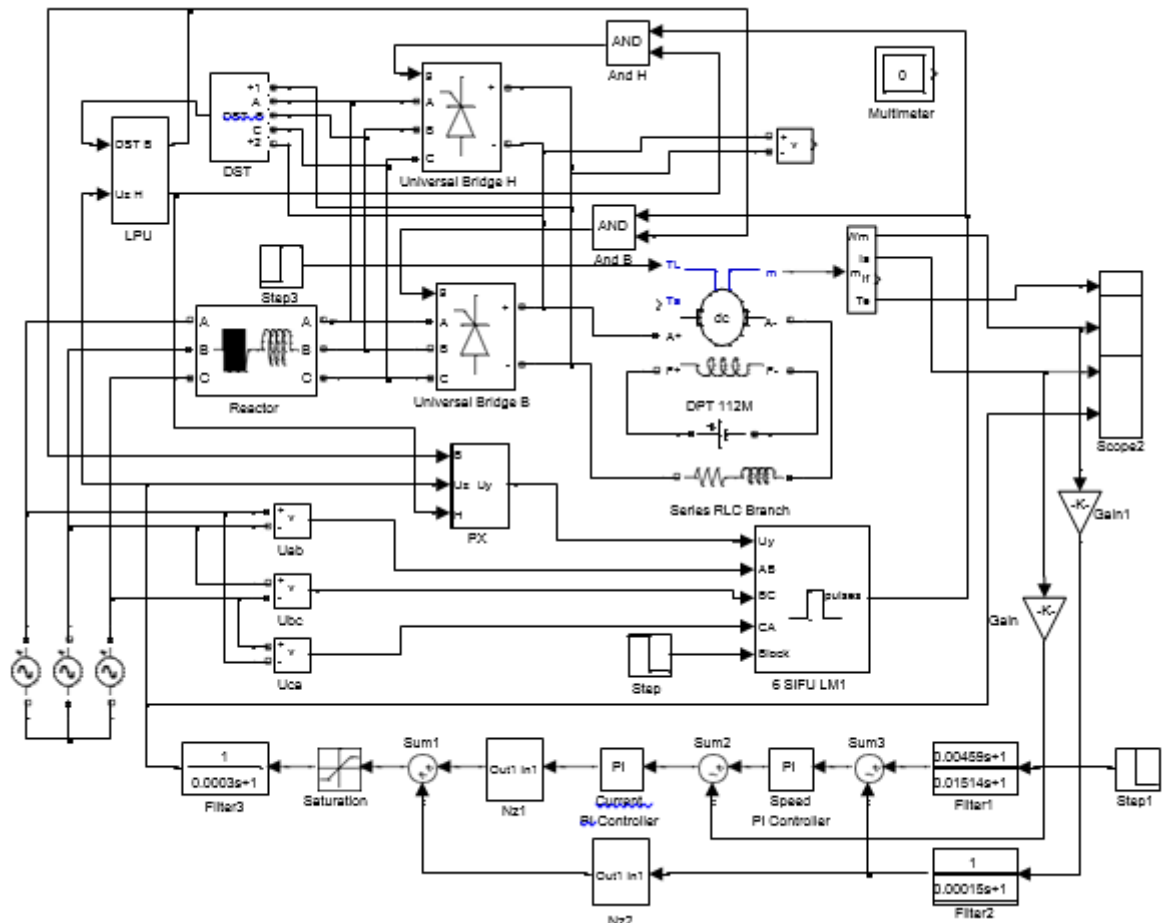


Рисунок 2.42 - Схема моделі електроприводу з роздільним керуванням в Simulink (Fig2_42)

-двигун постійного струму DPT 112M, блок Step 3 задає реактивну навантаження на двигун по входу TL;

- реверсивний перетворювач з роздільним керуванням

Universal Bridge B і H;

- система імпульсно-фазового управління (СІФУ) лінійно го типу, модернізована 6 SIFU LM 1. U_{ab} , U_{bc} і U_{ca} - Синхронізація рующие напруги, що визначають правильний порядок видачі сиг- лів управління тиристорами;

- And B і And H схеми I для управління окремими ком- плекту від однієї СІФУ;

□ датчик стану вентилів (тиристорів) DST контролює стан всіх тиристорів обох комплектів і якщо все тиристори за- криті (не проводять струм), то на виході блоку DST з'являється логіче- ський сигнал одиничного рівня;

- блок логічного управління тиристорн комплектами LPU. Має два логічних виходу B і H і два входи - логічний DST і аналоговий U_z , керуючий роботою випрямних комплектів;

- блок перемикування характеристик PX, використовується при управлінні випрямними комплектами однієї схемою СІФУ;

- фільтр в каналі зворотного зв'язку за швидкістю двигуна

Filter2;

- задатчик швидкості (частоти обертання) Step1;

- задатчик реактивного моменту опору Step3;

- фільтр Filter1, що оптимізує реакцію РЕП на ступен- чатое вплив;

- ПІ-регулятор швидкості Speed PI Controller. Блокова схема розробленої моделі іздромного пропорційно-інтегрального регулятора показана на Рисунку 2.43.

