

ЗМІСТ

| | |
|--|----|
| ВСТУП | 6 |
| 1 ОПИС ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ БЛЮМІНГУ 1250 ТА ТЕХНІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА МЕХАНІЗМУ | 7 |
| 1.1 Характеристика обтискного стану 1250 | 7 |
| 1.2 Опис технології роботи штатних машин і механізмів цеху | 10 |
| 1.3 Загальні відомості про механізм ножиць | 11 |
| 1.4 Опис механізму ножиць 2000 тонн обтискного стану 1250 | 14 |
| 1.5 Вимоги, що пред'являються до електроприводу механізму ножиць | 20 |
| 2 РОЗРАХУНОК ПОТУЖНОСТІ ТА ВИБІР ЕЛЕКТРОДВИГУНА ДЛЯ ПРИВОДУ НОЖИЦЬ 2000 ТОНН БЛЮМІНГУ | 21 |
| 2.1 Розрахунок моментів статичних опорів | 21 |
| 2.2 Розрахунок зусилля і моментів опору різання | 22 |
| 2.3 Розрахунок навантажувальної діаграми двигунів | 27 |
| 2.3.1 Пуск двигуна | 27 |
| 2.3.2 Рух до моменту врзання у метал | 29 |
| 2.3.3 Різання металу | 29 |
| 2.3.4 Гальмування ножиць | 30 |
| 2.3.4 Сталий рух від закінчення різу до початку гальмування | 30 |
| 2.4 Перевірка потужності обраного електродвигуна по нагріву | 31 |
| 3 ВИБІР СИЛОВОЇ ПЕРЕТВОРЮВАЛЬНОЇ ТЕХНІКИ..... | 33 |
| НОЖИЦЬ 2000 ТОНН БЛЮМІНГУ | 33 |
| 3.1 Вибір та обґрунтування силової частини системи та способу керування електроприводом | 33 |
| 3.2 Вибір комплектного тиристорного електроприводу | 37 |
| 3.3 Вибір силового трансформатора та згладжувального дроселя | 45 |
| 3.4 Опис принципової схеми механізму ножиць | 49 |

| | |
|---|----|
| 4 СИНТЕЗ СИСТЕМИ ПІДПОРЯДКОВАНОГО КЕРУВАННЯ ЕЛЕКТРОПРИВОДОМ МЕХАНІЗМУ НОЖИЦЬ | 53 |
| 4.2 Розрахунок основних параметрів та елементів системи електропривода | 54 |
| 4.3 Синтез регулятора струму | 57 |
| 4.4 Синтез регулятора швидкості..... | 61 |
| 4.5 Розрахунок задатчика інтенсивності швидкості | 65 |
| 5 МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМИ ПІДПОРЯДКОВАНОГО КЕРУВАННЯ ЕЛЕКТРОПРИВОДОМ НОЖИЦЬ У СЕРЕДОВИЩІ MATLAB/SIMULINK..... | 69 |
| 6 ОХОРОНА ПРАЦІ | 81 |
| 6.1 Аналіз шкідливих і небезпечних факторів..... | 81 |
| 6.2 Інструкція з охорони праці для слюсаря-електромонтажника | 82 |
| 6.3 Заходи пожежної безпеки на базовому підприємстві (цеху, дільниці) | 86 |
| Додаток А..... | 90 |

ВСТУП

Ножиці застосовуються для поперечного та поздовжнього різання гарячого і холодного металопрокату. Застосовуються наступні види різання металу: порізка металопрокату на мірні довжини; обрізання переднього і заднього кінців; поздовжнє різання широких листів на стрічки; обрізання крайок у аркушів.

Залежно від характеру різання застосовують різну конструкцію ножів, які визначають наступні типи ножиць: з паралельними ножами; з похилими ножами; ножиці поперечного різання з катящимся різом; летючі і дискові. Об'єкт розробки відноситься до ножиць з паралельними ножами.

Для різання гарячого металу квадратного і прямокутного перетину на шматки мірної довжини, а також для обрізки передніх і задніх кінців після прокатки на блюмінгах, слябінгах заготівельних і сортових станах застосовуються ножиці з паралельними ножами. За конструкцією ножиці поперечного з паралельними ножами можуть бути двох типів: з верхнім різом (коли різання відбувається верхнім різом); з нижнім різом (коли різання відбувається при русі нижнього ножа).

На даний час одними з найбільш поширених і масово випущених промисловістю є системи керування електроприводом, побудовані за принципом підпорядкованого регулювання. У порівнянні з попередніми їм системами вони мають більшу швидкодію, виконані на базі уніфікованих елементів, що полегшує проектування та зборку.

В умовах швидкого зростання питомої ваги регульованих електроприводів при суворій економії матеріальних і трудових ресурсів переваги електроприводу оцінюються не тільки за ефектом, досягнутому в технологічній сфері, а й за тим, якою ціною вони досягнуті в сфері виробництва і експлуатації обладнання. Тому існує тенденція до глибокої уніфікації пристроїв управління.

Об'єктом розробки в даній дипломній роботі є автоматизований електропривод ножиць 2000 тонн блюмінгу.

1 ОПИС ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ БЛЮМІНГУ 1250 ТА ТЕХНІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА МЕХАНІЗМУ

1.1 Характеристика обтискного стану 1250

На обтискному стані 1250 прокочуються блюмса, осьова і ковальська заготовки перерізом від 200×200 мм до 400×400 мм і сляби шириною від 590×1250 мм при товщині від 110 до 320 мм, довжиною від 1200 до 6000 мм. Максимальна вага слябу 11,2 т.

Будівля цеху складається з прольоту нагрівальних колодязів, прольоту перекидних клапанів, станового прольоту, машинного залу і трьох складів блюмів і слябів шириною по тридцять метрів.

Злитки подаються потягами зі стриперного відділення мартенівського цеху в проліт нагрівальних колодязів, де проводиться посад, нагрів і видача злитків в прокатку.

Регенеративні нагрівальні колодязі обслуговують кліщові крани. Двигуни кліщових кранів живляться від мережевих генераторів постійного струму напругою в 230 В. Режим роботи при подачі зливків дуже важкий, і тому застосовуються двигуни постійного струму. Управління двигунами здійснюється релейно-контакторною апаратурою. Подача злитків до приймального рольгангу проводиться злитковозним візком, який складається з двох платформ і дозволяє подавати на приймальний рольганг по 4 злитка. Для зштовхування злитків з платформ візка служить зіштовхувач. З приймального рольганга, що приводиться за допомогою двигунів постійного струму типу Д-814 потужністю 110 кВт злиток подається на підвідний рольганг з аналогічним електроприводом. З рольгангу злиток подається на розкатний рольганг, на ваги, потім на робочий, потім на станинні ролики, які безпосередньо подають злиток до валків. За станом є 8 роликів, з яких перших три мають індивідуальний привод, а решта п'ять приводяться двома двигунами постійного струму типу SHC21C1 потужністю 126 кВт. Живлення двигунів здійснюється за системою ТП-Г (тип КТЕ460 / 500). Для покращення злитка валками кліті або розкату перед кліттю і за нею

встановлено по два станинні ролики. Привід станинних роликів здійснюється від двигунів П2Р-560 потужністю 150 кВт. Керування двигуном здійснюється за системою ТП-Д (тип КТЕ460 / 500). Станини ролики і робочий рольганг за умовами технологічного процесу потребує швидкого розгону і гальмування. Цим пояснюється застосування такого приводу.

Прокатка злитків проводиться реверсивною робочою кліткою у відповідності із заданими схемами прокатки. Привід валків клітки індивідуальний і здійснюється двигунами типу П-23 / 165-5,9 потужністю 5000 кВт і оборотами 50 - 90 об / хв, при номінальній напрузі 850 В і струмі 6300 А. Момент на валу двигуна дорівнює 89700. Двигуни живляться по системі ТП-Д. Вибір системи керування диктується найкращим використанням механічних якостей даної клітки, що веде до збільшення загальної продуктивності стану. Обтиснення при прокатці проводиться за допомогою натискного пристрою. Привід натискного пристрою складається з двох двигунів МПВ-640-700 загальною потужністю 2×640 кВт і номінальною напругою 600 В. Двигуни встановлені на робочій клітці у вертикальному положенні, їх живлення здійснюється за системою ТП-Д. До нажимного пристрою пред'являються дуже високі вимоги: велике число включень на годину, швидкий розгін і гальмування, реверсування.

Перед станом і за ним встановлено маніпулятори з вбудованими у праві лінійки кантувачами. Маніпулятор служить для пересування розкатів від калібру до калібру і для редагування викривленого розкату якщо такий виходить в процесі розкочування. Управління маніпулятором по системі ТП-Д, тип двигуна 32AS6260F / 10 потужністю 620 кВт. Кантователі служать для установки розкату на ребро під час прокатки слябів і перекидання розкату для проходження його у черговому калібрі. Кантовка здійснюється на 90° уздовж осі прокочуваної штуки. Привод переднього кантователя здійснюється від двигунів потужністю 300 кВт тип 32AS5858F/10. Привод безредукторний – 37 об / хв. Управління двигунами кантователів здійснюється за системою ТП-Д. Після прокатки метал транспортується на ножиці розкату або відводиться рольгангом. Ножиці приводяться до руху за

допомогою двох двигунів типу 2AS6862F/16 із сумарною потужністю 2×3800 кВт. Керування та живлення двигунів здійснюється по системі ТП-Д.

Привод ножиць характеризується частими включеннями. Реверс повинен проводитися за короткий час. Щоб не затримувати метал на потоці прибиранням обрізків, за ножицями є відсувальний рольганг. При обрізанні кінця розкату з дефектами рольганг відсувається, утворюючи вікно шириною 900 мм, у яке провалюється обріз і по жолобу, встановленому під відсуваючим рольгангом, направляється на конвеєр прибирання обрізків. Обрізки, потрапивши на конвеєр, подаються ним до прольоту до залізничних платформ.

Порізка металу в діапазоні від 1,2 до 6 метрів здійснюється за допомогою пересувних упорів. Підйом упорів проводиться приводом з двигунами постійного струму типу SHK 10A1 потужністю 2×31 кВт, а привод переміщення упорів здійснюється двигунами постійного струму типу SHK 10A1 потужністю $2 * 37$ кВт.

За ножицями встановлені сельсинні покажчики довжини порізаної штуки.

Транспортний рольганг подає бльоми і сляби до клеймовочної машини. Після таврування метал надходить на рольганги до збиральних пристроїв, змонтованих у трьох прольотах складу і розташованих перпендикулярно становому прольоту. Лінія збирання складається з рейкового зіштовхувача, привод якого має двигун типу Д818 потужністю 186 кВт, рольгангов, зникаючих упорів і штабелюючих столів.

Привод рольгангів, що входять до лінії збирання, здійснюється від двигуна типу Д810 потужністю 55 кВт. Штабелювальні столи вантажопідйомністю 30 тонн приводяться двигуном типу Д812 потужністю 75 кВт. На збиральних пристроях відбувається сортування металу за марками і розмірами.

Готова продукція перевозиться кранами на склад.

1.2 Опис технології роботи штатних машин і механізмів цеху

Злитки, нагріті до температури прокатки, з нагрівальних колодязів кліщовим краном подаються на злитковозу, який підвозить їх до приймального рольгангу.

Рольганг призначений для транспортування металу до прокатного стану. Транспортні рольганги обтискних станів забезпечені груповим приводом. Вони відрізняються полегшеною конструкцією оскільки вони транспортують довгу смугу (блюм) і навантаження, що припадає на один валик, не дуже велика. На всіх транспортних рольгангах зроблені бічні напрямні сталеві лінійки призначені для направлення рухомої смуги. Потім злиток по рольгангу подається до робочої кліті стану, у якій здійснюється власне прокатка металу.

Кліті реверсивні, періодично змінюють напрямок обертання валків, забезпечуючи проходження металу через валки вперед і назад кілька разів.

Маніпулятор призначений для пересування металу по роликах рольганга паралельно їх бочок з метою подальшого направлення металу у валки. Одночасно з цим лінійки маніпулятора випрямляють прокочувальну смугу, якщо вона скривилася при прокатці. Маніпулятори застосовують при прокатці зливків з відносно товстою смугою заготовки (на блюмінгу).

Кантователі в лініях прокатки служать для повороту прокочуваної смуги щодо її поздовжньої осі перед завданням наступного калібру валка. Для поперечного різання гарячого прокату застосовують ножиці з паралельними ножами.

Принцип роботи ножиць з нижнім різом полягає у наступному: нижній ніж змонтований на супорті (повзунові), який може підніматися вгору за допомогою кривошипного приводу; верхній ніж встановлений у верхньому супорті і переміщається по вертикалі. Перед початком різання ножі розкриті і метал проходить між ними по рольгангу: нижній ніж при цьому знаходиться нижче рівня поверхні роликів рольгангу і не заважає руху металу.

Потім метал зупиняється в необхідному положенні, і супорт верхнього ножа опускається до зіткнення з ним, подальше просування верхнього

супорта припиняється і починає рухатися супорт нижнього ножа – при цьому відбувається різка металу.

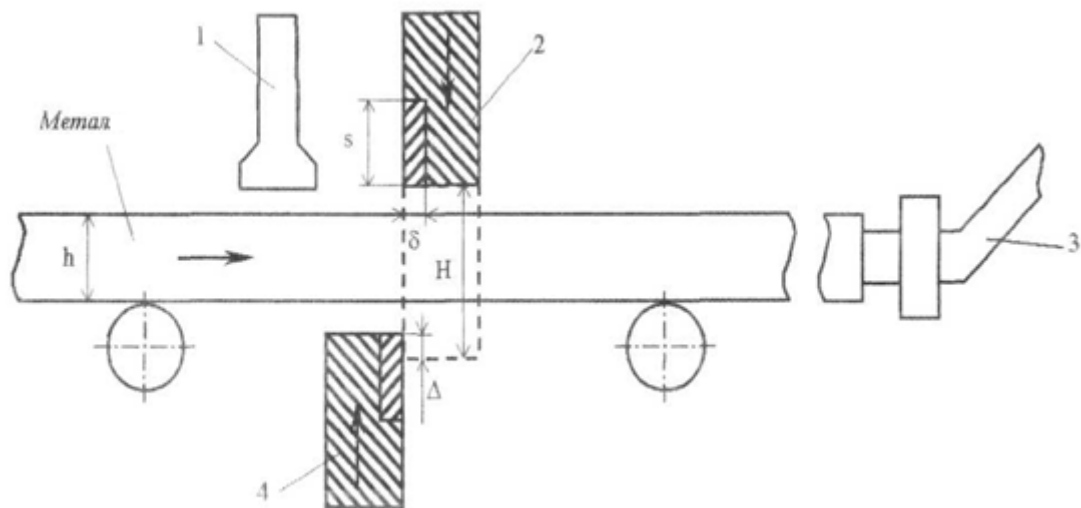
Ступінь фізичного і морального зносу устаткування висока і становить близько 80 – 90%. Витрата електроенергії на одиницю продукції становить 18,4 кВт на одну тону випуску. Технологічний процес – потоковий.

1.3 Загальні відомості про механізм ножиць

Для різання гарячого металу квадратного і прямокутного перетину на шматки мірної довжини, а також для обрізки передніх і задніх кінців його після прокатки на блюмінгах, слябінгах заготівельних і сортових станах застосовуються ножиці з паралельними ножами. За конструкцією ножиці поперечного різання з паралельними ножами можуть бути двох типів:

- з верхнім різом (коли різання відбувається верхнім різом);
- з нижнім різом (коли різання відбувається при русі нижнього ножа).

Схема ножиць з паралельними ножами наведена на рисунку 1.1.



- 1 – притиск;
- 2 – верхній супорт із ножем;
- 3 – пересувний упор;
- 4 – нижній супорт із ножем

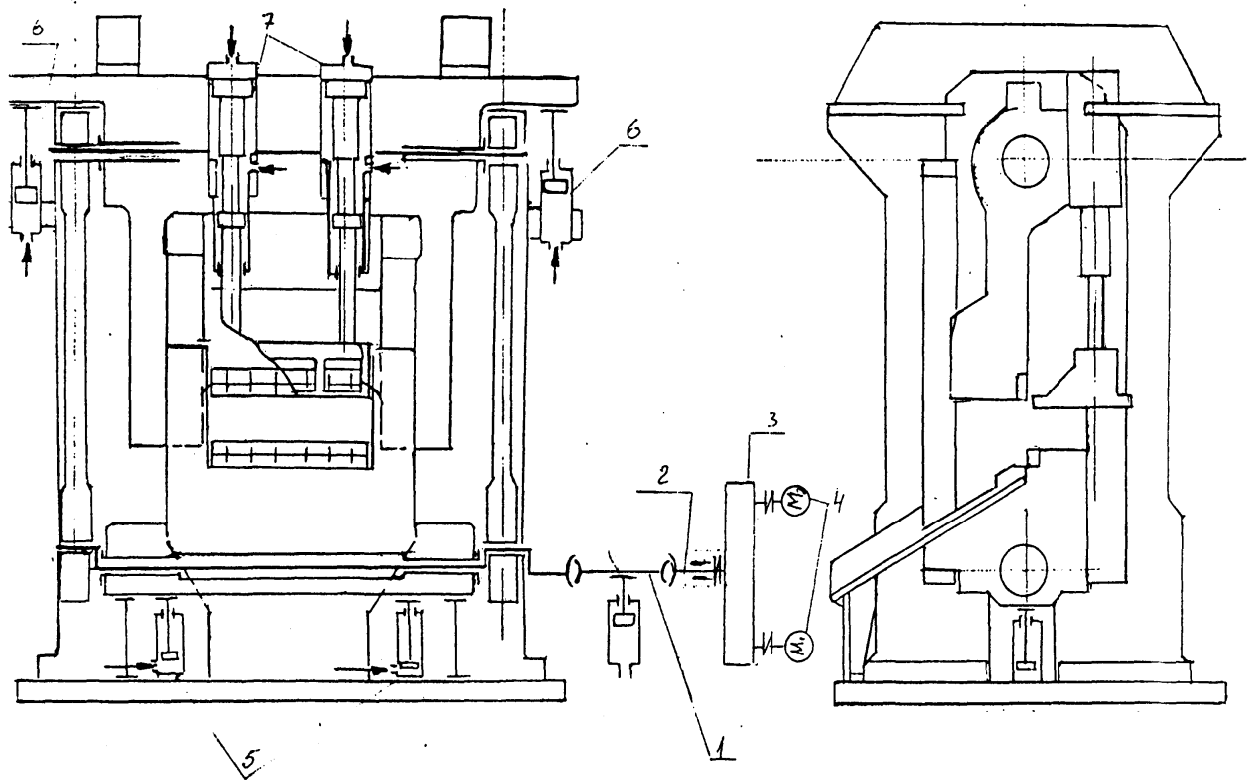
Рисунок 1.1 – Схема ножиць із паралельними ножами

Ножиці з верхнім різом зазвичай мають кривошипно-шатунний передавальний механізм і відносно прості за конструкцією. Однак їм притаманний ряд недоліків:

– після різання, на нижній межі утворюються задирки, що заважають руху по рольгангу;

– відрізана частина металу разом з верхнім ножем опускається нижче рівня рольгангу, тому ножиці повинні мати підйомно-хитаючий стіл.