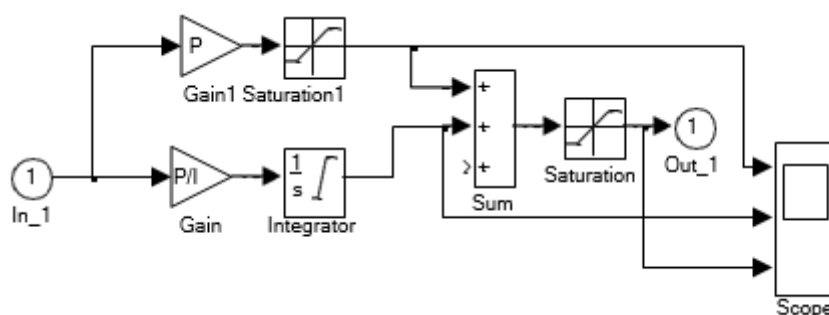


Рисунок 2.43 - Модель пропорційно-інтегрального регулятора в Simulink

Пропорційна частина (коефіцієнт посилення регулятора) представлена підсилювачем з коефіцієнтом посилення P (Proportional). Постійна часу регулятора (час іздррома) вводиться як I (Integral). Інтегральна частина регулятора представлена інтегратором Integrator с одиничним посиленням і послідовно включеним усі-

Літел Gain з коефіцієнтом посилення P / I. Передбачено обмеження інтегральною складовою вихідної напруги інтегратора (Limit Integr) і пропорційною складовою (Limit Out).

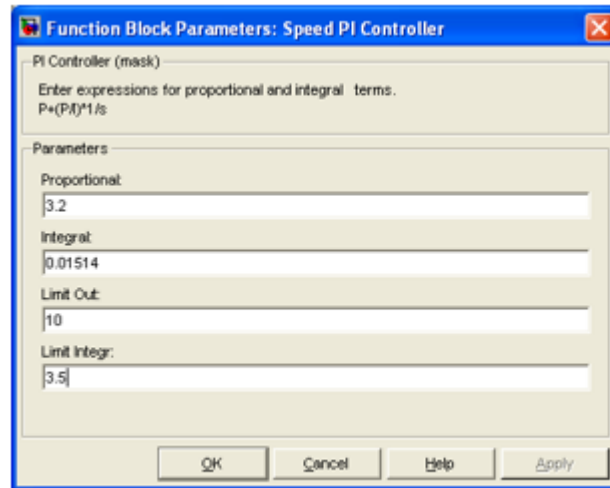


Рисунок 2.44 - Вікно введення параметрів регулятора швидкості

На Рисунку 2.44 представлено вікно введення параметрів регулятора швидкості. Установка обмеження інтегратора виробляється в рядку Limit Integr. Напруга обмеження встановлено менш $\pm 10\text{В}$ з умовия забезпечення нормального управління в «великому» по приблизній формулою $U_{\text{огр.інт}} = 10 / k_{\text{рс}} = 3,16\text{В}$. Загальне обмеження вихідного напруги регулятора швидкості (Limit Out) встановлено $\pm 10\text{В}$ (рисунок 2.44), що відповідає завданням пускового струму близько 200А ;

- ПІ-регулятор струму Current PI Controller, вікно введення параметрів якого показано на Рисунку 2.45;

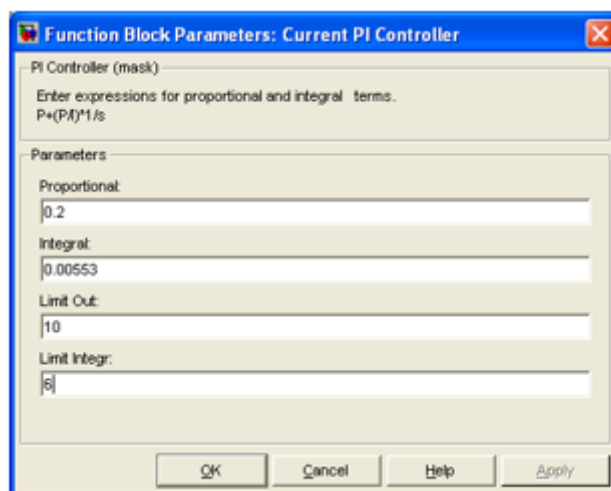


Рисунок 2.45 - Вікно введення параметрів регулятора струму

- фільтр на вході СІФУ Filter3;
- адаптивне пристрій (нелінійні ланки Nz1 і Nz2). Ви- полнено відповідно до рекомендацій, приведеними в [7].

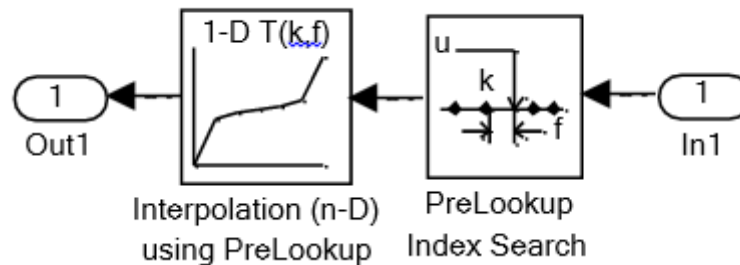


Рисунок 2.46 - Структура нелінійного ланки Nz1

При роздільному управлінні групами реверсивного ТП в області малих навантажень перетворювач працює в режимі переривчастого струму і має нелінійні характеристики. При проектуванні реверсивних ТП з роздільним керуванням для широкорегулюємьх бистродейст- чих РЕП доцільно прийняти і здійснити лінеаризацію ха- теристик перетворювача в режимі переривчастого струму, застосувавши адаптивне пристрій (АУ) на вході СУ ТП. АУ складається з нелінійно- го ланки Nz1 (рисунок 2.46) і ланки Nz2 (рисунок 2.48).

На Рисунок 2.47 показані вікна введення параметрів нелінійного звена.