Ножиці з нижнім різом не мають таких недоліків, однак вони складніше за конструкцією. Найбільш досконалі ножиці з плаваючим ексцентриковим валом. Загальний вид ножиць наведена на рисунку 1.2.



- 1 – шпindelь ножиць;
- 2 – промвал з підшипником;
- 3 – редуктор;
- 4 – двигуни M1 та M2;
- 5 – нижній циліндр;
- 6 – верхній циліндр;
- 7 – циліндри притиску;

Рисунок 1.2 – Загальний вид та кінематична схема ножиць

Двигуни ножиць, редуктор і універсальний шпиндель надають руху плаваючому ексцентриковому валу, який може обертатися як навколо осі, що проходить через підшипники в тязі нижнього ножа, так і навколо осі, що проходить через підшипники в супорті верхнього ножа за умови його нерухомості.

На початку руху супорт нижнього ножа під дією своєї ваги утримується у початковому положенні. Супорт верхнього ножа урівноважений, тому верхній ніж і притиск приходять у рух і опускаються.

Після зіткнення з металом верхній ніж зупиняється, оскільки метал, що знаходиться під ним лежить на нерухомому рольгангу. Потім починає підніматися нижній ніж з притиском, і виконується різання. Повернення нижнього і верхнього ножів у початковий стан після різання відбувається у зворотному порядку. Команда на зупинку електропривода ножиць у вихідному положенні подається колійним командоапаратом, пов'язаним із редуктором ножиць.

Залежно від товщини металу, що розрізається різання може відбуватися при роботі ножиць по круговому циклу або по коливальному. В останньому випадку після кожного циклу роботи ножиць напрямок обертання електродвигунів змінюється.

Привод ножиць з паралельними ножами зазвичай здійснюється від електродвигунів постійного струму, що працюють за системою «керований перетворювач – двигун».

До електроприводу ексцентрикового валу ножиць блюмінга висувають такі вимоги:

- можливість реверсування;
- точність підтримки швидкості $\Delta_{\omega C} = 8-10\%$ у всьому діапазоні регулювання;
- робота електроприводу в повторно-короткочасному режимі роботи;
- надійне обмеження струму, моменту електродвигунів;
- надійність роботи, простота налагодження та експлуатації.

Дані вимоги можна виконати використовуючи регулювання напруги на якорі двигуна. Це дозволяє зробити стандартний комплексний тиристорний перетворювач регулюючий швидкість, струм, момент в заданому діапазоні і з заданими обмеженнями за допомогою регуляторів зі стандартним налаштуванням. Використовується підпорядковане регулювання координат ЕП.

1.4 Опис механізму ножиць 2000 тонн обтискного стану 1250

Ножиці служать для різання металу в гарячому стані верхнім або нижнім різом. Верхній різ використовується при обрізанні передньої частини заготовки і при подрібненні скрапу. Він виконується верхнім ножом при використанні нижнього ножа. Нижній різ використовується при розрізанні заготовки на необхідні мірні довжини. Виконується нижнім ножом при використанні верхнього ножа, перед здійсненням різі зупиняється у попередньо обраному положенні над верхнім рівнем заготовки. Вибір цього положення залежить від висоти заготовки, що розрізається. Для забезпечення якісного розрізу заготовка при здійсненні різі притиснута притримуючим пристроєм матеріалу. Зусилля притримування розвивається парою гідравлічних циліндрів. Гідравлічна система забезпечує налаштування трьох ступенів зусилля притримування від 250 кН до 390 кН. Ножиці приводяться двома тихохідними двигунами, постійного струму через загальну шафу редукторів. Кожен двигун окремо живиться і збуджується від регулюючого реверсивного тиристорного перетворювача. Технічна характеристика механізму ножиць представлена у таблиці 1.1.

Для нагріву двигунів приводу ножиць під час робочих інтервалів служать нагрівачі, розташовані під самими двигунами. Упор переміщення служить для налаштування необхідної розрізаючої довжини і зупинки металу, що розрізається. Переміщення візка упору з бабою у горизонтальній площині виконується за допомогою двох ходових гвинтів. Гвинти приводяться двома двигунами постійного струму через дві пари шаф

редукторів. Напрямок обертання приводних двигунів – взаємно протилежний. Привід додатково гальмується стрічковим гальмом. Два двигуна постійного струму включені послідовно і механічно з'єднані загальною шафою редуктора. Якір електродвигуна та обмотка збудження живляться від регульованого тиристорного перетворювача шафового виконання. Для охолодження двигунів упору застосовуються вентилятори.

Таблиця 1.1 – Технічна характеристика ножиць 2000 тонн блюмінгу

| Найменування параметру | Розмірність | Величина |
|--|-------------|----------|
| 1 | 2 | 3 |
| Максимально зусилля різання | кН | 20000 |
| Максимальна кількість різів за хвилину | різ/хв | 9-13 |
| Перетин слябів максимальне | мм | 350×1250 |
| Перетин блюмів максимальне | мм | 400×400 |
| Перетин слябів мінімальне | мм | 110×590 |
| Перетин блюмів мінімальне | мм | 200×200 |
| Температура металу у мінімального перетину при різанні | °С | 900-950 |
| Радіус ексцентрика валу | мм | 250 |
| Довжина ножів (3 шт.) | мм | 1800 |
| Підйом ножів | мм | 500 |
| Перекриття ножів | мм | 25 |
| Початкове положення ножів під верхньою кромкою роликів | мм | 10 |
| Максимальна висота ножів над рівнем роликів | мм | 465 |
| Зазор між ножами | мм | 3-4 |
| Зусилля притиску максимальне | кН | 780 |
| Кількість блюмів, що одночасно розрізаються | шт | 2 |
| Максимальний крутний момент на валу ножиць | МНм | 7300 |
| Відстань між верхнім і нижнім валом | мм | 3545 |
| Час одного різання | с | 4,6 |

| 1 | 2 | 3 |
|---|-------------------|-------|
| Час пуску не більше | с | 0,75 |
| Прискорення при пуску не менше | с ⁻² | 11,0 |
| Діаметр поршнів і нижніх врівноважують циліндрів полозок | мм | 282 |
| Діаметр поршнів циліндрів притиску | мм | 250 |
| Максимальна довжина заготовки | мм | 2300 |
| Максимальна довжина обрізаної заготовки | мм | 1250 |
| Максимальний хід каретки упору | мм | 4800 |
| Число підйомів каретки упору в хвилину | - | 9 |
| Вага металу, що зупиняється не більше | кг | 21000 |
| Швидкість зупинки металу | м/с | 0,5 |
| Момент інерції механізму приведений до валу електродвигуна | кг·м ² | 4341 |
| Довжина ножів | мм | 1800 |
| Максимальна висота ножа над рівнем роликів | мм | 465 |
| Передавальне число редуктора | в.о. | 5 |
| Максимальний момент на вході на кожному валу | кНм | 855 |
| Допустимий момент кожної запобіжної муфти | кНм | 1050 |
| Швидкість обертання вхідного вала | с ⁻¹ | 8,377 |

Електродвигун підйому каретки потужність 31 кВт, швидкість 585 об/хв; 2 одиниці.

Електродвигун пересування каретки потужність 37 кВт, швидкість 585 об/хв; 2 одиниці.

Мастило механізму ножиць:

– вузел полозок (повзунів) - густа централізована, станція Г-6, періодичність 1 раз в 15 хвилин, точок змащення-28;

– редуктори і двигуни ножиць, вузол врівноваження шпинделя і вкладиші шпинделя - рідка централізована, циркуляційна станція Ж-4.

Таблиця 1.2 – Паспортні дані встановлених електродвигунів 2AS6862F/16

| Найменування параметру | Чисельне значення |
|---|-----------------------------|
| Номінальна потужність, кВт | $P_H = 3800$ |
| Номінальна напруга, В | $U_H = 800$ |
| Номінальний струм електродвигуна, А | $I_H = 5100$ |
| Номінальна частота обертання, об/хв. | $n_H = 80$ |
| Коефіцієнт корисної дії | $\eta = 0,97$ |
| Маховий момент двигуна, кгм^2 | $GD^2 = 30000$ |
| Опір обмотки якоря (холодний) при 20°C , Ом | $r_{\text{я}} = 0,0034$ |
| Опір додаткових полюсів (холодний), Ом | $r_{\text{дп}} = 0,001128$ |
| Опір компенсаційної обмотки (холодний), Ом | $r_{\text{ко}} = 0,00218$ |
| Перевантажувальна здатність, $I_{\text{макс}} / I_H$ | 2,7 |
| Число пар полюсів | $2p = 16$ |
| Число паралельних віток обмотки якоря | $2a = 16$ |
| Магнітний потік (при 80 об/хв та е.р.с $E_0 = 754$ В), Вс | $\Phi = 35,7 \cdot 10^{-2}$ |

Мастило пересувного упору:

– вінти, напрямні каретки: шарнірне з'єднання важеля - густа централізована; станція Г-4 (1) періодичність 1 раз в 1 годину;

– редуктори 3 шт. - рідка заливна, заправні обсяги по 95л.

Основними параметрами механізму ножиць є:

- максимальне зусилля різання P ;

- хід ножів H ;

- довжина ножів L ;

- кількість різів за хвилину (продуктивність).

Ножиці складаються з двох передніх і двох задніх станин, з'єднаних поперечиною; фундаментних плит; сполучних траверс лівих і правих станин. Усередині станин посаджений ріжучий механізм, який являє собою нижні і верхні санчата (повзуни). З'єднання санчат виконано двома шатунами, які насаджені в нижній частині на ексцентриковий валу, що проходить через нижні санчата, а у верхній частині - з'єднувальним валом, що проходить через верхні санчата. Нижні санчата мають напрямні ковзання в верхніх санчатах, які посаджені в станинах з направляючими ковзання.

У верхніх і нижніх полозках встановлені ножі для різання металу. Верхній і нижній ножі складаються з 3-х частин. Притиск розташований на верхніх полозках і являє собою державка і два гідравлічних циліндра. У разі невідповідності зазорів і перекриттів на ножах через зношування ріжучого механізму, ножі виготовляють товщі (для зменшення зазорів), під верхні ножі підкладають прокладки (для збільшення перекриття).

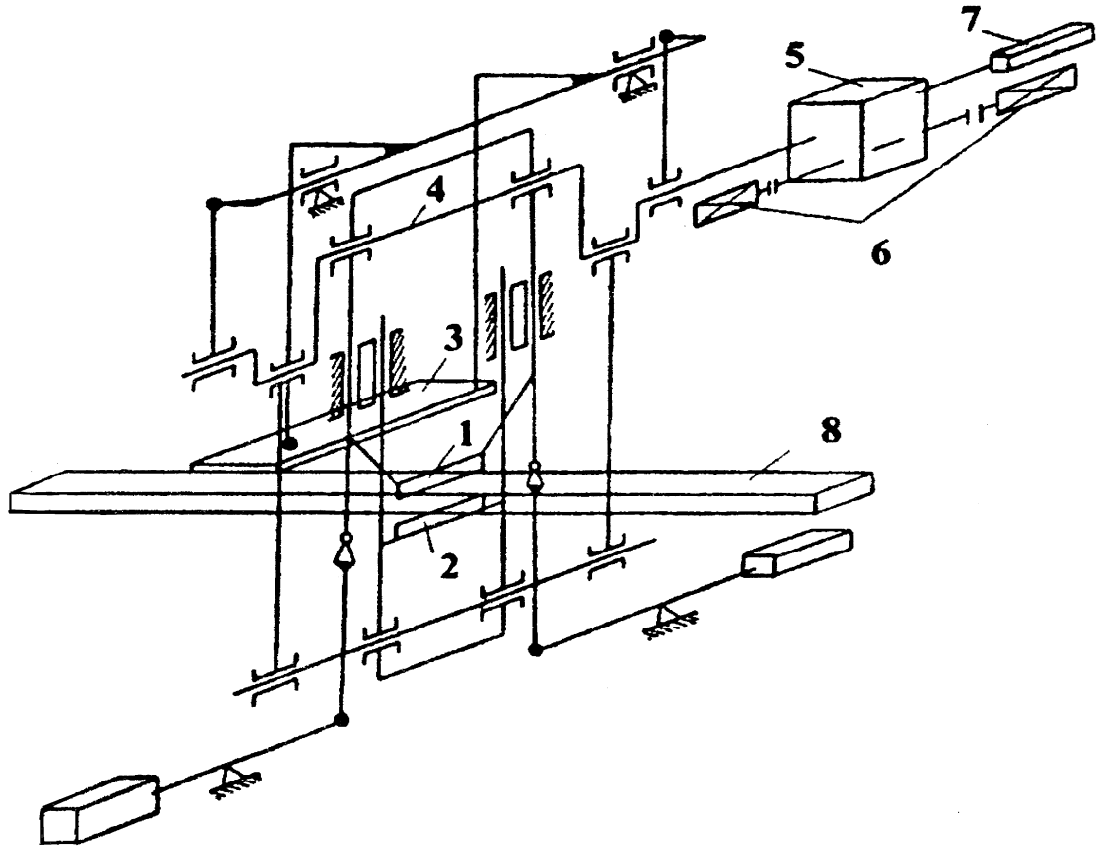
Урівноваження ріжучого механізму виконано двома парами гідравлічних циліндрів. Привід ножиць здійснюється електродвигунами потужністю по 3800 кВт, які передають обертання за допомогою 2-х запобіжних муфт на вхідні вали редуктора. Редуктор з'єднує моменти електродвигунів з двох входів на один вихідний вал і редукує вхідні обороти в співвідношенні 1: 5. Посадка валів на підшипниках кочення.

Мастило зубчастого зачеплення і підшипників приводу ножиць циркуляційна під тиском. Вихідний вал редуктора через проміжний вал і шарнірний шпindel з'єднаний з ексцентриковим валом і шатунами ножиць. Урівноваження шпинделя виробляється одним гідроциліндром.

Кінематична схема ножиць приведена на рис. 1.3.

Ножиці з нижнім різанням мають ексцентриковий вал 4. Двигун ножиць 6 і редуктором 5 пускають у хід ексцентриковий вал, який може обертатися як навколо осі, що проходить крізь підшипники в тязі, так і навколо осі, що проходить в супорті. На початок руху супорт нижнього ножа

2 під дією своєї ваги міститься в початковому положенні. Супорт верхнього ножа 1 врівноважен, завдяки цьому верхній ніж і притиск проходять в дію і опускаються.



- 1 верхній ніж;
- 2 нижній ніж;
- 3 притиск;
- 4 плаваючий ексцентриковий вал;
- 5 редуктор;
- 6 - двигуни;
- 7- шляховий командоапарат;
- 8 - метал, який розрізається

Рисунок 1.3 – Кінематична схема ножиць

Після зіткнення з розрізним металом 8 верхній різ зупиняється, тому що метал знаходиться на нерухомому рольгангу. Потім починає підніматися нижньої різ разом з притиском 3, і виконується різання. Повернення нижнього і верхнього ножа в початкове положення після різання відбувається в зворотному порядку. Команда на зупинку електропривода в вихідному положенні подається шляховим вимикачем 7.

1.5 Вимоги, що пред'являються до електроприводу механізму ножиць

До механізму ножиць пред'являються такі технологічні вимоги.

До основних вимог належать:

– надійність - це властивість електропривода виконувати необхідні функції, зберігаючи свої експлуатаційні показники і характеристики протягом заданого періоду часу;

– працездатність є стан електропривода, при якому він здатний виконувати свої функції;

– безвідмовність - це властивість електропривода зберігати свою працездатність протягом одного часу;

– довговічність - це властивість електропривода зберігати свою працездатність до певного стану.

До спеціальних вимог електропривода ножиць відносяться:

– точна зупинка ножа до 5мм;

– здатність різання різних сортів металу;

– габарити розрізає 1300/320;

– мінімальна кількість зазорів і люфтів;

– діапазон регулювання - це відношення максимальної швидкості до мінімальної 3:1;

– оборотність приводу.

– тривалість включення - 60%

– двохзонна регуляція швидкості.

При виборі типу електропривода ножиць необхідно детальне вивчення технологічного процесу, для визначення дійсного навантаження, і режиму роботи ножиць, а також точності зупинки і інших специфічних умов роботи механізму.

2 РОЗРАХУНОК ПОТУЖНОСТІ ТА ВИБІР ЕЛЕКТРОДВИГУНА ДЛЯ ПРИВОДУ НОЖИЦЬ 2000 ТОНН БЛЮМІНГУ

З огляду на те, що встановлені на даний момент на ножицях двигуни досить нової серії і мають досить великий робочий термін, залишаємо їх у даному проекті. Виконаємо їх перевірку методом еквівалентного моменту.

2.1 Розрахунок моментів статичних опорів

Момент статичного опору ножиць залежить від зусилля різання металу. У свою чергу, зусилля різання для ножиць з паралельними ножами, які працюють з притиском, визначається за формулою [1]:

$$P = \tau \cdot F \quad (2.1)$$

де τ – питомий опір різанню, віднесений до всього поперечного перерізу і залежний від відносної глибини надрізу;

F – площа поперечного перерізу металу, що розрізається.

Питомий опір τ визначається за експериментальними кривими, що виражають питомий опір різання в функції відносної глибини надрізу $\tau = f(\varepsilon)$. Такі криві визначаються для різних марок сталі при різній температурі різання металу.

Під час різання металу товщиною h_0 зв'язок між відносною глибиною надрізу і відстанню між ножами встановлюється наступною залежністю:

$$h = (1 - \varepsilon) \cdot h_0 \quad (2.2)$$

Зв'язавши відстанню між ножами з кутом повороту ексцентрикового вала, за допомогою виразів (2.1) та (2.2), можна знайти залежність опору різання P в функції α : $P = f(\alpha)$.

Відношення радіусу ексцентрикового вала до довжини тяги нижнього ножа для розглянутих ножиць становить:

$$\frac{r}{l} = \frac{250}{3545} = 0,07 \quad (2.3)$$

При визначенні цього відношення менше 0,1 формула для розрахунку залежності відстані між ножами від кута повороту ексцентрикового вала має вигляд [1]:

$$h = r \cdot (1 + \cos \alpha) - h_{II}, \quad (2.4)$$

де h_{II} – перекриття ножів;

α – кут повороту ексцентрикового валу.

Тоді з урахуванням (2.2):

$$\varepsilon = 1 - \frac{h}{h_0} = 1 - \frac{r \cdot [1 + \cos(\alpha)] - h_{II}}{h_0} \quad (2.5)$$

де h_0 – висота заготовки.

Момент статичного опору з урахуванням (2.3) можна визначити за формулою [1]:

$$M_C = \frac{P \cdot r \cdot \sin(\alpha)}{\eta \cdot i}, \quad (2.6)$$

де η – КПД передачі ножиць, який дорівнює 0,8 [1];

$i = 5$ – передаточне число редуктора.