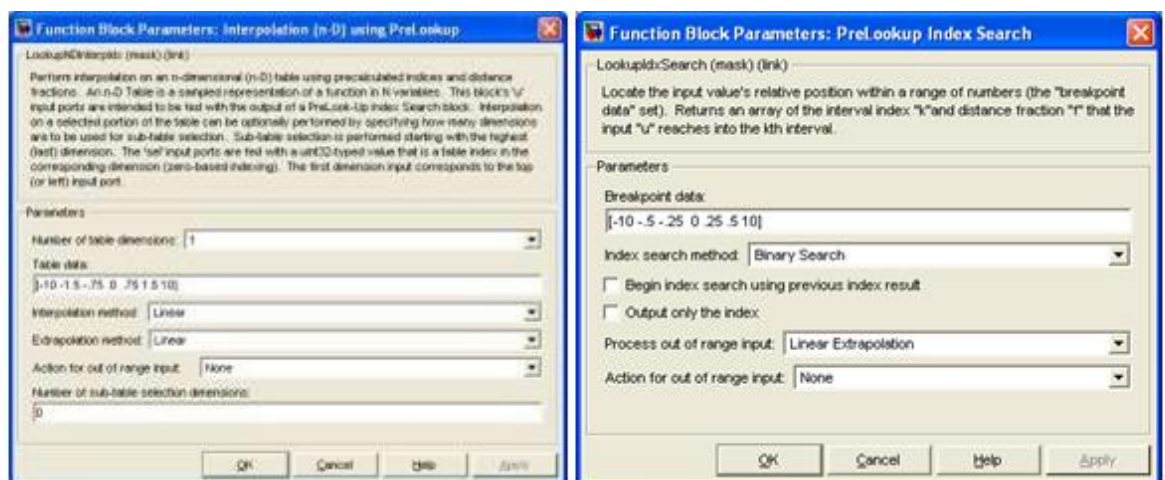


Рисунок 2.47 - Вікна введення параметрів нелінійного ланки Nz1

Схема моделі нелінійного ланки Nz2 приведена на Рисунку 2.48.

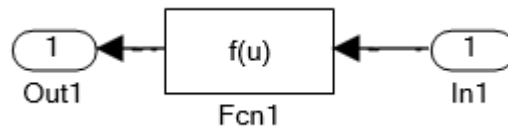


Рисунок 2.48 - Структура нелінійного ланки Nz2

На Рисунку 2.49 показано вікно введення параметрів нелінійного зв'язу Nz2.

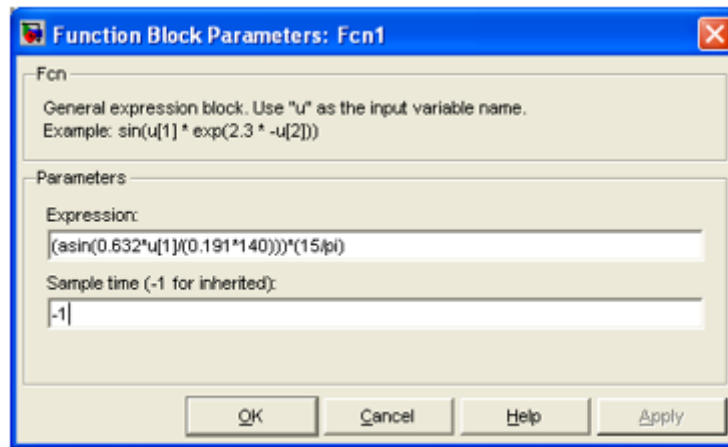


Рисунок 2.49 - Вікно введення параметрів нелінійного ланки Nz2

Вводимо в розроблену модель електроприводу розрахункові дані Цінні та зробимо моделювання роботи електроприводу при ступенчатому керуючому дії при повному навантаженні при різних за- дають напружених в одномасової варіанті.

На Рисунку 2.50 представлена реакція електроприводу на управління вплив $\pm 10\text{В}$.

Отримані результати свідчать, що електропривод відпрацював управління правильно. Максимальний пусковий струм не перевищує 210А, сталі значення частоти обертання 52,44 рад / с незначно відрізняється від заданого значення 52,5 рад / с. Електропривод працює з реактивним моментом опору (зі зміною напрямлення обертання знак моменту і струму двигуна також змінився на протилежних). У зв'язку з пульсуючим характером струму і моменту двигуна вимір середніх значень засобами Simulink утруднено. Тому данні вимірювань діаграм (рисунок 2.50) дещо розходяться з теоретичними. При скиданні навантаження до 5Нм в момент часу 0,2 с частота обертання зросла до значення мінус 53,99 1 / с і

відновилася до значення мінус 52,63 1 / с. ПІ-регулятор виконав своє призначення.

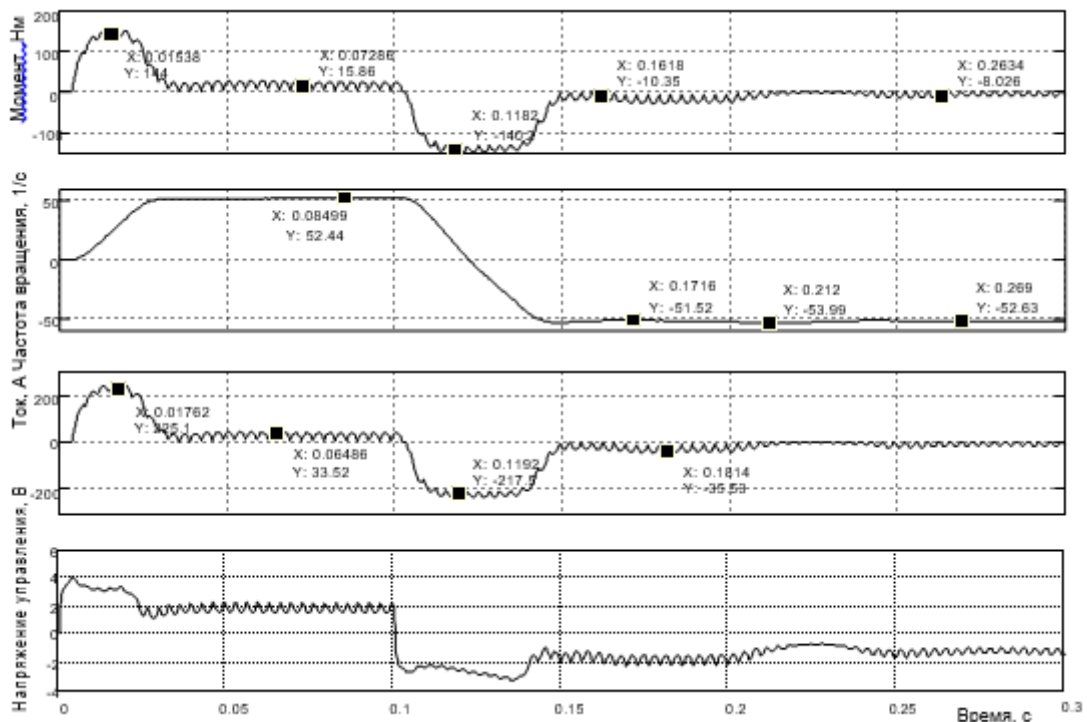


Рисунок 2.50 - Реакція електроприводу на керуючий вплив $\pm 10\text{В}$

з реактивним навантаженням 18Нм (зменшення навантаження до 5Нм в 0,2 с)

На Рисунку 2.51 показані результати моделювання процесу пуску-реверсу приводу на частоту обертання 26,25 1 / с з реактивної навантаженням.

Електропривод відпрацював завдання досить чётко.

Досліджуємо поведінку приводу під час пуску-реверсі на мінімальну частоту обертання, в тисячу разів меншу максимальної 52,5 1 / с. Задання на вході системи $\pm 0,01\text{В}$, навантаження реактивна 18Нм. Результат моделювання проілюстрований на Рисунку 2.52. Характерною особливістю режиму є робота з великими відносними пульсаціями усіх параметрів.

Частота обертання двигуна стала наростати, коли амплітудне значення пульсуючого моменту перевищує 18Нм. Через 0,65с частота обертання досягла заданого значення. При реверсі спостерігається велика пауза, протягом якої іде перехідний процес в регуляторах швидкості і струму. Як тільки амплітуда моменту двигуна перевищує 18 Нм, частота обертання

почала наростати в негативному напрям лени. Час пуску велике, приблизно 0,25 с.

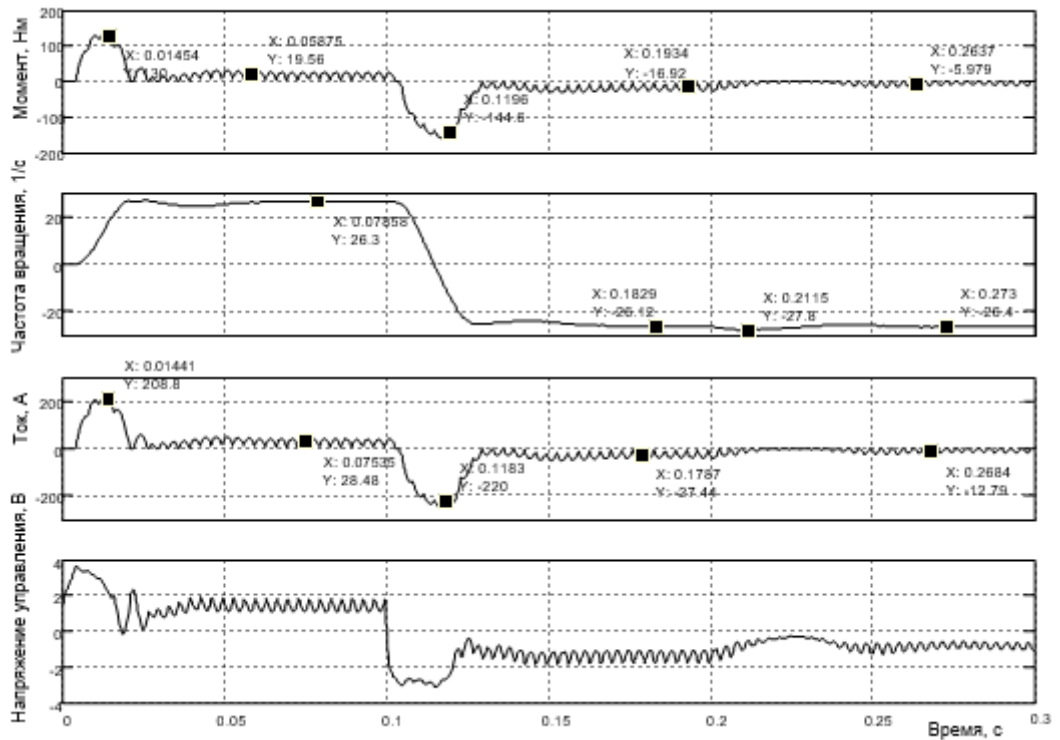


Рисунок 2.51 - Реакція електроприводу на керуючий вплив $\pm 5\text{В}$ з реактивним навантаженням $18\text{Н} \cdot \text{м}$ (зменшення навантаження до 5Нм в 0,2 с)