2.2 Розрахунок зусилля і моментів опору різання

Розрахунок зусилля різання і M_C для слябу з розміром 350×1250 мм при $t = 1100^{\circ}\text{C}$ наведено у таблиці 2.1, для двох блюмів перетином 400×400 мм при $t = 900^{\circ}\text{C}$ у таблиці 2.2 [1]. Розрахунок виконано за допомогою програми Matlab. Графік залежності відстані між ножами h від кута повороту вала α наведено на рисунку 2.1. В ході розрахунку були визначені:

$\alpha_{II_C} = 60^{\circ}$ – кут початку різання слябу;

$\alpha_{ПР_Б} = 45,57^\circ$ – кут початку різання двох блюмів;

$\alpha_{КР_С} = 133,63^\circ$ – кут кінця різання слябу;

$\alpha_{КР_Б} = 120^\circ$ – кут кінця різання двох блюмів;

$\alpha_{Р_С} = 73,63^\circ$ – кут різання для слябу;

$\alpha_{Р_Б} = 74,427^\circ$ – кут різання для двох блюмів.

Таблиця 2.1 – Розрахунок зусилля різання та моменту статичного опору для слябу 350×1250 при $t = 1100^0\text{C}$

| α , град | 60 | 70 | 80 | 90 | 100 | 110 | 120 | 130 |
|----------------------------|----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| ε | 0 | 0,113 | 0,233 | 0,357 | 0,481 | 0,601 | 0,714 | 0,816 |
| τ , Н/мм ² | 0 | 20 | 27 | 23 | 18 | 15 | 10 | 8 |
| P , кН | 0 | 8750 | 11812 | 10062 | 7875 | 6562 | 4375 | 3500 |
| M_c , кНм | 0 | 514 | 727 | 628 | 484 | 394 | 236 | 167 |

Таблиця 2.2 – Розрахунок зусилля різання та моменту статичного опору для двох блюмів 400×400 при $t = 900^0\text{C}$

| α , град | 96 | 100 | 105 | 110 | 115 | 120 | 130 | 132 |
|----------------------------|----|-------|-------|------|------|-------|-------|------|
| ε | 0 | 0,092 | 0,198 | 0,3 | 0,4 | 0,5 | 0,678 | 0,71 |
| τ , Н/мм ² | 0 | 26 | 50 | 60 | 55 | 45 | 23 | 20 |
| P , кН | 0 | 2080 | 4000 | 4800 | 4400 | 3600 | 1840 | 1600 |
| M_c , кНм | 0 | 128 | 241 | 282 | 249 | 194,8 | 88 | 74,3 |

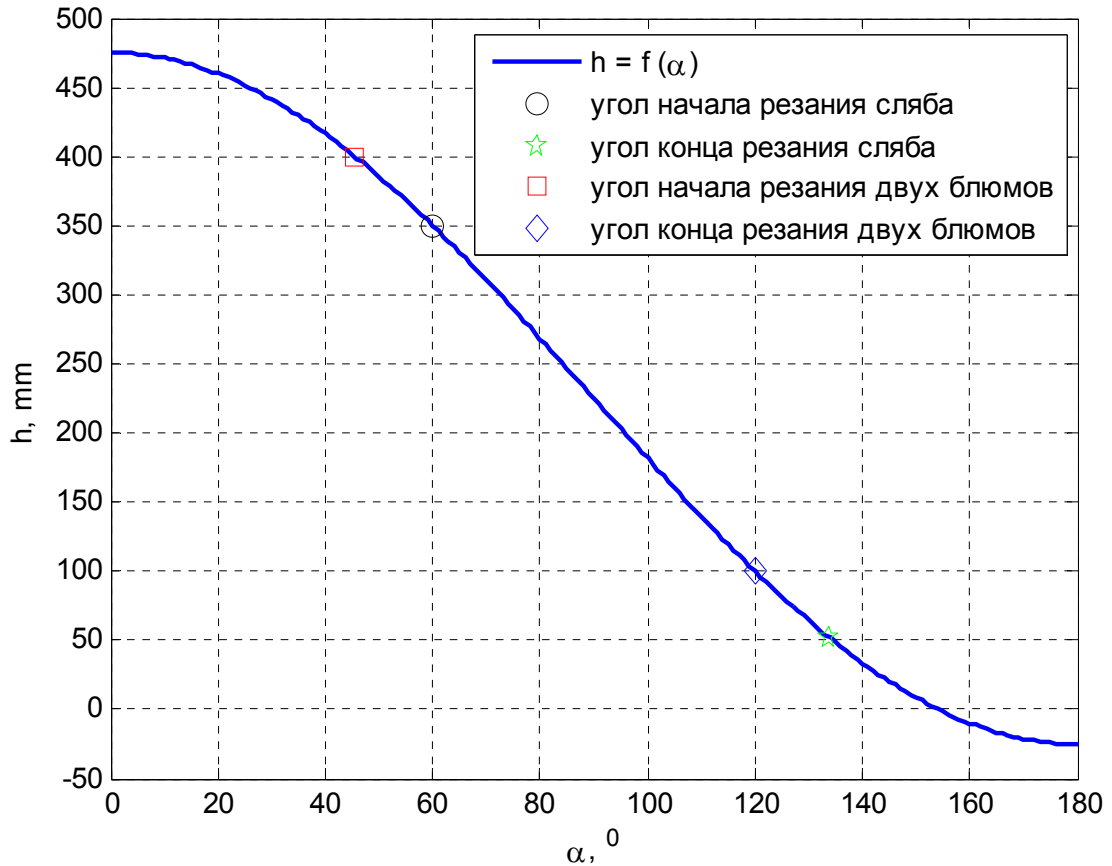


Рисунок 2.1 – Графік залежності між ножами від кута повороту ексцентрикового вала

На рисунках 2.2 та 2.3 наведені відновлені за даними таблиць 2.1. та 2.2. графіки залежностей питомого опору τ від відносної глибини надрізу ε для сляба і двох блюмів. В ході інтеграції цих графіків було отримано дані про роботу різання:

$$a_B = 29,26 \text{ Дж} / \text{мм}^2 \text{ – питома робота різання для двох блюмів;}$$

$$a_C = 14,02 \text{ Дж} / \text{мм}^2 \text{ – питома робота різання для слябу;}$$

$$A_B = 4,68 \cdot 10^6 \text{ Дж} \text{ – робота різання для двох блюмів;}$$

$$A_C = 2,684 \cdot 10^6 \text{ Дж} \text{ – робота різання для слябу;}$$

На рисунках 2.4 та 2.5 наведено графік залежності моменту статичного опору від кута повороту ексцентрикового валу для слябу і двох блюмів.

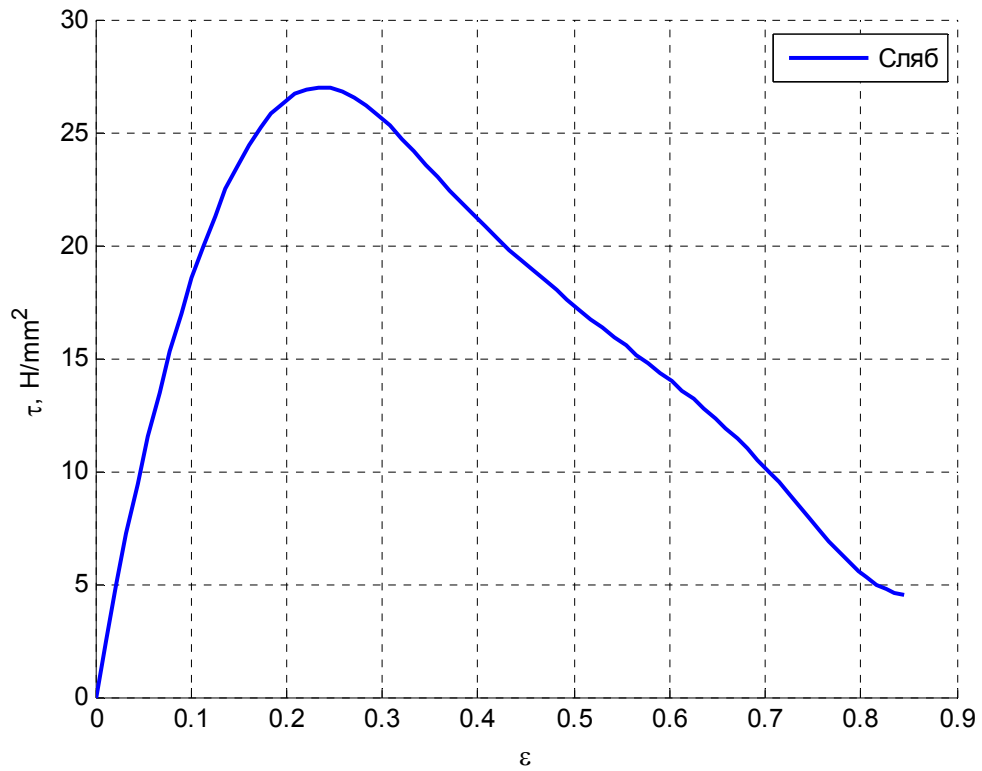


Рисунок 2.2 – Графік залежності питомого опору τ від відносної глибини надрізу ε для слябу

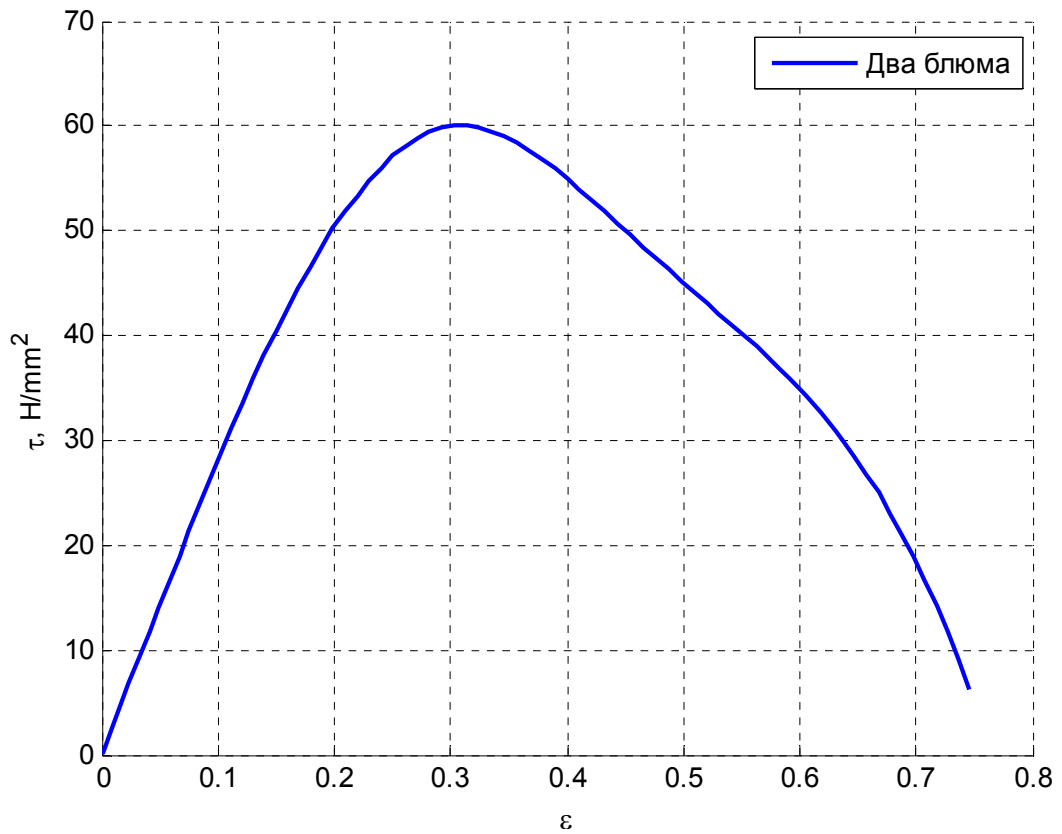


Рисунок 2.3 – Графік залежності питомого опору τ від відносної глибини надрізу ε для двох блюмів

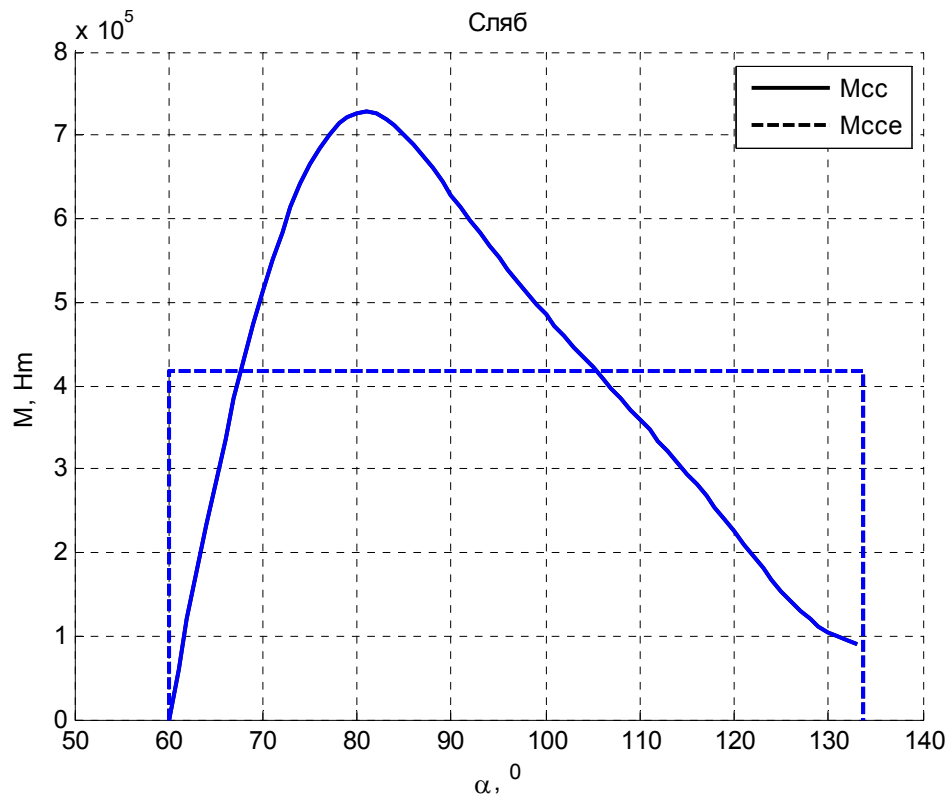


Рисунок 2.4 – Графік залежності моменту статичного опору M_c від кута повороту ексцентричного валу α для слябу

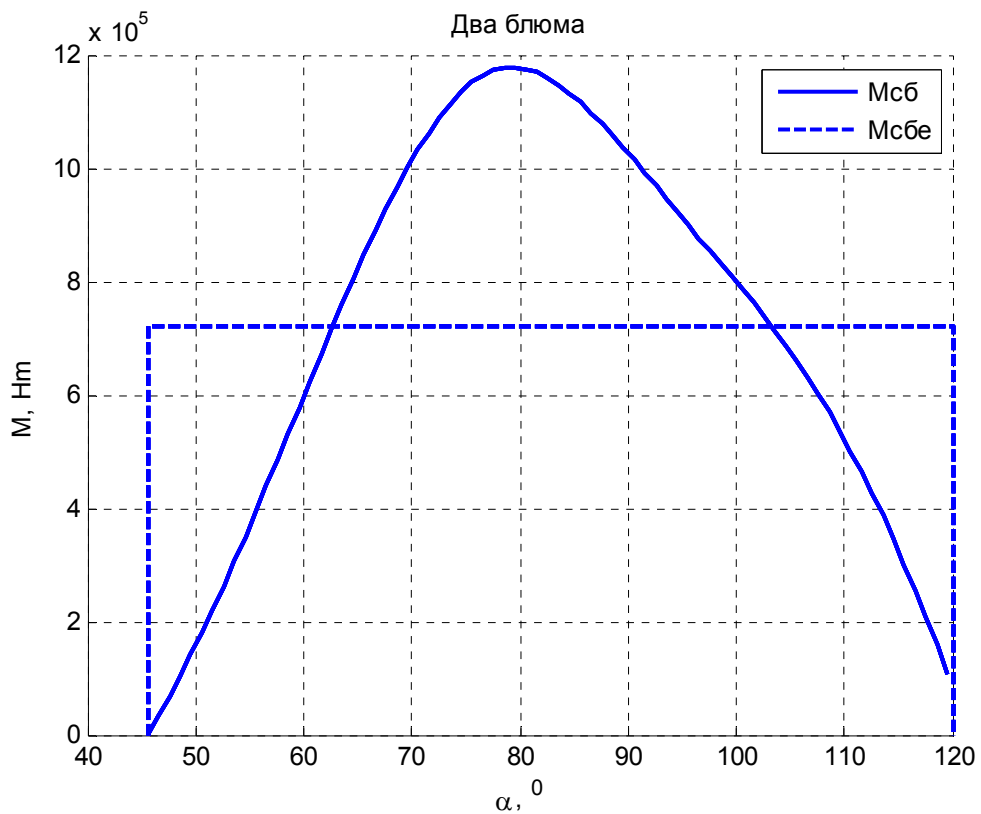


Рисунок 2.5 – Графік залежності моменту статичного опору M_c від кута повороту ексцентричного валу α для двох блюмів

На рисунках 2.4 и 2.5 введені наступні позначення: M_{CC} , M_{CB} – відповідно момент статичного опору при різанні сляба і двох блюмів; M_{CCE} , M_{CBE} – відповідно еквівалентні моменти опору для тих же типів заготовок.

В ході розрахунку були отримані наступні значення:

$M_{CC_max} = 7,28 \cdot 10^5 \text{ Нм}$ – максимальний момент опору при різанні сляба;

$M_{CB_max} = 1,178 \cdot 10^6 \text{ Нм}$ – максимальний момент опору при різанні двох блюмів;

$M_{CCE} = 4,177 \cdot 10^5 \text{ Нм}$ – еквівалентний момент опору при різанні слябу;

$M_{CBE} = 7,2 \cdot 10^5 \text{ Нм}$ – еквівалентний момент опору при різанні двох блюмів.

Таким чином, для перевірки двигунів приймаємо дані для різання важкого типу сортаменту – рез двох блюмів одночасно:

$A_{PI3} = A_B = 4,68 \cdot 10^6 \text{ Дж}$ – максимальна робота різання;

$M_{Cmax} = M_{CB_max} = 1,178 \cdot 10^6 \text{ Нм}$ – момент статичного опору максимальний;

$M_{CE} = 7,2 \cdot 10^5 \text{ Нм}$ – еквівалентний момент опору;

$\alpha_{PP} = \alpha_{PP_B} = 45,57^\circ$ – кут початку різання;

$\alpha_P = \alpha_{P_B} = 74,427^\circ$ – кут різання.

2.3 Розрахунок навантажувальної діаграми двигунів

2.3.1 Пуск двигуна

Середній динамічний момент двох електродвигунів при пуску приблизно приймаємо рівним (система із задавачем інтенсивності швидкості):

$$M_{II} = 2 \cdot M_H \cdot \lambda - M_{XX}, \quad (2.7)$$

де M_H – номінальний момент двигуна;

M_{XX} – момент холостого ходу.

Номінальний момент двох електродвигунів:

$$M_H = \frac{P_H}{\omega_H} = \frac{2 \cdot 3800 \cdot 10^3}{8,378} = 9,07 \cdot 10^5 \text{ Нм}, \quad (2.8)$$

де

$$\omega_H = \frac{\pi \cdot n_H}{30} = \frac{\pi \cdot 80}{30} = 8,378 \text{ с}^{-1} \quad (2.9)$$

– номінальна швидкість двигуна.

Момент холостого ходу приймаємо рівним:

$$M_{XX} = 0,05 \cdot M_H = 0,05 \cdot 9,07 \cdot 10^5 = 4,54 \cdot 10^4 \text{ Нм}. \quad (2.10)$$

З урахуванням того, що перевантажувальна здатність двигуна становить $\lambda = 2,7$:

$$M_{II} = 2 \cdot 9,07 \cdot 10^5 \cdot 2,7 - 4,54 \cdot 10^4 = 2,4 \cdot 10^6 \text{ Нм}. \quad (2.11)$$

Сумарний момент інерції двох двигунів з механізмом ножиць:

$$J_{\Sigma} = 2 \cdot J_{ДВ} + J_{МЕХ} = 2 \cdot 30000 + 8682 = 68682 \text{ кг} \cdot \text{м}^2. \quad (2.12)$$

Вважаючи, що система керування забезпечить сталість динамічного моменту в перехідному процесі пуску (робота з задатчиком швидкості), розрахуємо час пуску до номінальної швидкості:

$$t_{II} = \frac{J_{\Sigma} \cdot \omega_H}{M_{II}} = \frac{68682 \cdot 8,387}{2,4 \cdot 10^6} = 0,2393 \text{ с}. \quad (2.13)$$

За цей час ексцентриковий вал повернеться на кут:

$$\alpha_{II} = \frac{180 \cdot \omega_H \cdot t_{II}}{2 \cdot \pi \cdot i} = \frac{180 \cdot 8,387 \cdot 0,2393}{2 \cdot \pi \cdot 5} = 11,489^0. \quad (2.14)$$

2.3.2 Рух до моменту врізання у метал

Після розгону приводу, ножі продовжують рухатися на встановленій номінальній швидкості до моменту початку різання. Навантаження при цьому визначається моментом холостого ходу M_{XX} . Визначимо кут руху систему на холостому ході:

$$\alpha_{XX1} = \alpha_{IP} - \alpha_{II} = 45,57 - 11,57 = 34,08^0 \quad (2.15)$$

Час руху при цьому становить:

$$t_{XX1} = \frac{\pi \cdot i \cdot \alpha_{XX1}}{180 \cdot \omega_H} = \frac{\pi \cdot 5 \cdot 34,08}{180 \cdot 8,387} = 0,355 \text{ c} \quad (2.16)$$

2.3.3 Різання металу

Як показано в [1], під час різання металу робота необхідна для цього процесу може перевищити максимальну роботу, яку можуть виконати приводні двигуни при максимальному допустимому моменті. При такій ситуації різ буде проходити також і за рахунок зниження кінетичної енергії, накопиченої в елементах системи, а відповідно буде відбуватися зниження швидкості приводу під час різу. Робота необхідна для забезпечення різання становить $A_{PIZ} = A_B = 4,68 \cdot 10^6 \text{ Дж}$. Розрахуємо максимальну роботу, яку можуть виконати приводні електродвигуни:

$$A_{PEZ}' = M_{PEZ \max} \cdot \frac{\pi \cdot i \cdot \alpha_P}{180} = 2,4 \cdot 10^6 \cdot \frac{\pi \cdot 5 \cdot 74,427}{180} = 15,58 \cdot 10^6 \text{ Дж} \quad (2.16)$$

де $M_{PEZ \max}$ – максимальний момент, який можуть забезпечити двигуни під час різання. Формула розрахунку збігається з (2.11).

Оскільки $A_{PEZ} = 4,68 \cdot 10^6 \text{ Дж} < A_{PEZ}' = 15,58 \cdot 10^6 \text{ Дж}$ то перетікання кінетичної енергії під час різання відбуватися не буде. Швидкість різання ω_P буде дорівнювати номінальній швидкості, а еквівалентний момент

створюваний двигунами буде дорівнювати розрахунковому еквівалентному моменту опору M_{CE} :

$$\omega_P = \omega_H = 8,378 \text{ рад / с} \quad (2.17)$$

$$M_{PE} = M_{CE} = 7,2 \cdot 10^5 \text{ Нм} \quad (2.18)$$

З огляду на те, що кут різання складає, розрахуємо час різання:

$$t_P = \frac{\pi \cdot \alpha_P}{180 \cdot \omega_P} = \frac{\pi \cdot 74,427}{180 \cdot 8,378} = 0,7753 \text{ с} \quad (2.19)$$

2.3.4 Гальмування ножиць

Як для системи з задавачем інтенсивності швидкості динамічний момент гальмування приймаємо рівним динамічному моменту при пуску:

$$M_T = M_{II} = 2,4 \cdot 10^6 \text{ Нм} \quad (2.20)$$

Кут і час гальмування при цьому теж будуть рівні відповідним величинам процесу пуску:

$$t_T = t_{II} = 0,2393 \text{ с.} \quad (2.21)$$

$$\alpha_T = \alpha_{II} = 11,489^\circ \quad (2.22)$$

2.3.4 Сталий рух від закінчення різку до початку гальмування

З огляду на те, що за один цикл ексцентрикний вал повинен пройти 360 градусів і повернутися у початкове положення, кут повороту між різкою і початком гальмування складе:

$$\begin{aligned} \alpha_{XX2} &= 360 - \alpha_{II} - \alpha_{XX1} - \alpha_P - \alpha_T = \\ &= 360 - 11,489 - 34,08 - 74,427 - 11,489 = 228,5115^\circ \end{aligned} \quad (2.23)$$

Час руху при цьому складе:

$$t_{XX2} = \frac{\pi \cdot i \cdot \alpha_{XX2}}{180 \cdot \omega_H} = \frac{\pi \cdot 5 \cdot 228,515}{180 \cdot 8,387} = 2,38 \text{ c} \quad (2.24)$$

Навантажувальна діаграма побудована за розрахованими вище даними наведена на рисунку 2.6.

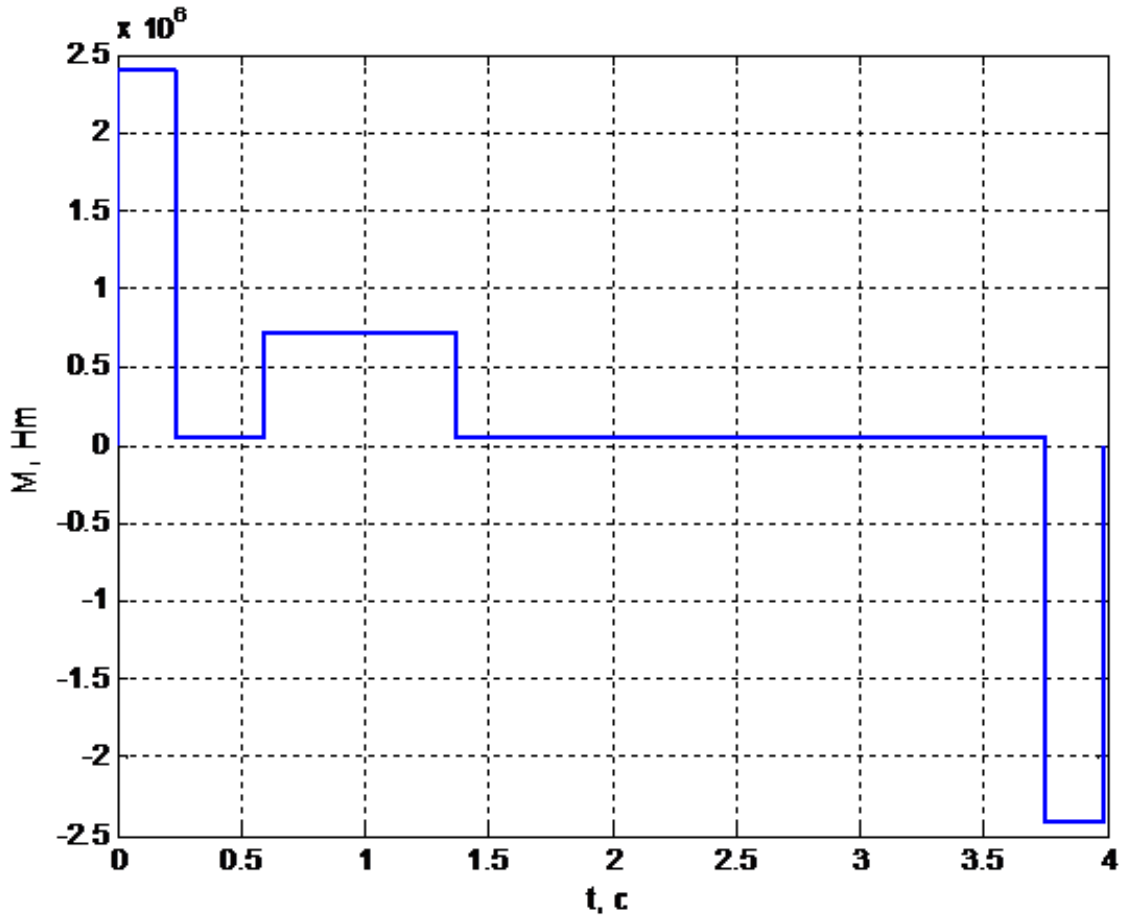


Рисунок 2.5 – Навантажувальна діаграма електроприводу ножиць 2000 тонн блюмінгу 1250

2.4 Перевірка потужності обраного електродвигуна по нагріву

Знаходимо еквівалентний момент двигуна:

$$M_E = \sqrt{\frac{(M_{II} + M_{XX})^2 \cdot t_{II} + M_{XX}^2 \cdot (t_{XX1} + t_{XX2})}{t_{II} + t_{XX1} + t_P + t_{XX2} + t_{\Gamma}} + \frac{(M_{PE} + M_{XX})^2 \cdot t_P + (M_{\Gamma} - M_{XX})^2 \cdot t_{\Gamma}}{t_{II} + t_{XX1} + t_P + t_{XX2} + t_{\Gamma}}}, \quad (2.25)$$

$$M_E = 8,9955 \cdot 10^5 \text{ Нм}$$

Виконаємо перевірку двигуна по нагріву:

$$M_H \geq M_E$$

$$9,07 \cdot 10^5 \text{ Нм} \geq 8,9955 \cdot 10^5 \text{ Нм}$$

Обраний/встановлений двигун 2AS6862F/16 проходить по нагріву.
Завантаження при цьому становить:

$$\frac{M_E}{M_H} = \frac{8,9955 \cdot 10^5}{9,07 \cdot 10^5} = 0,992$$

3 ВИБІР СИЛОВОЇ ПЕРЕТВОРЮВАЛЬНОЇ ТЕХНІКИ НОЖИЦЬ 2000 ТОНН БЛЮМІНГУ

3.1 Вибір та обґрунтування силової частини системи та способу керування електроприводом

Для живлення якірних ланцюгів електродвигунів і обмоток збудження електричних машин постійного струму застосовуються, головним чином, електромашинні генератори (Г) що обертаються, широтно-імпульсні перетворювачі (ШП) на тиристорах і транзисторах і тиристорні перетворювачі (ТП) змінного струму в постійний. Відповідно до цього силова частина електроприводу може бути зібрана за різними схемами: Г-Д, ШП-Д або ТП-Д.

Система Г-Д володіє хорошими регулювальними властивостями, порівняно невисокою питомою вартістю і великим терміном служби. Основною перевагою цієї системи є високий коефіцієнт потужності, крім того, при роботі системи Г-Д не спотворюється форма напруги живильної мережі змінного струму.

До недоліків цієї системи слід віднести: складність, низький ККД через потрібне перетворення енергії (електричної в механічну і навпаки), великий рівень шуму в процесі роботи, необхідність регулярного і ретельного обслуговування.

В даний час система Г-Д має обмежене застосування в зв'язку з масовим впровадженням перетворювачів на тиристорах і транзисторах. У металургійній промисловості використовується в якості електроприводу великої потужності на деякі прокатних станах (наприклад, обтискних).

Переваги системи ШП-Д визначаються перевагами ШП як джерела живлення, а саме:

– високі динамічні властивості (швидкодія, точність, якість регулювання і т.д.) через відсутність у ШП додаткових індуктивностей в ланцюзі навантаження, високої частоти комутації і менш істотних

нелінійностей перетворювача;

- широкий діапазон регулювання вихідної напруги (до $1:10^5$);
- високий ККД, оскільки втрати потужності на регулюючому елементі ШПІ незначні в порівнянні з втратами потужності в разі безперервного регулювання;

- високий коефіцієнт потужності системи;
- високе використання двигунів по струму через велику частоту комутації і малі пульсації струму якоря;

- низький вихідний опір перетворювача і тому більш жорсткі швидкісні і механічні характеристики двигуна;

- мала чутливість до змін температури навколишнього середовища, оскільки регулюючим чинником є час провідності ключа, а не величина внутрішнього опору регулюючого елемента, що має місце при безперервному регулюванні;

- малі габарити і маса;
- постійна готовність до роботи.

Разом з тим ШПІ притаманні і недоліки:

- імпульсний режим роботи регулюючого елемента призводить до необхідності встановлювати вихідні фільтри, що викликає інерційність процесу регулювання в замкнутих системах;

- високі швидкості включення і виключення струму в силовому ланцюзі ШПІ призводять до виникнення радіоперешкод.

В даний час практичне застосування ШПІ на напівпровідникових елементах обмежене електроприводами малої і середньої потужності.

В електроприводах середньої і великої потужності широкого поширення набула система ТП-Д. В порівнянні з системою Г-Д ця система електроприводу має низку переваг:

- відсутність обертових частин, безшумність в роботі;
- вищі швидкодія і ККД (ККД системи ТП-Д становить 0,96...0,98,

системи Г-Д - 0,76...0,84);

- більш висока точність регулювання завдяки відсутності інерції, що часто забезпечує механізму велику продуктивність і високу якість продукції;
- менша чутливість до впливу газів і забрудненого середовища;
- відсутність складних вентиляційних пристроїв.

Разом з тим у порівнянні з системою Г-Д система ТП-Д має такі недоліки:

- погіршення коефіцієнта потужності пропорційно і зменшення при цьому здатності навантаження ТП, що особливо відчутно в приводах великої потужності;

- при глибокому регулюванні крім зменшення коефіцієнта потужності збільшується амплітуда пульсацій в кривих випрямленої напруги і струму, що може несприятливо позначитися на комутації струму приводного двигуна, викликати розриви струму і коливання швидкості обертання двигуна;

- спотворення форми кривої напруги живильної мережі в результаті комутаційних процесів в ТП, що несприятливо позначається на роботі інших електроустановок, які живляться від цієї мережі, а також на роботі самого ТП, оскільки нерідко мережева напруга використовується в якості опорної.

Особливо відзначимо, що перераховані недоліки системи ТП-Д стають вагомими тільки при великій потужності приводу, однак при цьому і її переваги виступають особливо яскраво.

Тиристорні електроприводи (система ТП-Д) мають високі техніко-економічні показники і експлуатаційні переваги, відповідають сучасним вимогам технологічних процесів і по праву стають головним засобом керованого перетворення електричної енергії в механічну.

Для підтримки системою заданих параметрів на необхідному рівні вони, як правило, будуються замкнутими, а підвищення якісних показників їх роботи досягається введенням спеціальних коригувальних ланок (системи з послідовною, паралельною і змішаною корекцією) або організацією

модального управління. Системи з паралельної, послідовної і змішаної корекцією зазвичай представляють собою багатоконтурні системи регулювання. Кожна з цих систем має свої переваги і недоліки.

При застосуванні паралельної корекції підвищується стабільність характеристик системи за рахунок ланок, охоплених зворотнім зв'язком. Вплив перешкод на коригуючий пристрій, включений в ланцюг зворотного зв'язку, значно менше, ніж при включенні його в прямий канал системи, оскільки сигнал знімається з виходу системи, що представляє собою фільтр низьких частот.

Основними недоліками паралельної корекції є відносна складність розрахунку системи і велика трудомісткість налаштування. Контур, утворений місцевим зворотнім зв'язком, може сам по собі виявитися нестійким, виникають також труднощі з підсумовуванням сигналів. Крім того, цю систему слід завжди розглядати як єдине ціле, оскільки в більшості випадків зміна одного з параметрів вимагає перерахунку і перебудови всієї системи.

Системи з послідовною корекцією вигідно відрізняються від систем з паралельною корекцією, особливо при складних структурах об'єкта регулювання, великому числі регульованих параметрів і високих вимогах до якості регулювання. Прості і зручні для практики методи розрахунку і настроювання контурів систем з послідовною корекцією дозволяють навіть при значних погрішності у визначенні динамічних параметрів об'єкта регулювання отримати цілком працездатну систему керування електроприводом. Такі системи вводять в експлуатацію методом послідовного налаштування окремих контурів системи управління (на відміну від систем з паралельною корекцією). Великою перевагою систем з послідовною корекцією є зручність обмеження будь-якого з регульованих параметрів на заданому рівні.

Створення практично безінерційних тиристорних і транзисторних перетворювачів з малою потужністю управління і операційних підсилювачів

постійного струму, що застосовуються в якості активних коригувальних ланок, забезпечило широке впровадження систем з послідовною корекцією для управління практично всіма видами металургійного електроприводу постійного струму.

САУ з послідовною корекцією розбивається на ряд контурів, число яких дорівнює числу регульованих параметрів системи. Параметрами регулювання можуть бути: напруга перетворювача, сила струму в головному ланцюзі, швидкість електродвигуна, кутове або лінійне положення робочого механізму, натяг металу, що прокочується і ін.

У системі регулювання з послідовною корекцією головним параметром регулювання є той, який визначає основну мету автоматичного регулювання. Інші параметри - допоміжні, вони підпорядковані головному параметру. Крім того, допоміжні параметри також знаходяться в підпорядкуванні один з іншим. Наприклад, параметр напруги перетворювача підпорядкований параметру струму в головному ланцюзі, а останній підпорядкований параметру швидкості електродвигуна і т.п. Тому системи з послідовною корекцією називають також системами підлеглого управління (регулювання).

3.2 Вибір комплектного тиристорного електроприводу

Приводи постійного струму найчастіше покликані вирішувати завдання економного використання з перевагами щодо надійності, комфортабельного управління і споживчих якостей. Приводи постійного струму мають такі переваги, як: економний режим 4Q; тривала робота і повний обертальний момент при малій швидкості обертання; високий пусковий момент; великий діапазон регулювання швидкості при постійній потужності; невелика площа, необхідна для установки; надійність.

Основними технічними даними комплектних тиристорних електроприводів є номінальний ток I_n та напруга U_n . Номінальний струм електроприводу вибирається по струму тиристорного перетворювача і повинен бути більше номінального струму двигуна.

Номинальна напруга електроприводу визначається номінальною напругою електродвигуна. Вона менше номінальної напруги ТП, визначена за ДСТУ 25953-83, на 5-10%, що забезпечує необхідний запас на регулювання швидкості та на безпечне інвертування при зниженні напруги мережі живлення.

Для встановлених електродвигунів обираємо реверсивний комплектний електропривод (КЕП) SIMOREG DC Master серії 6RA70 концерну Siemens.

Випрямлячі SIMOREG DC Master - це повністю цифрові компактні пристрої для підключення трьохфазову струму, які служать для живлення якірного ланцюга та обмотки збудження приводів постійного струму з регульованою швидкістю і з номінальним струмом якоря від 15 А до 2000 А. При паралельному включенні компактних пристроїв можлива сила струму до 12000 А.