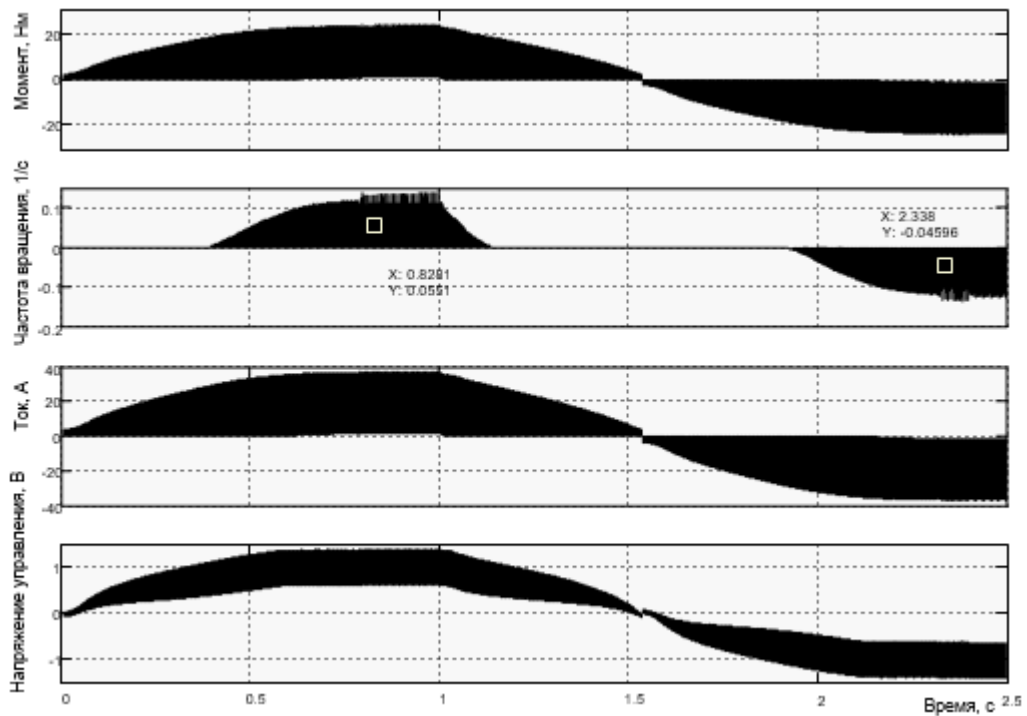


Рисунок 2.52 - Пуск реверс на малу частоту обертання $\pm 0,0525$ 1 / с з реактивним навантаженням 18Нм

Для поліпшення наочності результатів моделювання пропус- тім досліджувані сигнали через блоки Mean Value (усереднителі) і будем спостерігати середні значення пульсуючих сигналів. Схема моде- чи приймає вигляд, показаний на Рисунку 2.53.

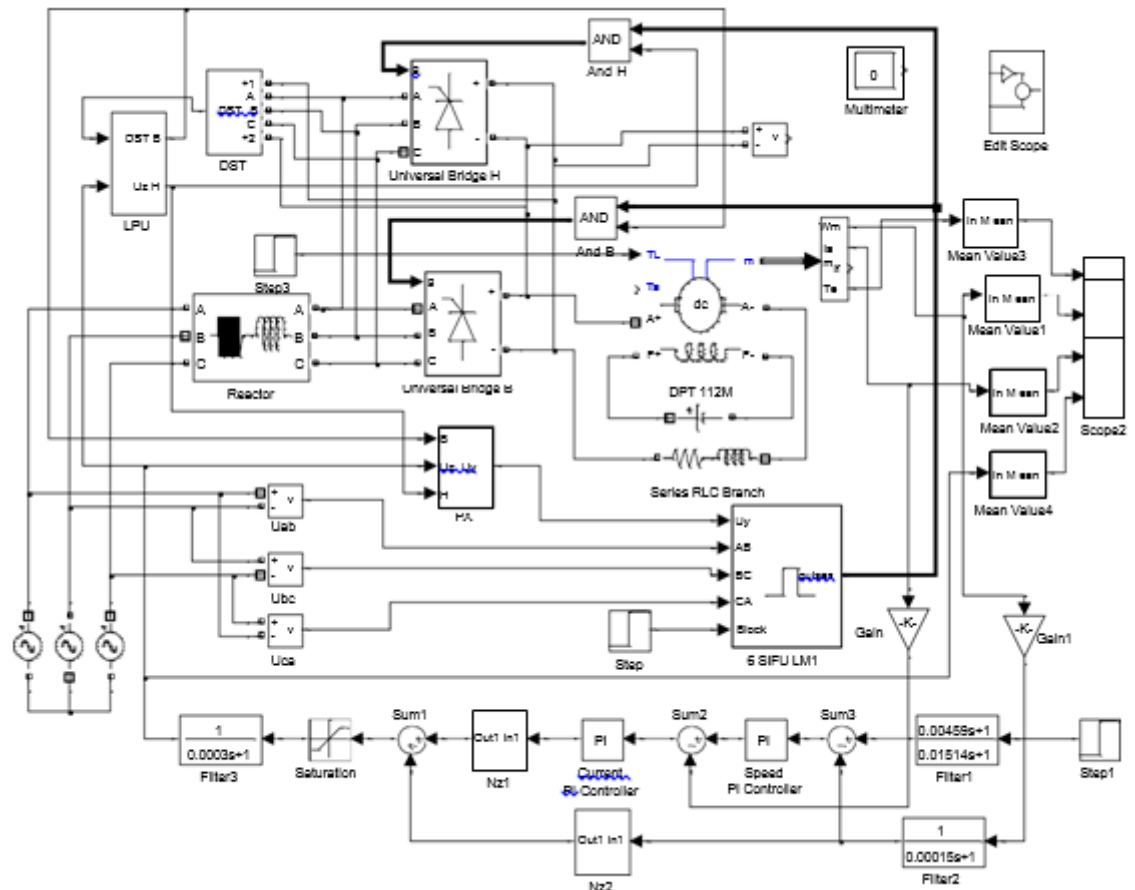


Рисунок 2.53 - Схема моделі електроприводу з роздільним керуванням з виділенням середнього значення пульсуючого сигналу

Замість Рисунка 2.52 отримана діаграма в середніх значеннях досліджуваних сигналів (Рисунок 2.54).