Обираємо роздільне живлення якірних ланцюгів. Встановлюємо на кожен електродвигун по три перетворювача (один ведучий, два відомих) підключених паралельно, тому що максимальний випрямлений струм одного випрямляча складає 2000 А, а необхідний номінальний струм одного двигуна 5100 А. Допустимий постійний вихідний струм при паралельному включенні становить $I_{\Sigma\max} = 3 I_{\text{н (simoreg)}}$. Технічні дані встановленого випрямляча SIMOREG DC Master наведені в таблиці 3.1.

Паралельно можна включити максимум 6 перетворювачів. Через час проходження сигналів при паралельному підключенні декількох перетворювачів ведучий (master) перетворювач слід розташовувати в середині. Максимальна довжина кабелів інтерфейсу паралельного включення між ведучим і веденими приладами складає 15 м.

Режим резервування. При паралельному включенні перетворювачі SIMOREG DC Master можуть бути використовуватися в режимі резервування. У цьому режимі при відмові одного з перетворювачів (наприклад, через перегорання запобіжника в силовій частині) підтримується робота з рештою перетворювачів SIMOREG.

Таблиця 3.1 – Технічні дані перетворювача SIMOREG DC MASTER 6RA7095-4LV62

| Найменування параметра | Позначення та чисельне значення |
|--|---------------------------------|
| Номинальна живлюча 3х фазна напруга, В | $U_{H1\ TP} = 460$ |
| Номинальний вхідний струм, А | $I_{H1\ TP} = 1575$ |
| Номинальна випрямлена (постійна) напруга, В | $U_{H\ TP} = 875$ |
| Номинальний випрямлений (постійний) струм, А | $I_{H\ TP} = 1900$ |
| Номинальна потужність, кВт | $P_{H\ TP} = 1663$ |
| Номинальна напруга збудження, В | $U_{B\ TP} = 375$ |
| Номинальний струм збудження, А | $I_{B\ TP} = 40$ |
| Вага, кг | $m_{TP} = 145$ |

Справні перетворювачі SIMOREG при відмові одного з них продовжують працювати в безперервному режимі. Цей режим можливий як при відмові веденого, так і провідного перетворювача.

Схема паралельного включення перетворювачів SIMOREG наведена на рис. 3.1. КТЕ однодвигунний. з реверсом струму в якірного ланцюга, трансформаторне підключення до мережі з лінійним контактором і пристроєм динамічного гальмування, з вбудованим пристроєм збудження двигуна; з програмованими засобами керування, з однозонної системою регулювання швидкості зі зворотним зв'язком за швидкістю від імпульсного датчика швидкості, система автоматичного регулювання струму, напруги, ЕРС, частоти обертання, системи захисту і сигналізації електроприводу.

Комплектний пристрій, повністю готове до підключення, що складається з одного або декількох шаф, в яких скомпоновано необхідне обладнання. Шафи, що входять до складу електроприводу, є металеву конструкцію каркасного типу. Системи керування (СК) - мікропроцесорна, уніфіковані між собою, і з іншими виробами (інтелектуальними пультами управління, системами діагностики, пристроями віддаленого вводу-виводу).

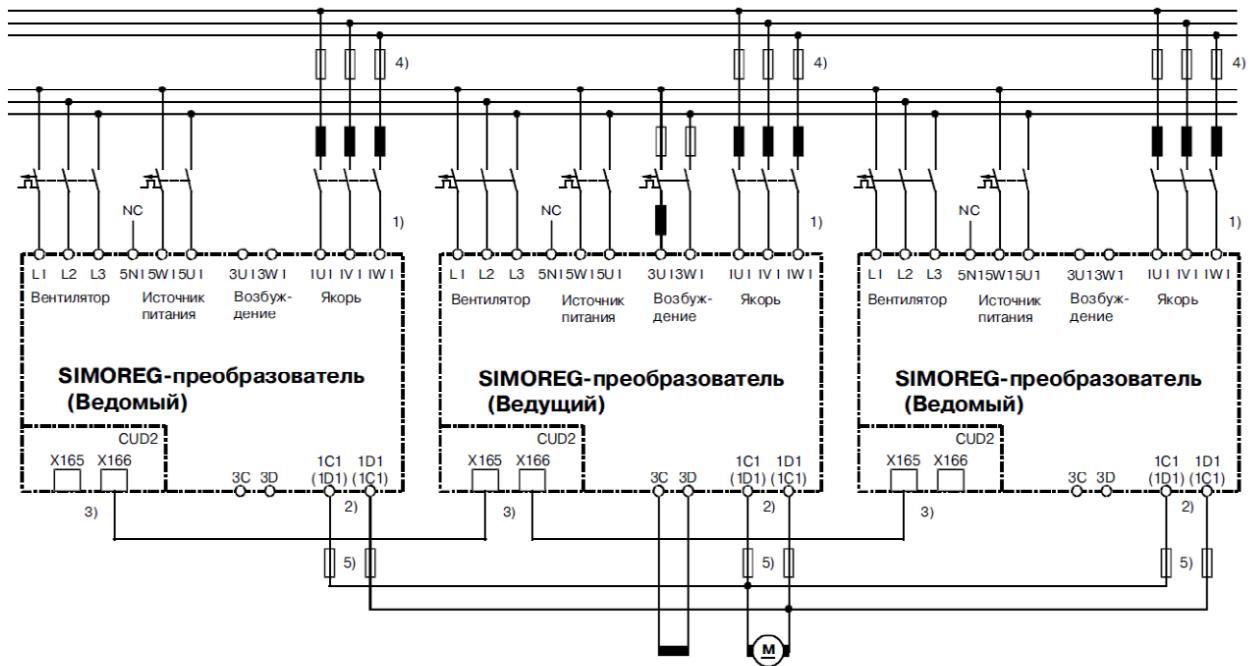
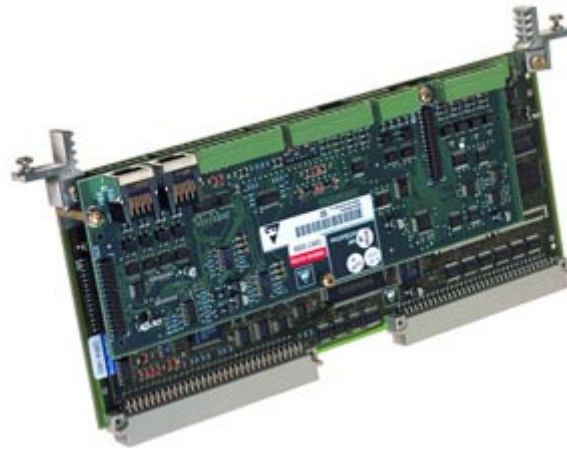


Рисунок 3.1 – Схема параллельного включения перетворювачів
SIMOREG DC Master

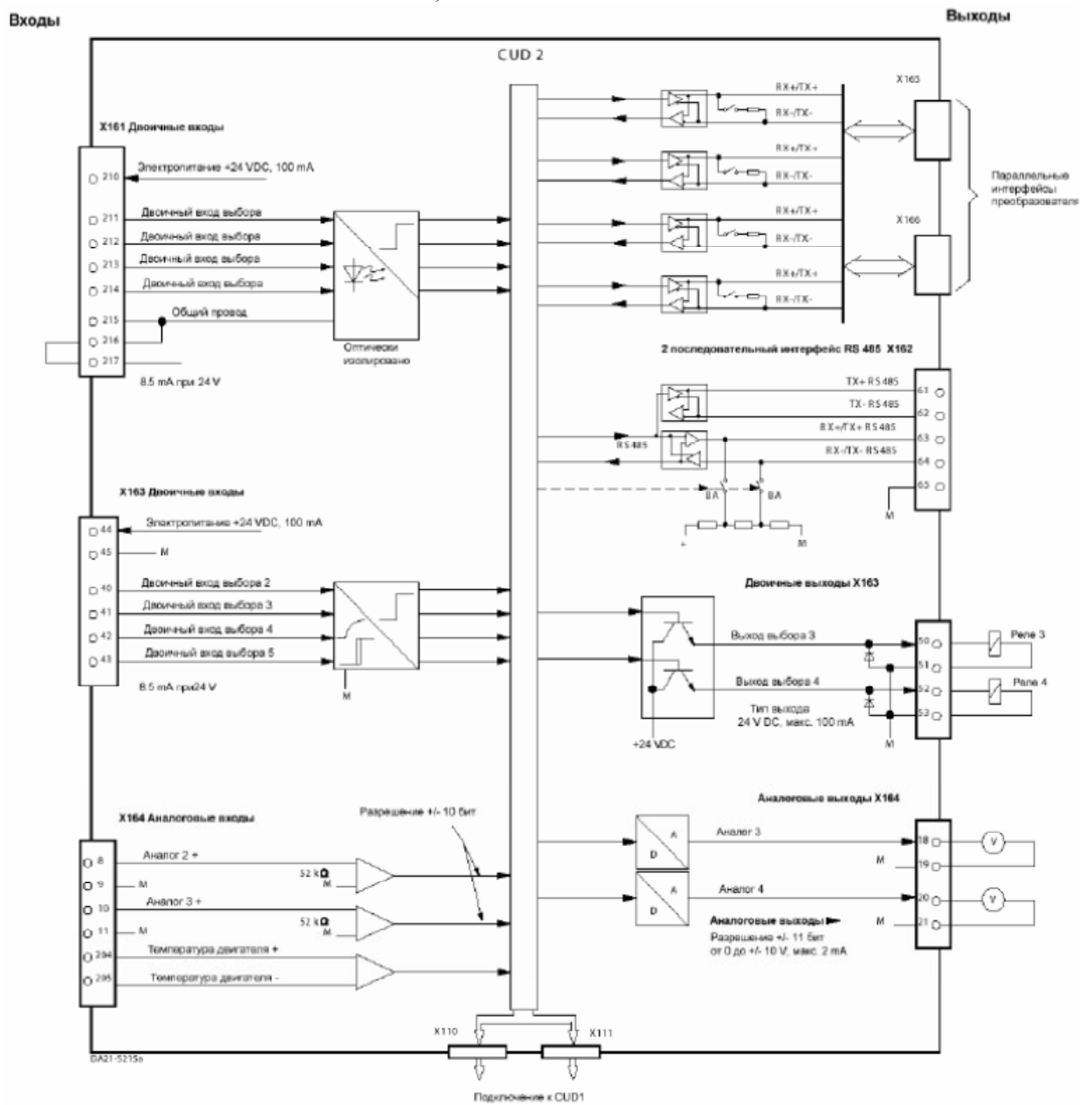
Для параллельного включення для кожного перетворювача потрібно опція «Розширення клем» (CUD2). На розширенні клем знаходяться необхідні для передачі імпульсу запалювання і здійснення комунікацій апаратні засоби і штекерні з'єднання. Модуль розширення клем CUD2 вбудовується в основний модуль електроніки CUD1 і не вимагає додаткового кріплення. Завдяки цьому в розпорядження надається ряд додаткових входів / виходів. Разом з цими додатковими входами і виходами модуль розширення клем CUD2 надає додатковий послідовний інтерфейс RS 485, а також паралельний інтерфейс для паралельного включення до 5-ти блоків живлення.

Зовнішній вигляд та призначення клем модулю розширення клем CUD2 приведено на рис. 3.2.

Однолінійна схема та силова схема підключення комплектного електроприводу SIMOREG DC MASTER приведена на рис. 3.3 та 3.4 [13,14].



а) загальний вигляд



б) назначения клем

Рисунок 3.2 – Модуль расширения клем CUD2 необходимый для параллельного включения перетворювачів SIMOREG DC Master

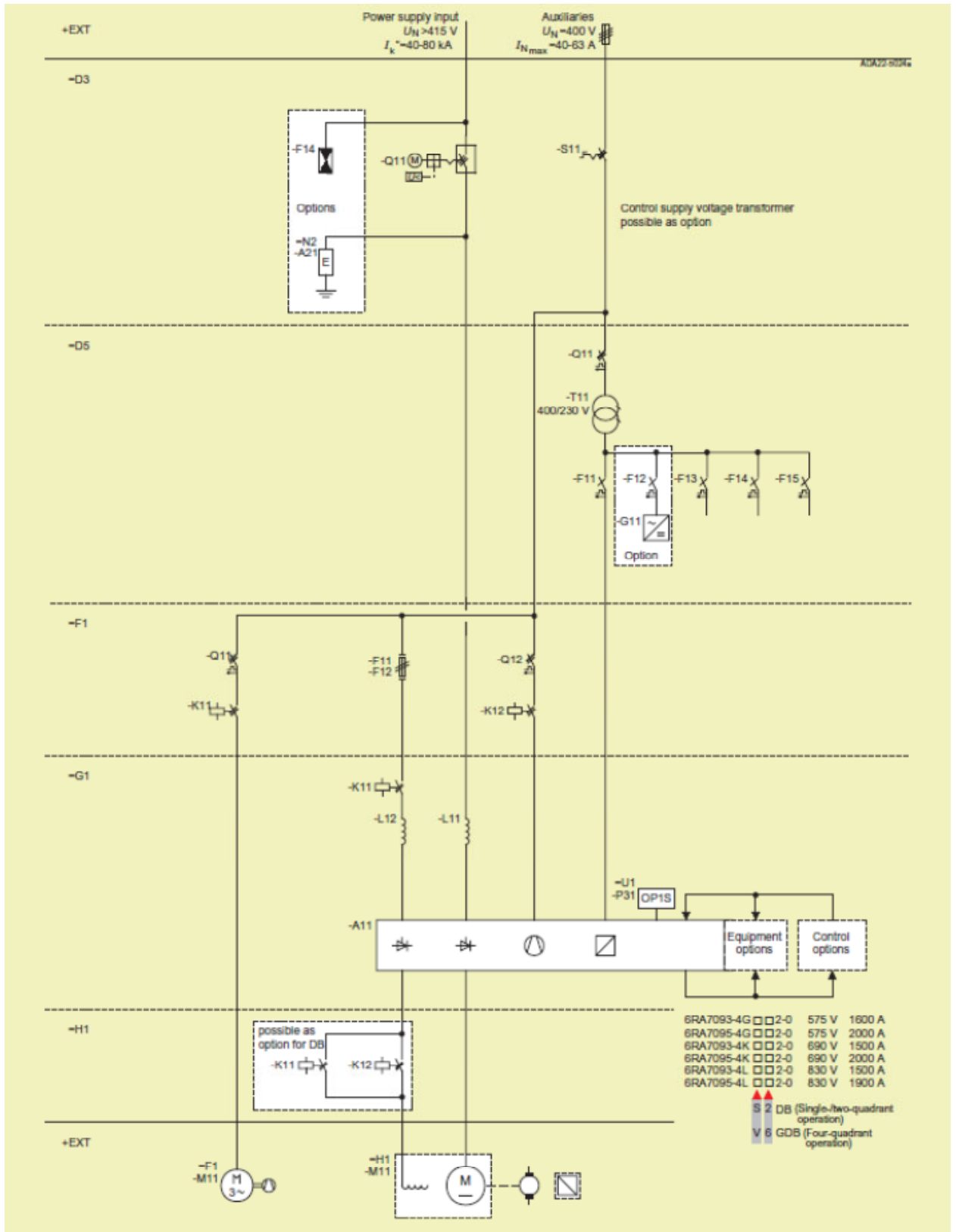


Рисунок 3.3 – Однолінійна схема комплектного електропривода SIMOREG DC MASTER

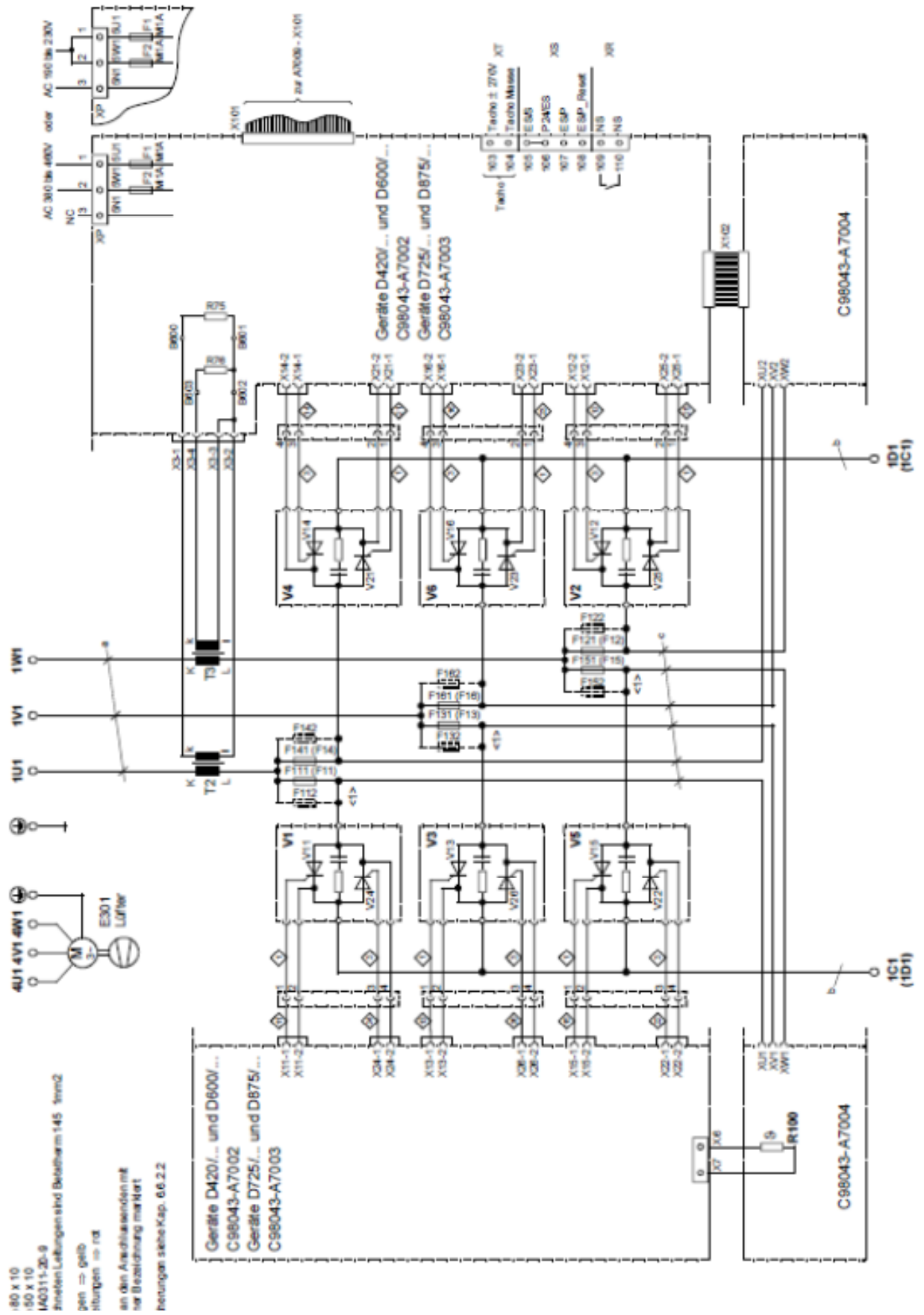


Рисунок 3.4 – Силова схема підключення комплектного електропривода SIMOREG DC MASTER

Параметрування перетворювача можна так само здійснювати через стандартний РС при використанні відповідного програмного забезпечення. ЕОМ підключається до базового блоку за допомогою послідовного інтерфейсу. Цей інтерфейс використовується під час запуску, для збереження параметрів при відключенні, а так само для діагностики під час роботи. Більш того, оновлене програмне забезпечення перетворювача можна завантажити через цей інтерфейс для зберігання у Flash пам'яті.

У одноквадрантних перетворювачах ланцюг якоря живиться від повністю керованого трифазного моста, а в чотириквадрантний модулях - від двох повністю керованих трифазних мостів, включених зустрічно-паралельно. На схему збудження живлення подається через однофазний напівкерований двонапівперіодний міст.

Напруга живлення якоря і схеми збудження може відрізнитися по частоті (лежати в діапазоні від 45 до 65 Гц). Послідовність чергування фаз джерела живлення якоря значення не має.

Шафа стандартно містить наступні компоненти:

- перетворювач SIMOREG DC MASTER 6RA70 з цифрової мікропроцесорної системою регулювання для ланцюга якоря і ланцюги збудження;

- головний вимикач (= D3-Q11);
- головний контактор (= D3-K11);
- контактор збудження (= G1-K11);
- автоматичний вимикач захисту двигуна;
- автомати захисту допоміжних ланцюгів;
- плавкі запобіжники;
- комутуючі дроселі;
- трансформатор напруги керування;
- елементи індикації і керування;
- з'єднувальні клеми.

3.3 Вибір силового трансформатора та згладжувального дроселя

Силовий трансформатор в схемі керованого випрямляча застосовується для узгодження стандартної напруги мережі (~ 380 В; ~6 кВ; ~10 кВ) і напруги навантаження. Зменшення напруги на виході ТП постійного струму за рахунок зміни кута управління в більшості практичних випадків неприпустимо, оскільки це веде до недовикористання по потужності перетворювальної установки і зниження її енергетичних показників (коефіцієнта потужності). Крім того, трансформатор обмежує струм в режимі короткого замикання, а також швидкість наростання струму як в робочих, так і в аварійних режимах роботи перетворювача.

Для узгодження перетворювачів з мережею живлення з довідника [7] обираємо силовий трансформатор ТМП-6300/10У2 технічні дані, якого наведені у табл. 3.2.

Таблиця 3.2 - Технічні дані силового трансформатора ТМП-6300/10У2 виконання 5 для живлення комплектного електроприводу

| Найменування параметра | Позначення та значення |
|--|-------------------------|
| Первинна номінальна потужність, кВ·А розрахункове значення $S_{1н} = 1,045 \cdot 1,35 \cdot U_{2тр} \cdot I_{днтр} \cdot 10^{-3}$ | $P_{тр} = 6280$ |
| Напруга живильної мережі (мережева обмотка), В | $U_{1тр} = 6000$ |
| Номінальна випрямлена напруга (перетворювач), В | $U_{дн} = 825$ |
| Номінальний випрямлений струм (перетворювач), А | $I_{днтр} = 6300$ |
| Вторинна лінійна напруга (вентильна обмотка) $U_{2лн}$, В | $U_{2тр} = 706$ |
| Вторинний лінійний струм (вентильна обмотка) $I_{2лн}$, А розрахункове значення $I_{2тр} = \sqrt{\frac{2}{3}} I_{днтр}$ | $I_{2тр} = 5140$ |
| Потужність втрат холостого ходу, Вт | $\Delta P_{xx} = 9700$ |
| Потужність втрат короткого замикання, Вт | $\Delta P_{кз} = 43800$ |
| Напруга короткого замикання, % | $U_{кз\%} = 8,1$ |
| Струм холостого ходу, % | $I_{xx\%} = 0,9$ |

Оскільки пульсації струму, що протікає в якірному ланцюгу, погіршують тепловий режим електродвигуна й умови його комутації, для їх зменшення застосовується згладжувальний дросель. Зменшення пульсацій напруги на затискачах якоря при включенні дроселя пояснюється тим, що на якір подається сума випрямленої напруги мережі і ЕРС самоіндукції дроселя. Крім цього, введення згладжувального реактора призводить до звуження зони переривчастих струмів, що, в свою чергу, призводить до збільшення жорсткості швидкісних характеристик приводу.

Індуктивність згладжувального дроселя, що включається послідовно з якорем двигуна, вибирається з умови виконання двох вимог:

- забезпечення безперервності струму якоря двигуна в певному діапазоні навантажень і частот обертання двигуна;
- обмеження амплітуди змінної складової струму якоря двигуна.

Нижче наведено розрахунок згладжує дроселя [16, приклад 1-24, 1-27].

Значення максимально випрямленої ЕРС (ідеальна випрямлена напруга; напруга на виході перетворювача):

$$E_{d0} = 1,35U_{2 \text{ тр}} = 1,35 \cdot 706 = 953,1 \text{ В} \quad (3.1)$$

де 1,35 - коефіцієнт мостової схеми випрямлення;

$U_{2 \text{ тр тп}}$ - номінальну напругу на вторинній обмотці силового трансформатора, В.

Кругова частота 1-ої гармоніки випрямленої напруги:

$$\omega_1 = 2\pi f_c m_\phi = 2 \cdot 3,14 \cdot 50 \cdot 6 = 1884,956 \text{ Гц} \quad (3.2)$$

де f_c - частота живильної мережі, Гц; m_ϕ - число фаз випрямлення.

Активний, індуктивний та повний опір силового трансформатора:

$$r_{\text{тр тп}} = \frac{\Delta P_{\text{кз}} U_{2 \text{ тр}}^2}{P_{\text{тр}}^2} = \frac{43800 \cdot 706^2}{(6280 \cdot 10^3)^2} = 0,554 \cdot 10^{-3} \quad (3.3)$$

$$z_{\text{тр}} = \frac{U_{\text{кз\%}} \cdot U_{2 \text{ тр}}}{100 I_{2 \text{ тр}} \sqrt{3}} = \frac{8,1 \cdot 706}{100 \cdot 5140 \cdot \sqrt{3}} = 6,423 \cdot 10^{-3} \quad (3.4)$$

$$x_{a \text{ тр}} = \sqrt{z_{\text{тр}}^2 - r_{\text{тр}}^2} = \sqrt{6,423 \cdot 10^{-3} - 0,554 \cdot 10^{-3}} = 6,4 \cdot 10^{-3} \quad (3.5)$$

де $\Delta P_{\text{кз}}$ - потужність втрат короткого замикання трансформатора, Вт;

$P_{\text{тр}}$ - потужність трансформатора, В · А;

$U_{\text{кз\%}}$ - напруга короткого замикання трансформатора, %;

$I_{2 \text{ тр}}$ - діюче значення струму вторинної обмотки трансформатора, А.

Індуктивність силового трансформатора, наведена до ланцюга випрямленого струму:

$$L_{\text{тр}} = \frac{x_{a \text{ тр}}}{2\pi f_c} = \frac{6,4 \cdot 10^{-3}}{2 \cdot 3,14 \cdot 50} = 20,37 \cdot 10^{-6} \text{ Гн} \quad (3.6)$$

де $x_{a \text{ тр}}$ - повний опір силового трансформатора.

Індуктивність обмотки якоря двигуна визначається за емпіричною формулою [Пілецькій, с.56]:

$$L_{\text{дв}} = k \frac{30 \cdot U_{\text{н}}}{\pi \cdot n_{\text{н}} \cdot I_{\text{н}} \cdot p} = 0,1 \frac{30 \cdot 800}{3,14 \cdot 165 \cdot 5100 \cdot 8} = 0,234 \cdot 10^{-3} \text{ Гн} \quad (3.7)$$

де k – постійний коефіцієнт, що залежить від конструкції електродвигуна ($k = 0,1$ - для компенсованих машин; $k = 0,5 \dots 0,6$ – для некомпенсованих машин);

$U_{\text{н}}$ – номінальна напруга електродвигуна;

$I_{\text{н}}$ – номінальний струм електродвигуна;

$p = 8$ – число пар полюсів електродвигуна;

$n_{\text{н}}$ – номінальна частота обертання електродвигуна.

Пульсації випрямленої напруги призводять до пульсації випрямленого струму. які погіршують комутацію двигуна та збільшують його нагрівання.

Вплив пульсацій на комутацію двигунів виражається у звужуванні зони темної комутації порівняно з живленням від генератора постійного струму та у появі іскріння під щітками.

Для обмеження нагрівання та поліпшення комутації двигуна з допомогою згладжувальних реакторів обмежують (згладжують) амплітуду змінної складової. При цьому звичайно виходять з допустимого рівня пульсацій випрямленого струму для двигуна при номінальній швидкості та номінальній напрузі. Оцінка ведеться за діючим значенням основної гармоніки, яке повинно складати від 2 до 15 % номінального струму двигуна залежно від його потужності та діапазону регулювання швидкості. Із збільшенням потужності двигуна, а також при значному діапазоні регулювання швидкості допустимий рівень пульсації випрямленого струму зменшується.

Розрахункову індуктивність згладжувального дроселя, необхідну для забезпечення потрібного рівня пульсацій випрямленого струму можна визначити за наступною формулою [Пілецькій, с.56]:

$$L_{\text{сд}} = \frac{e_n E_{\text{д0}}}{i_e \omega_1 I_{\text{н дв}}} - (2L_{\text{тр}} + L_{\text{дв}}) = \quad (3.8)$$

$$= \frac{0,24 \cdot 953,1}{0,04 \cdot 1884,956 \cdot 5100} - (2 \cdot 20,37 \cdot 10^{-6} + 0,234 \cdot 10^{-3}) = 0,32 \text{ мГн}$$

де e_n - відносна величина ефективного значення пульсацій першої гармоніки випрямленої напруги, може бути підрахована за допомогою рівнянь [16, с. 40], або з графіка [16, с. 47 рис. 1.31]. На цьому графіку зображено залежність e_n для мостової трифазної схеми випрямлення в функції кута регулювання α . Приймаємо граничний кут регулювання $\alpha_{\text{max}} = 90$ ел. град, тоді значення $e_n = 0,24$;

$E_{\text{д0}}$ - значення максимально випрямленої ЕРС, В;

i_e - відносна величина ефективного значення пульсацій першої гармоніки випрямленої струму. $i_e = 0,02 \div 0,05$, нижня межа береться для

електроприводу середньої і великої потужності, а верхній - для електроприводу малої потужності [16, с. 46, 59];

ω_1 - кругова частота 1-ої гармоніки випрямленої напруги, Гц;

$I_{н\ дв}$ - номінальний струм якоря електродвигуна (струм навантаження перетворювача), А (див. табл. 1.3);

$L_{тр}$ - індуктивність силового трансформатора, наведена до ланцюга випрямленого струму, Гн;

$L_{дв}$ - індуктивність обмотки якоря електродвигуна, Гн.

З довідника [15, 17] вибираємо згладжувальний дросель, технічні дані якого наведені в табл. 3.3.

Таблиця 3.3 – Технічні данні згладжувального дроселя типу СРОСЗ 5000МУХЛ4 (послідовне з'єднання ланцюгів обмотки реактора)

| Найменування параметра | Позначення та чисельне значення |
|--------------------------------|---------------------------------|
| Втрати в міді, Вт | $P_{сдм} = 5810$ |
| Номінальний постійний струм, А | $I_{н\ сд} = 6300$ |
| Номінальна індуктивність, мГн | $L_{н\ сд} = 0,32$ |
| Активний опір, мОм | - |
| Вага, кг | $m_{сд} = 3500$ |

3.4 Опис принципової схеми механізму ножиць

Принципова схема силового ланцюга ножиць 2000 тонн блюмінгу наведена на рис. 3.5. У якості резервного агрегату UZR, для живлення електродвигуна застосований КЕП SIMOREG DC MASTER. Перемикання електродвигуна на живлення від резервного тиристорного перетворювача проводиться при відключеному живленні основних ланцюгів і зупиненому приводі.

Схема підключення тиристорного електроприводу SIMOREG DC MASTER серії 6RM70 приведена на рис. 3.6 - 3.7.

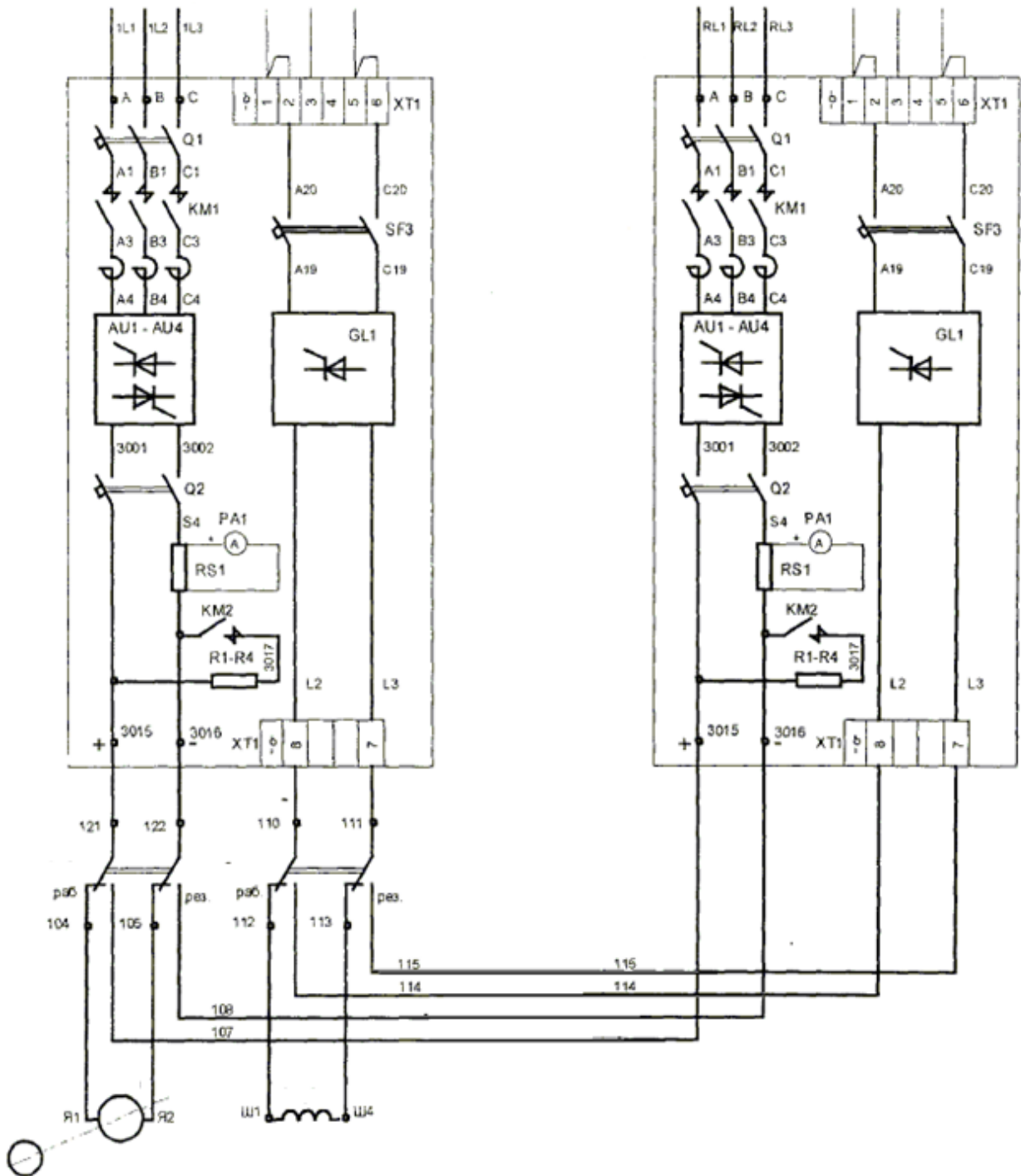


Рисунок 3.5 – Принципова схема силового ланцюга електроприводу механізму ножиць 2000 тонн блюмінгу

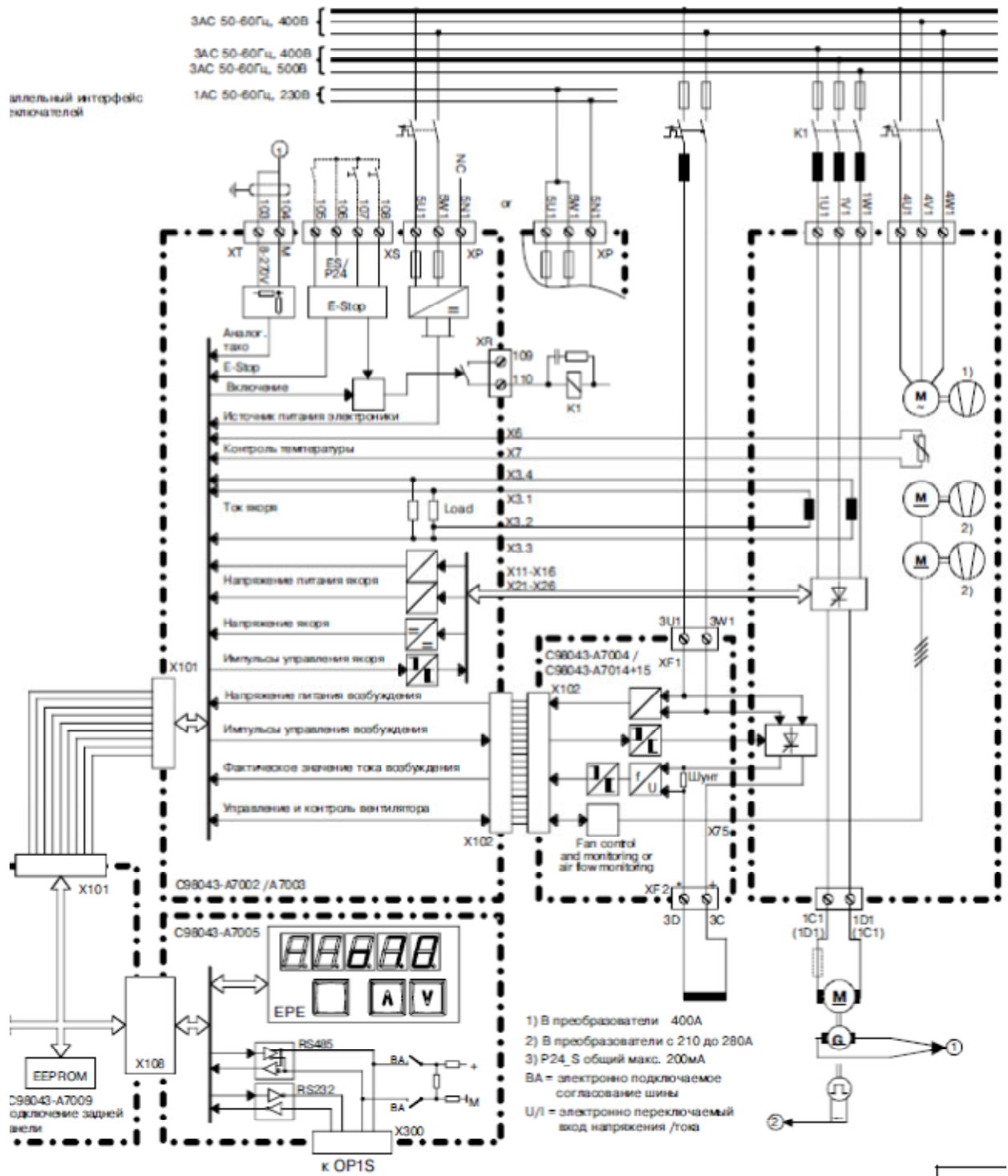


Рисунок 3.6 - Функціональна схема підключення (силова схема) тиристорного електроприводу SIMOREG DC MASTER серії 6RM70

4 СИНТЕЗ СИСТЕМИ ПІДПОРЯДКОВАНОГО КЕРУВАННЯ ЕЛЕКТРОПРИВОДОМ МЕХАНІЗМУ НОЖИЦЬ

4.1 Математичний опис об'єкта керування

При синтезі системи управління приймаються звичайні для систем електроприводу допущення, лініаризуючі силову частину об'єкта управління - двигун і регульоване джерело живлення ланцюга якоря. При математичному описі не враховується вплив пружних елементів, вплив гістерезису, вихрових струмів і реакції якоря. Коефіцієнти передач і постійні часу структурних елементів електроприводу приймаються незмінними.