Крім наочності з'явилися деякі особливості, які необхідно пояснити. Процес наростання частоти обертання починається з моменту двигуна трохи більше 10Нм, при реактивному моменті навантаження 18Нм. Це викликано тим, що при такому середньому значенні момента двигуна амплітудне його значення досягло 18 і більше Нм. Цим же пояснюється відміну середнього значення моменту двигуна 15,61 Нм в сталому режимі від статичної реактивного навантаження 18 Нм.

Відпрацьоване задане значення частоти обертання прослідковується більш чётко, ніж на діаграмі Рисунка 2.52. Можна зробити висновок,

що якщо тахогенератор здатний достовірно формувати сигнал про- зворотного зв'язку по частоті обертання, то даний привід здатний працювати в діапазоні регулювання частоти обертання 1000.

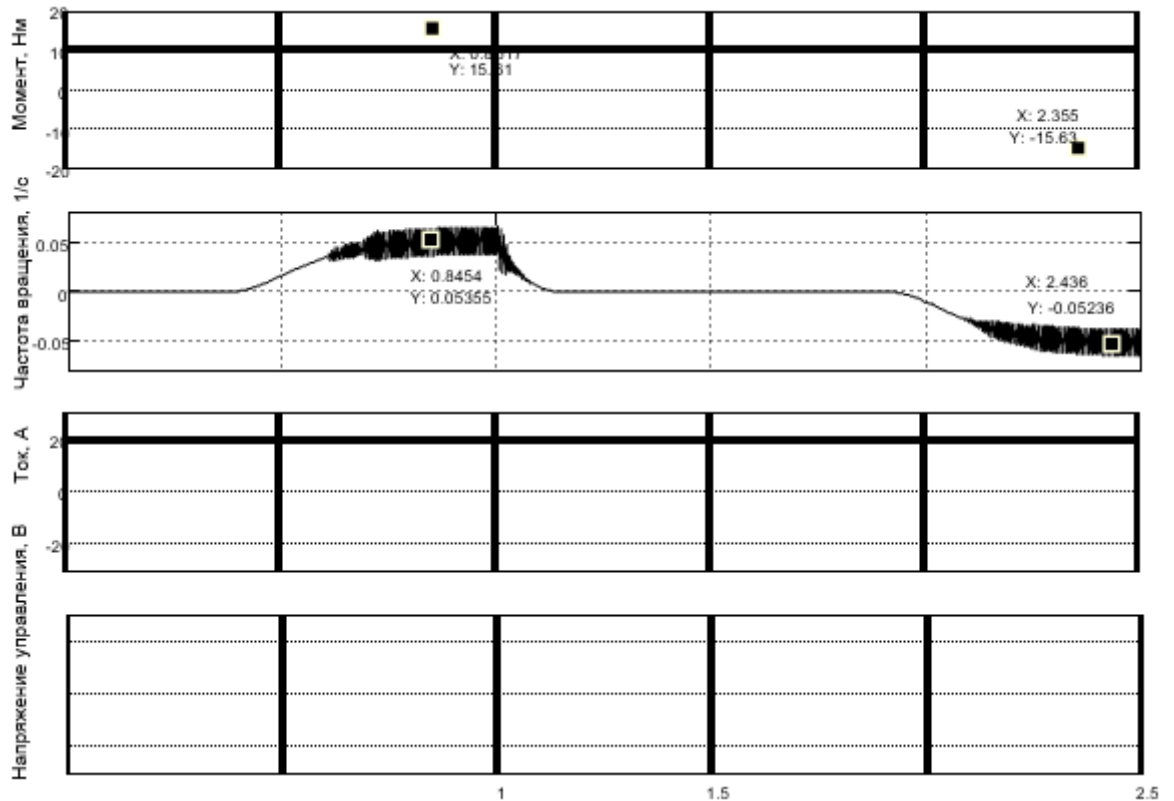


Рисунок 2.54 - Пуск реверс на малу частоту обертання $\pm 0,0525$ 1 / с з реактивним навантаженням 18Нм

Досліджуємо поведінку приводу на малій частоті обертання при скиданні навантаження з 18Нм до 5Нм (див. Рисунок 2.55).

Виділення гладкою усередненою складовою частоти обертання двигуна зроблено за допомогою блоку Mean Value. Дослідження по- здавалося, що відхилення частоти обертання склало мінус 1,661 1 / с і через 0,25 с частота обертання відновилася до заданого значення мінус 0,05241 1 / с.

Отримані показники роботи приводу на малій частоті враще- ня повинні бути співставлені з технічним завданням та прийнято ре- шення про відповідність або подальшого доопрацювання приводу.