Об'єктом управління в даній системі виступає тиристорний перетворювач, електродвигун і механічна частина.

Тиристорний перетворювач як елемент системи регулювання є нелінійним дискретним пристроєм. Його специфічні особливості полягають в наступному. Управління ТП здійснюється дискретно, так як після відмикання чергового тиристора зміна сигналу управління протягом деякого інтервалу часу не призводить до зміни напруги ТП.

Якщо швидкість зміни кута $d\alpha/dt > \omega_0$, то ЕРС визначається не кутом α , а зміною по кривій напруги живлення останнього тиристора, що проводив струм у зв'язку з неможливістю закрити по ланцюгу управління відкритий тиристор. Останнє явище отримало назву неповної керованості тиристорного перетворювача.

У зв'язку з цим повне дослідження динамічних характеристик ТП є складним завданням, і на практиці застосовують різного роду спрощення. Найбільшого поширення набули два види моделей тиристорних перетворювачів: безперервна, в якій ТП представляється аперіодичною ланкою з коефіцієнтом $k_{\text{ТП}}$ та постійної часу $\tau_{\mu} = \frac{\pi}{m\omega_0}$ та імпульсна. Надалі, при синтезі САУ буде використана безперервна модель тиристорного перетворювача.

Система регулювання обраного тиристорного перетворювача двопроцесорна, всі регулятори (струму якоря, швидкості, ЕДС двигуна, струму збудження і т.п.) побудовані з функціональних блоків, реалізованих програмно. Внаслідок того, що швидкодія мікропроцесорів досить високу ресурсів, яких до того ж вистачає для реалізації системи захистів і сигналізації, здійснення моніторингу стану електроприводу, діагностики збоїв і попереджень, інтерфейсу оператора і т.п., синтез системи регулювання може бути здійснений відповідно до традиційного налаштування контурів за модульним і симетричними оптимумами, причому сама система регулювання вважається безперервною. Детальні структурні схеми відповідних контурів регулювання перетворювача SIMOREG DC Master будуть представлені в наступних розділах при синтезі САР.

Таким чином, електродвигун представимо у вигляді трьох типових ланок (рис. 4.1): аперіодичної ланки першого порядку (електрична частина двигуна) і інтегруючої ланки (механічна частина), охоплених негативним зворотним зв'язком по ЕРС двигуна.

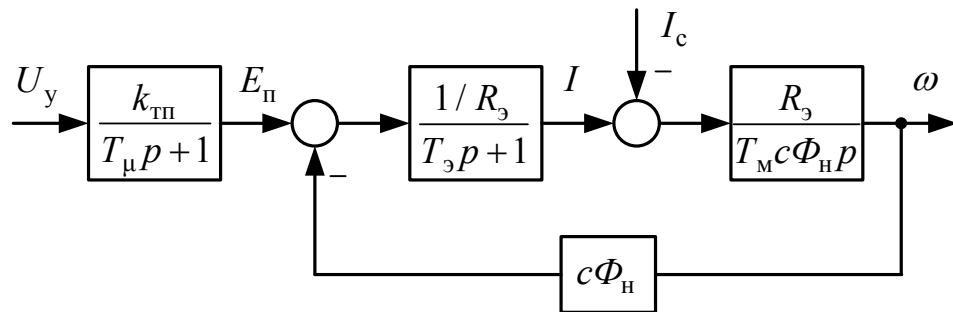


Рисунок 4.1 – Структурна схема силової частини електропривода

4.2 Розрахунок основних параметрів та елементів системи електропривода

Сумарний опір якорного ланцюга електродвигуна:

$$\begin{aligned}
 r_{\text{я.дв}} &= \beta(r_{\text{я}} + r_{\text{дп}} + r_{\text{ко}}) = \\
 &= 1,32(0,0034 + 0,001128 + 0,00218) = 0,0089 \text{ Ом}
 \end{aligned}
 \tag{4.1}$$

де $\beta = 1,32$ – температурний коефіцієнт двигуна, що враховує зміну опору при нагріванні машини на 80°C ;

$r_{\text{я}} = 0,0034$ Ом – опір обмотки якоря (холодний) при 20°C ;

$r_{\text{дп}} = 0,001128$ Ом – опір додаткових полюсів (холодний);

$r_{\text{ко}} = 0,00218$ Ом – опір компенсаційної обмотки (холодний).

Активний опір трансформатора (комутаційний опір) викликаний реактивністю розсіювання:

$$r_{\text{к}} = \frac{m_{\text{ф}} \cdot x_{\text{а}}}{2\pi} = \frac{6 \cdot 6,4 \cdot 10^{-3}}{2 \cdot 3,14} = 6,111 \cdot 10^{-3} \text{ Ом} \quad (4.2)$$

де $m_{\text{ф}} = 6$ – число фаз випрямлення;

$x_{\text{а}}$ – повний опір силового трансформатора.

При синусоїдальній напрузі опору СІФУ перетворювача характеристика вхід-вихід ТП лінійна і коефіцієнт передачі ТП по напрузі розраховується за формулою:

$$k_{\text{ТП}} = \frac{E_{\text{д0}}}{U_{\text{у max}}} = \frac{953,1}{10} = 95,31 \quad (4.3)$$

де $U_{\text{у max}} = 10$ В – максимальна керуюча напруга ТП.

Еквівалентний активний опір якорного ланцюга системи ТП-Д:

$$\begin{aligned} R_{\text{я}} &= r_{\text{я.дв}} + 2r_{\text{тр}} + r_{\text{к}} + r_{\text{ш}} = \\ &= 0,0089 + 2(0,554 \cdot 10^{-3}) + 6,111 \cdot 10^{-3} + 0,89 \cdot 10^{-3} = 0,018 \text{ Ом} \end{aligned} \quad (4.4)$$

де $r_{\text{я.дв}}$ – активний опір якорного ланцюга двигуна;

$r_{\text{тр}}$ – активний опір силового трансформатора;

$r_{\text{к}}$ – комутаційний опір, Ом;

$r_{\text{ш}} = 0,1r_{\text{я.дв}}$ – активний опір шин або кабелю, що з'єднують ТП з якорем двигуна, Ом.

Еквівалентна індуктивність якірного ланцюга системи ТП-Д:

$$\begin{aligned} L_{\Sigma} &= L_{\text{дв}} + 2L_{\text{тр}} + L_{\text{н сд}} = \\ &= 1,225 \cdot 10^{-3} + 2 \cdot 33,019 \cdot 10^{-6} + 0,32 \cdot 10^{-3} = 0,0006 \text{ Гн} \end{aligned} \quad (4.5)$$

Сумарний момент інерції електропривода (двох двигунів з механізмом ножиць):

$$J'_{\Sigma} = 2 \cdot \frac{GD^2}{4} + J_{\text{мех}} = 2 \cdot \frac{30000}{4} + 4341 = 19341 \text{ кг} \cdot \text{м}^2 \quad (4.6)$$

де GD^2 – маховий момент двигуна (див. табл. 1.2), $\text{кг} \cdot \text{м}^2$;

$J_{\text{мех}}$ момент інерції механізму приведений до валу електродвигуна (див. табл. 1.1), $\text{кг} \cdot \text{м}^2$.

Коефіцієнт двигуна (постійна двигуна):

$$c\Phi_{\text{н}} = \frac{U_{\text{н}} - I_{\text{н}} r_{\text{я.дв}}}{\omega_{\text{н}}} = \frac{800 - 5100 \cdot 0,0089}{8,373} = 90,07 \text{ Вс} \quad (4.7)$$

де $\omega_{\text{н}} = 8,373 \text{ 1/с}$ - номінальна швидкість електродвигуна.

Електромагнітна постійна часу системи ТП-Д:

$$T_{\Sigma} = \frac{L_{\Sigma}}{R_{\Sigma}} = \frac{0,0006}{0,018} = 0,033 \text{ с} \quad (4.8)$$

Електромеханічна постійна часу електроприводу:

$$T_{\text{м}} = \frac{J'_{\Sigma} R_{\Sigma}}{c\Phi_{\text{н}}^2} = \frac{19341 \cdot 0,018}{90,07^2} = 0,043 \text{ с} \quad (4.9)$$

Постійну часу ТП через наявність в ньому і взагалі в системі малих неврахованих інерційні, приймаємо $T_{\mu} \approx 5 \text{ мс}$ - мала некомпенсована часу.

Співвідношення електромеханічної постійної часу до електромагнітної $T_{\text{м}} / T_{\text{е}} = 0,043 / 0,033 = 1,28$.

4.3 Синтез регулятора струму

При розгляді контуру регулювання струму враховуємо, що електромеханічна постійна часу T_M набагато більша електромагнітної постійної часу T_3 . Також будемо зневажати зворотним зв'язком по ЕРС двигуна, розглядаючи його її як збурюючим впливом у контурі струму [12, 18].

Структурна схема контуру струму представлено на рисунку 4.2.

У якості малої постійної часу контуру струму приймаємо малу постійну ТП $T_\mu = 5$ мс, що обирається, виходячи з необхідної швидкодії та завадостійкості системи регулювання. Налаштовуємо контур струму на модульний оптимум.

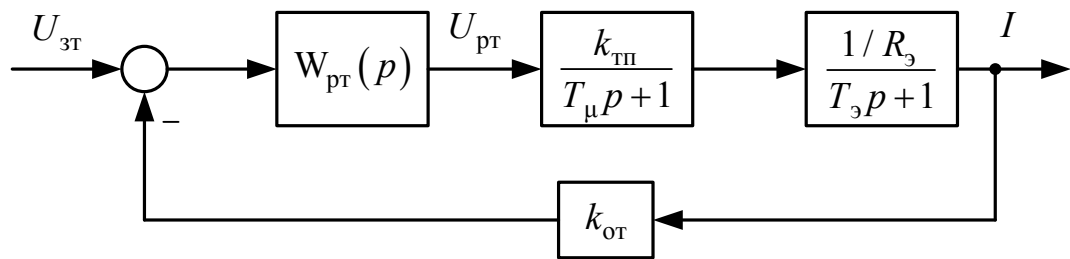


Рисунок 4.2 – Структурна схема контуру струму

На підставі структурної схеми, наведеної на рис. 4.2, та методики, викладеної в [18], можна отримати формули для визначення параметрів ПІ-РТ і передавальну функцію (ПФ) контуру регулювання струму (КРС), налаштованого на модульний оптимум (МО):

$$W_{\text{рТ}}^{\text{М}}(p) = \frac{R_3(T_3 p + 1)}{k_{\text{тП}} k_{\text{от}} 2T_\mu p} = \frac{R_3(T_3 p + 1)}{k_{\text{тП}} k_{\text{от}} T_{\text{от}} p} = k_{\text{рТП}} + \frac{k_{\text{рТИ}}}{p} \quad (4.10)$$

Пропорційна та інтегральна частина ПІ-регулятора струму:

$$k_{\text{рТП}} = \frac{R_3 T_3}{k_{\text{тП}} k_{\text{от}} T_{\text{от}}} = \frac{0,2 \cdot 0,03}{55,21 \cdot 0,01613 \cdot 0,01} = 0,647 \quad (4.11)$$

$$k_{\text{рТИ}} = \frac{1}{T_{\text{рТ}}} = \frac{R_3}{k_{\text{ТП}} k_{\text{от}} T_{\text{от}}} = \frac{0,2}{55,21 \cdot 0,01613 \cdot 0,01} = 22,353 \quad (4.12)$$

$$T_{\text{рТ}} = \frac{k_{\text{ТП}} k_{\text{от}} T_{\text{от}}}{R_3} = \frac{55,21 \cdot 0,01613 \cdot 0,01}{0,2} = 0,045 \text{ с} \quad (4.13)$$

де T_3 – електромагнітна постійна часу системи ТП-Д;

$k_{\text{ТП}}$ – коефіцієнт передачі ТП по напрузі;

$$k_{\text{от}} = \frac{U_{\text{зт.мах}}}{I_{\text{мах}}} = \frac{10}{620} = 0,01613 \text{ В/А} \quad \text{– коефіцієнт передачі ланцюга}$$

зворотнього зв'язка по струму;

$U_{\text{зт.мах}} = 10 \text{ В}$ – максимальний сигнал завдання на струм;

$I_{\text{мах}} = 2,5I_{\text{н}} = 2,5 \cdot 248 = 620 \text{ А}$ – максимально допустимий струм якоря

двигуна (струм упору);

$T_{\text{от}} = 2T_{\mu} = 2 \cdot 0,005 = 0,01, \text{ с}$ – постійна часу інтегрування контуру

струму при налаштуванні на модульний оптимум.

Функціональна схема контуру регулювання струму якоря, реалізована в перетворювачі програмно на базі відповідних блоків, представлена на рисунку 4.3. Розраховані величини пропорційної і інтегральної частин регулятора струму при налагодженні електроприводу необхідно встановити в параметрах P155.F і P156.F відповідно.

Для формування сигналу, пропорційного реальному струму якоря двигунів використовується канал аналогового входу (клеми X174.4 і X174.5 на рис. 4.4), на які подається напруга з датчика напруги, підключеного до вимірювального шунту. Шунт необхідно встановити в якірному ланцюзі двигуна. Далі сигнал фільтрується апаратним згладжуванням, оцифровується аналого-цифровим перетворювачем А/D, нормується за величиною до 100% параметром P701.F і далі при необхідності інвертується за допомогою параметра P703, програмно фільтрується і на виході конектора K0011 виходить програмний сигнал, пропорційний реальному струму.

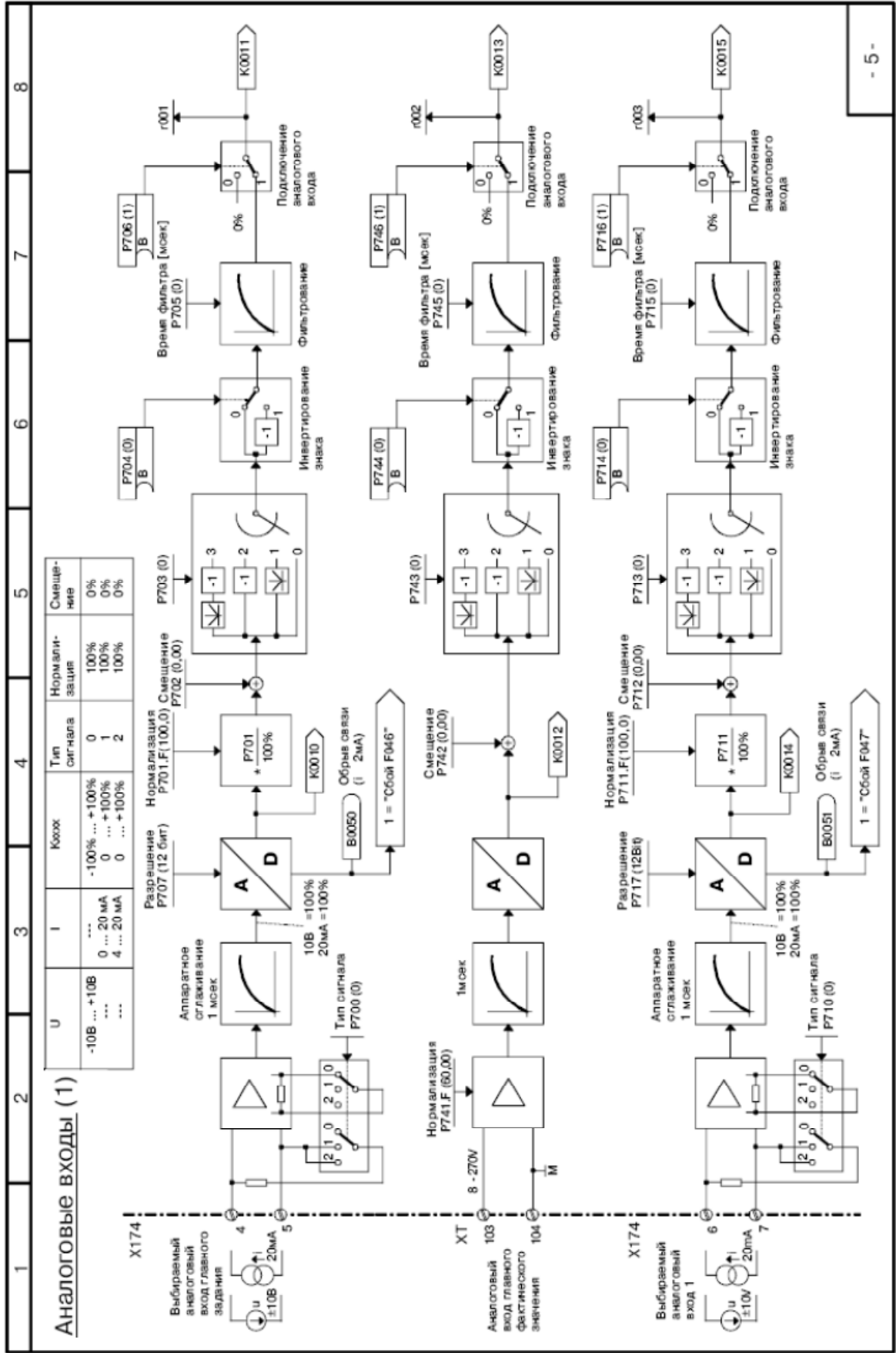


Рисунок 4.4 – Канал формирования сигнала зворотного зв'язка по струму в перетворювачі SIMOREG DC Master

4.4 Синтез регулятора швидкості

Структурна схема контуру швидкості зі згорнутим контуром струму (оскільки T_μ - мала постійна часу, то значенням $T_{от}T_\mu$ можна зневажити) наведено на рисунку 4.5 [12, 18, 19].