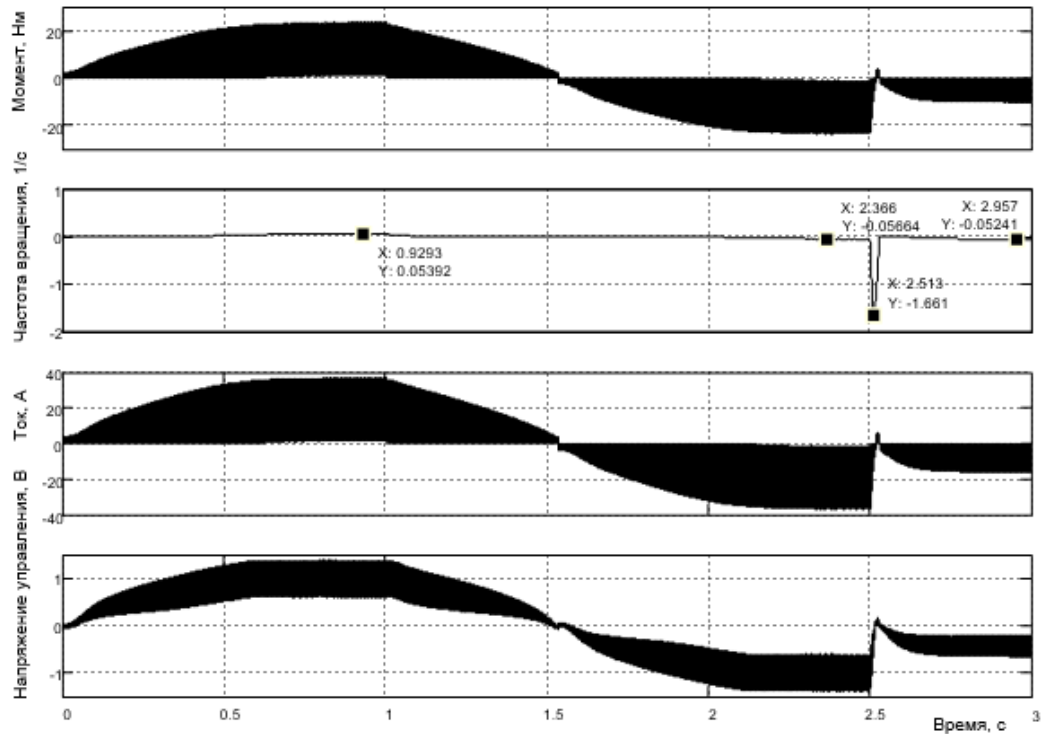


Рисунок 2.55 - Пуск реверс на малу частоту обертання $\pm 0,0525$ 1 / с з реактивним навантаженням 18Нм (скидання навантаження до 5Нм при 2,5с)

На Рисунку 2.56 представлена схема моделі тиристорного електроприводу з роздільним керуванням.

Відмінністю від попередньої схеми є використання двох комплектів СІФУ. Необхідність застосування блоку РХ відпала, раз-рішення роботи того чи іншого СІФУ задається по входу Block.

Результати моделювання роботи електроприводу на великий, середній і малої частотах обертання аналогічні вище розглянутому приводу і не наводяться в посібнику.

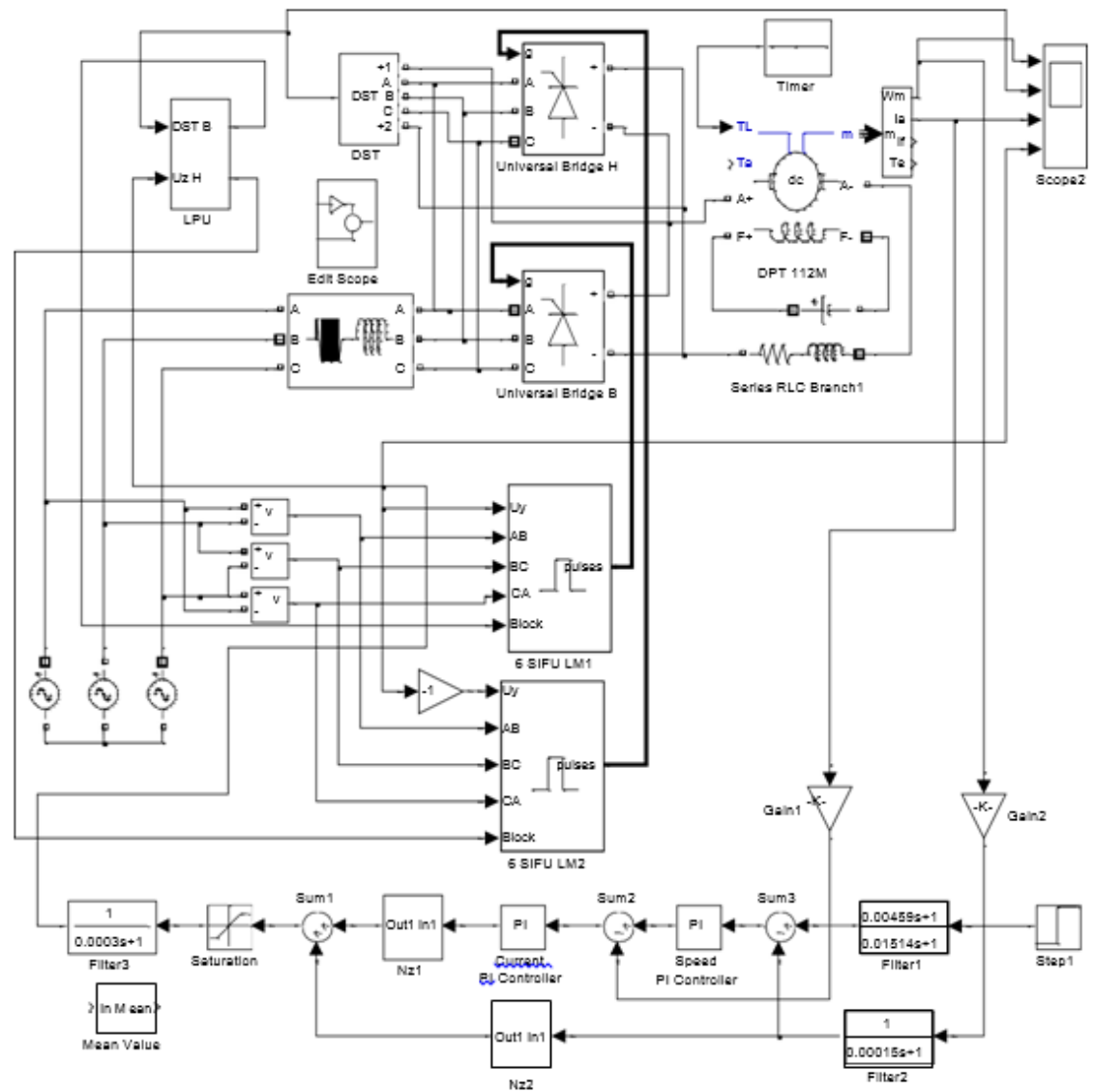


Рисунок 2.56 - Схема моделі електроприводу з роздільним керуванням з окремими СІФУ на кожен комплект (Fig2_56)

ВИСНОВКИ

1. Вивчено процеси фазоутворення у двошарових плівках на основі Co та Pd, у яких мають місце процеси упорядкування атомів (тобто формування фаз ($L1_0$, $L1_2$));

2. Для того, щоб застосовувати у промисловості плівки на основі Co та Pd потрібна більш низька температура формування $L1_0$ -фазі, обмеження росту зерен, зниження шорсткості поверхні, і контроль кристалографічної орієнтації зерен під час термічної обробки;

3. Магнітні властивості наночастинок фази $L1_0$ на основі Co та Pd визначаються багатьма факторами, головними з яких є наступні: а) хімічний склад; б) тип кристалічної решітки і ступінь її дефектності; в) розмір часток; г) форма часток; д) морфологія – для структурно неоднорідних частинок; е) взаємодія частинок з оточенням – матрицею і сусідніми частками.

4. Технологія термоасистованого магнітного запису є еволюційним наступником вже використовуваної технології перпендикулярного магнітного запису і завдяки використанню сплаву на основі Co та Pd можна буде виробляти жорсткі диски ємністю 30 Тбайт з щільністю запису 5 Тбіт/дюйм².

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. В.В.Денисенко. Компьютерное управление технологическим процессом, экспериментом, оборудованием. – М.: Горячая линия–Телеком, 2013. – 606 с.
2. Гук М. Интерфейсы ПК. Справочник: СПб: ЗАО «Издательство «Питер», 1999 416 с
3. Ан Пей. Сопряжение ПК с внешними устройствами: Пер. с англ. – М.: ДМК Пресс, 2001. – 320 с.: ил.
4. Смит Дж. Сопряжение компьютеров с внешними устройствами. Уроки реализации: Пер. с англ.- М.: Мир, 2000. – 266 с., ил.
5. Сопряжение датчиков и устройств ввода данных с компьютерами IBM PC: Пер. с англ./Под ред. У. Томпкина, Дж. Уэбстера. – М.: Мир, 1992. – 592 с., ил. Зельдин Е.А. Цифровые интегральные микросхемы в информационно-измерительной аппаратуре.– Л: Энергоатомиздат, 1986.- 280 с.
6. У. Титце К. Шенк Полупроводниковая схемотехника. Перевод с немецкого М.: ”Мир”. 1982
7. Орнадский П.П. Автоматические измерения и приборы. - К.; Техника,1990 - 448с.
8. Интегральные микросхемы. Справочник Под редакцией Б.В. Тарабрина М.: “Радио и связь”, 1983
9. <https://root-nation.com/news-ua/it-news-ua/ua-quantum-accelerometer/>
дата доступу: 19.05.2019 р.
10. <https://www.techcult.ru/technology/5994-kvantovye-akselerometry-pomogut-opredelit-polozhenie> дата доступу: 19.05.2019 р.
11. В.Г. Абакумов Электронные промышленные устройства. К., “Вища школа”, 1978, 375 с.

12. Козаченко В.Ф. Микроконтроллеры: Руководство по применению 16-разрядных микроконтроллеров Intel MCS-196/296 во встроенных системах управления. М.:Эком. 1997. 688 с.

13. В. Козаченко, А.Соловьев. Новые DSP-микроконтроллеры фирмы Analog Devices ADMC300/330 для высокопроизводительных систем векторного управления электроприводами переменного тока// CHIP NEWS. 1998. № 5. С. 16-21.

14. В.Ф Козаченко., Грибачев С.А. Новые микроконтроллеры фирмы Texas Instrumenst TMS32x24x для высокопроизводительных встроенных систем управления электроприводами// CHIP NEWS. 1998. № 11-12. С. 2-6.

15. ГОСТ 50369–92. Электроприводы. Термины и определения. – М.: Изд-во стандартов, 1993.

16. В.А. Лукас “Теория автоматического управления”.

17. Л.С. Цейтлин “Электропривод, электроснабжение и основы управления “.

18. Методичні вказівки по виконанню курсовий роботи з ТАУ. КПТ, 2000.

19. <http://elprivod.nmu.org.ua/>

20. https://systo.ru/prog/pract/com_win32.html

21. Электроприводы с системами числового программного управления: учебное пособие / сост. В. М. Иванов. – Ульяновск: УлГТУ, 2006. – 152 с.

22. Зубчук В.И. и др. Справочник по цифровой схемотехнике. – К. Техника, 1990.

23. http://www.know-house.ru/info_new.php?r=engineering&uid=712 –
Класификация лифтов, дата доступа: 19.05.2019 р.

24. <http://www.liftspas.ru/read/5/5-tehnicheskaya-harakteristika-liftov.html>
- технические характеристики лифтов, дата доступа: 19.05.2019 р.

25. <http://mash-xxl.info/info/633461/> Энциклопедия по машиностроению XXL, дата доступа: 19.05.2019 г.
26. <http://www.icit.nau.edu.ua/files/konf/polit-2013/ksu.pdf>