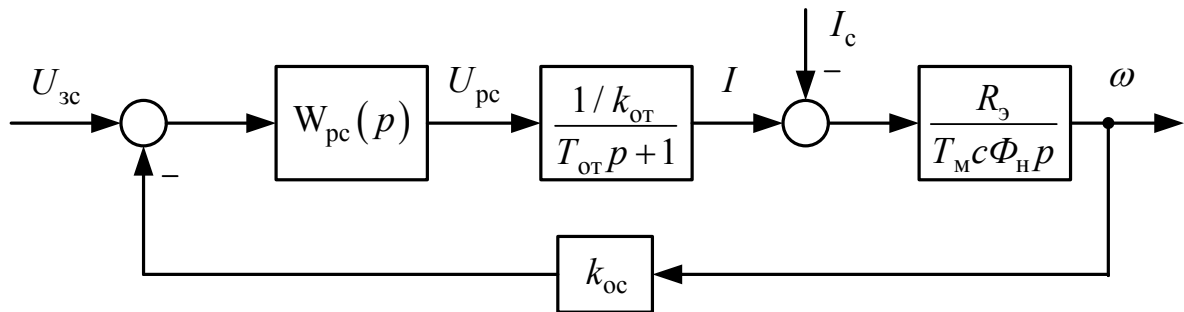


Рисунок 4.5 - Структурна схема контуру швидкості

Регулятор швидкості організований по пропорційному П-закону керування з настроюванням на модульний оптимум. Регулятор для забезпечення необхідних динамічних параметрів повинен компенсувати електромеханічну постійну часу системи T_M , а також малу постійну часу контуру швидкості T_{oc} . У цьому випадку передатна функція регулятора швидкості має вигляд:

$$W_{pc}^c(p) = \frac{T_M c \Phi_H k_{от}}{R_э k_{ос} 2T_{от}} = \frac{T_M c \Phi_H k_{от}}{R_э k_{ос} T_{oc}} = k_{pc\Pi} \quad (4.14)$$

Пропорційна частина П-регулятора швидкості:

$$k_{pc\Pi} = \frac{T_M c \Phi_H k_{от}}{R_э k_{ос} T_{oc}} = \frac{0,043 \cdot 90,07 \cdot 0,00078}{0,018 \cdot 1,193 \cdot 0,02} = 7,054 \quad (4.15)$$

де T_M – електромеханічна постійна часу системи ТП-Д;

$$k_{ос} = \frac{U_{зс,max}}{\omega_{max}} = \frac{10}{8,378} = 1,193 \quad \text{Вс} \quad \text{– коефіцієнт передачі ланцюга}$$

зворотного зв'язка по швидкості;

$$U_{зс,max} = 10 \text{ В} \quad \text{– максимальний сигнал завдання на швидкість};$$

$\omega_{\max} = \omega_n = 8,378 \text{ 1/с}$ – максимальна швидкість електродвигуна;

$T_{\text{ос}} = 2T_{\text{от}} = 2 \cdot 0,01 = 0,02 \text{ с}$ – постійна часу інтегрування контуру швидкості при настроюванні на симетричний оптимум.

Функціональна схема контуру регулювання швидкості, реалізованого в перетворювачі SIMOREG DC Master програмно на базі відповідних блоків, представлена на рисунку 4.6. Розраховані величини пропорційної й інтегральної частин регулятора швидкості при налагодженні електропривода необхідно встановити в параметрах P550.F, P225.F і P226.F відповідно.

У якості датчика швидкості вибираємо імпульсний датчик RVI 58N – 1024 імпульсів/оберт.

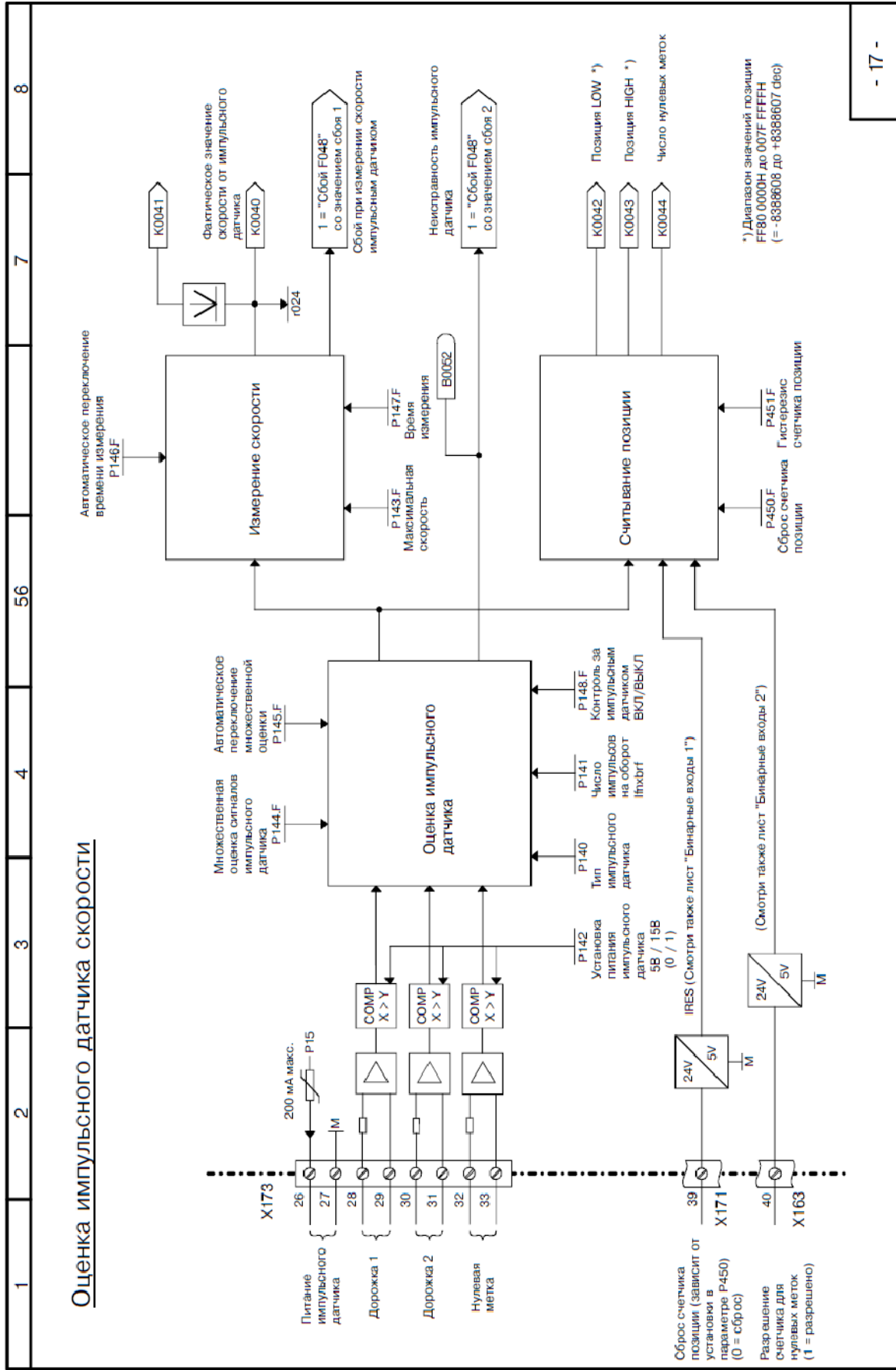


Рисунок 4.7 – Функціональна схема регулятора швидкості в перетворювачі SIMOREG DC Master

4.5 Розрахунок задатчика інтенсивності швидкості

Для розгону й гальмування двигуна з динамічним струмом, меншим уставки токообмеження ($I_{\max} = 2,5I_{\text{н}}$) необхідно на вході регулятора швидкості встановити задатчик інтенсивності швидкості (ЗІШ). Він перетворить ступінчастий сигнал завдання швидкості в лінійний сигнал, який змінюється у часі. Усталене значення напруги виходу ЗІС, яке подається на вхід регулятора швидкості, дорівнює вхідному сигналу. Структурна схема задатчика інтенсивності наведено на рисунку 4.8.

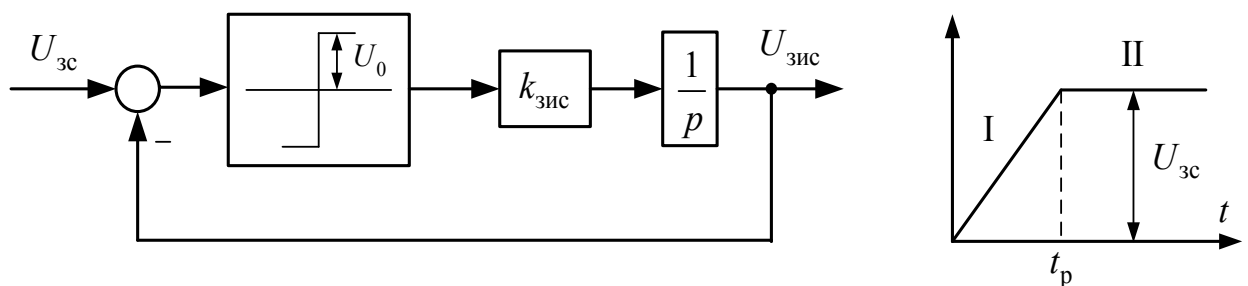


Рисунок 4.8 – Структурна схема задатчика інтенсивності швидкості

Вихідна напруги задатчика інтенсивності можна описати наступними рівняннями:

I ділянка:

$$U_{\text{зис}}^{\text{I}} = U_0 k_{\text{зис}} t_p = \frac{R_{\text{э}}}{T_{\text{м}} c \Phi_{\text{н}}} \frac{I_{\text{дин}} U_{\text{зс}}}{\omega_{\text{з.уст}}} t_p \quad (4.16)$$

II ділянка:

$$U_{\text{зис}}^{\text{II}} = U_{\text{зс}} \quad (4.17)$$

де $I_{\text{дин}} = \lambda_{\text{п.т}} I_{\text{н дв}} = 1,766 \cdot 2 \cdot 635 = 2243,2$ А - динамічний струм двох двигунів;

$\lambda_{\text{п.т}} = 1,766$ - величина кратності пуско-гальмівних струмів, що забезпечують роботу електродвигуна без перегріву для випадку стабілізації динамічного моменту електроприводу (2.13);

$\omega_{з.уст} = \omega_n$ – усталена швидкість, яка відповідає $U_{зс}$;

$U_{зс} = 10$ В - напруга на вході ЗІШ (напруга, що задає);

$U_0 = 10$ В - полка релейного елемента.

Зі співвідношення (4.16) визначимо час розгону двигуна до усталеної швидкості та порівняємо з (2.13) $t_{II} = 0,239$ с:

$$t_p = \frac{T_m c \Phi_n}{R_y} \cdot \frac{\omega_{з.уст}}{I_{дин}} = \frac{0,043 \cdot 90,07}{0,018} \cdot \frac{8,378}{1,5 \cdot 5100} = 0,235 \text{ с} \quad (4.18)$$

Коефіцієнт передачі задатчика інтенсивності:

$$k_{зис} = \frac{U_{зс}}{t_p} = \frac{10}{0,235} = 42,53 \text{ В/з} \quad (4.19)$$

Функціональна схема задатчика інтенсивності швидкості, реалізованого в перетворювачі SIMOREG DC Master програмно на базі відповідних блоків, представлено на рисунку 4.8.

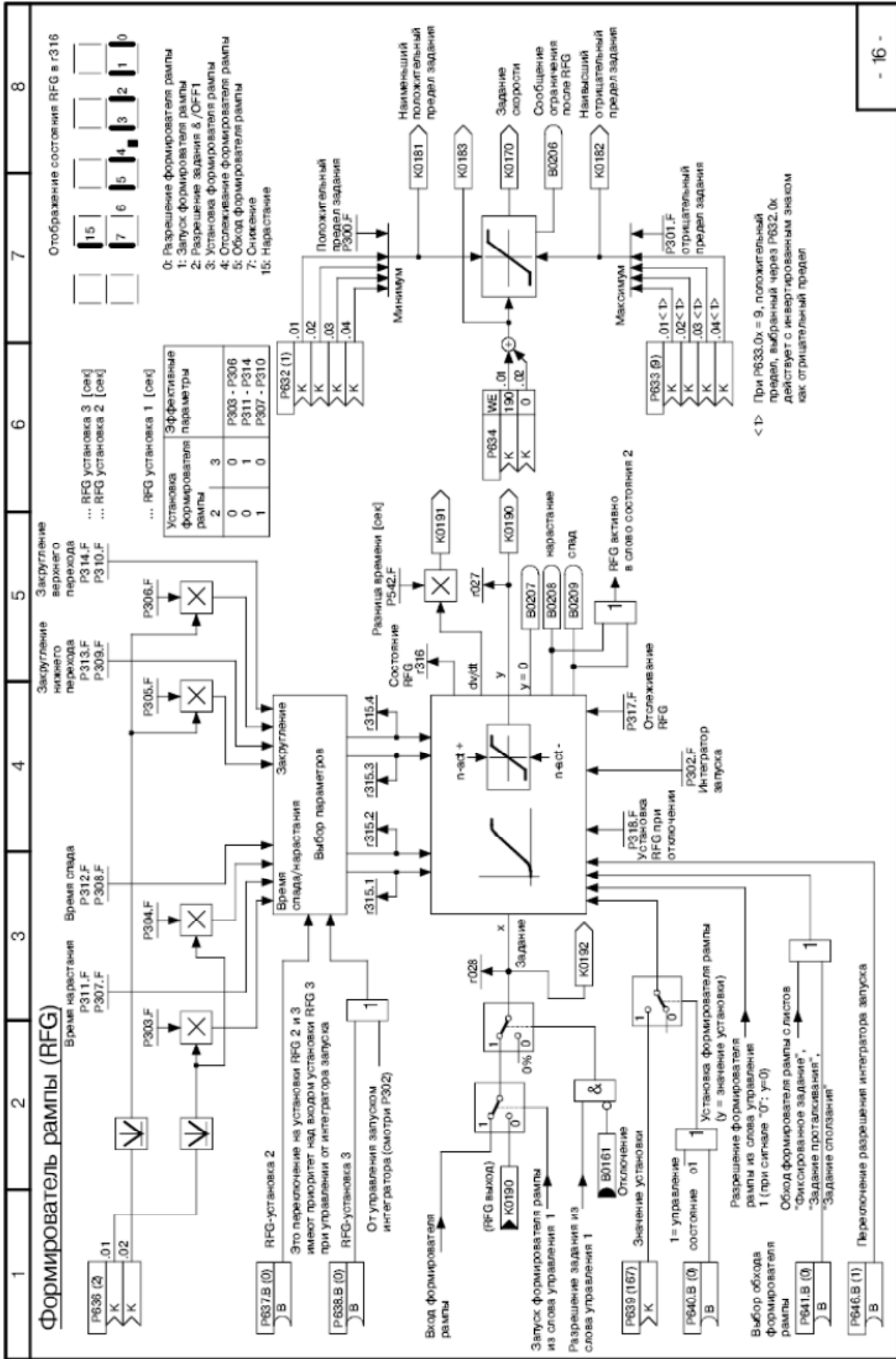


Рисунок 4.8 – Функціональна схема задавачика інтенсивності в перетворювачі SIMOREG DC Master

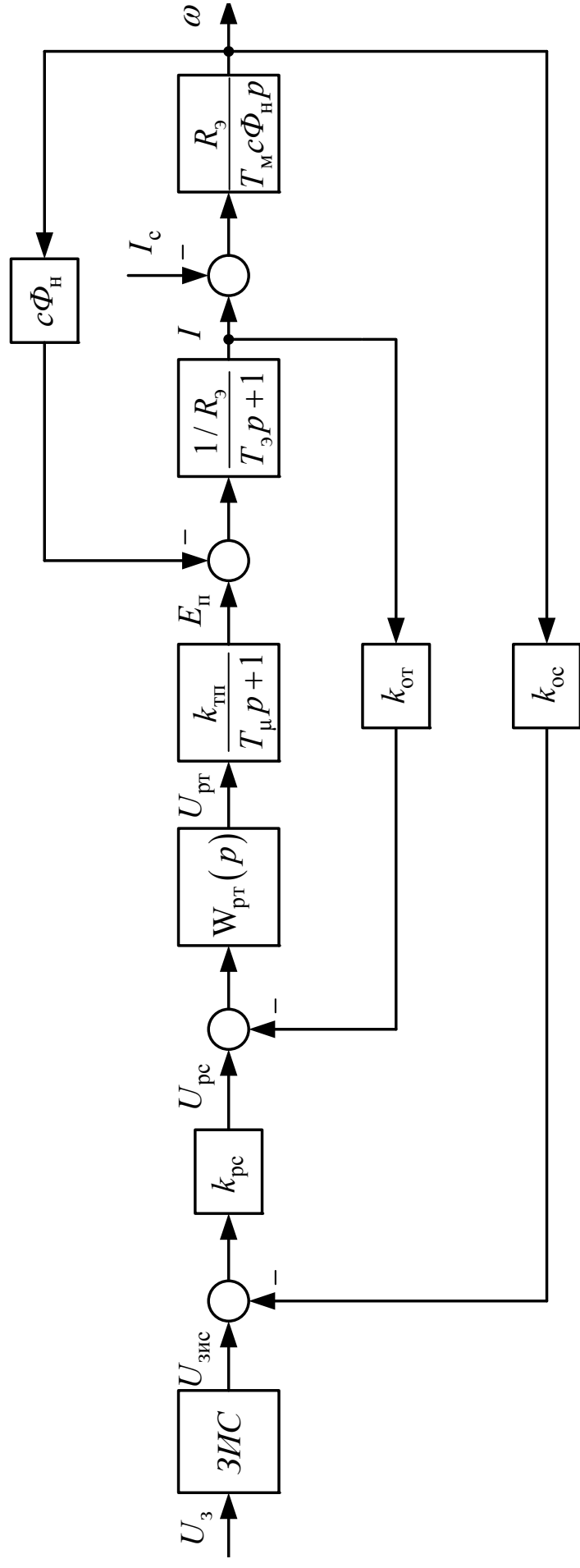


Рисунок 4.9 – Структурна схема швидкісної системи підпорядкованого керування

5 МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМИ ПІДПОРЯДКОВАНОГО КЕРУВАННЯ ЕЛЕКТРОПРИВОДОМ НОЖИЦЬ У СЕРЕДОВИЩІ MATLAB/SIMULINK

Цифрове моделювання розрахованої системи здійснюється в середовищі моделювання динамічних систем Matlab/Simulink. Створена Simulink-модель швидкісної системи підпорядкованого керування електроприводом ножиців, що має у своєму составі ПІ-регулятор струму, П-регулятор швидкості й задатчик інтенсивності швидкості наведена на рис. 5.1. Внутрішні структури підсистем (Subsystem) типових вузлів схеми наведені на рис. 5.2 - 5.5.

При реалізації регуляторів струму і швидкості в цифровій моделі враховувалося їх насичення. Наприклад, при побудові моделі ПІ-регулятора недостатньо обмежити тільки його вихідну напругу за допомогою блоку Saturation, оскільки внутрішня інтегральна складова блоку при цьому може накопичувати в перехідному процесі значення, що перевершують передбачуваний поріг насичення. З цієї причини використання стандартного блоку PID-Controller, представленого в бібліотеці Simulink Extras/Additional Liner неприпустимо. Моделі регуляторів коректно враховують поріг насичення регулятора $U_{y,max} = 10$ В (см. рис. 5.3).

Графіки перехідних процесів (швидкість обертання двигуна; струм якірного ланцюга системи; ЕРС силового перетворювача; вихідна напруга регулятора положення; вихідна напруга регулятора швидкості; вихідна напруга регулятора струму; вихідна напруга задатчика інтенсивності швидкості) отримані як за номінальними параметрами об'єкта управління, так і при їх варіації наведено на рис. 5.6 - 5.19.

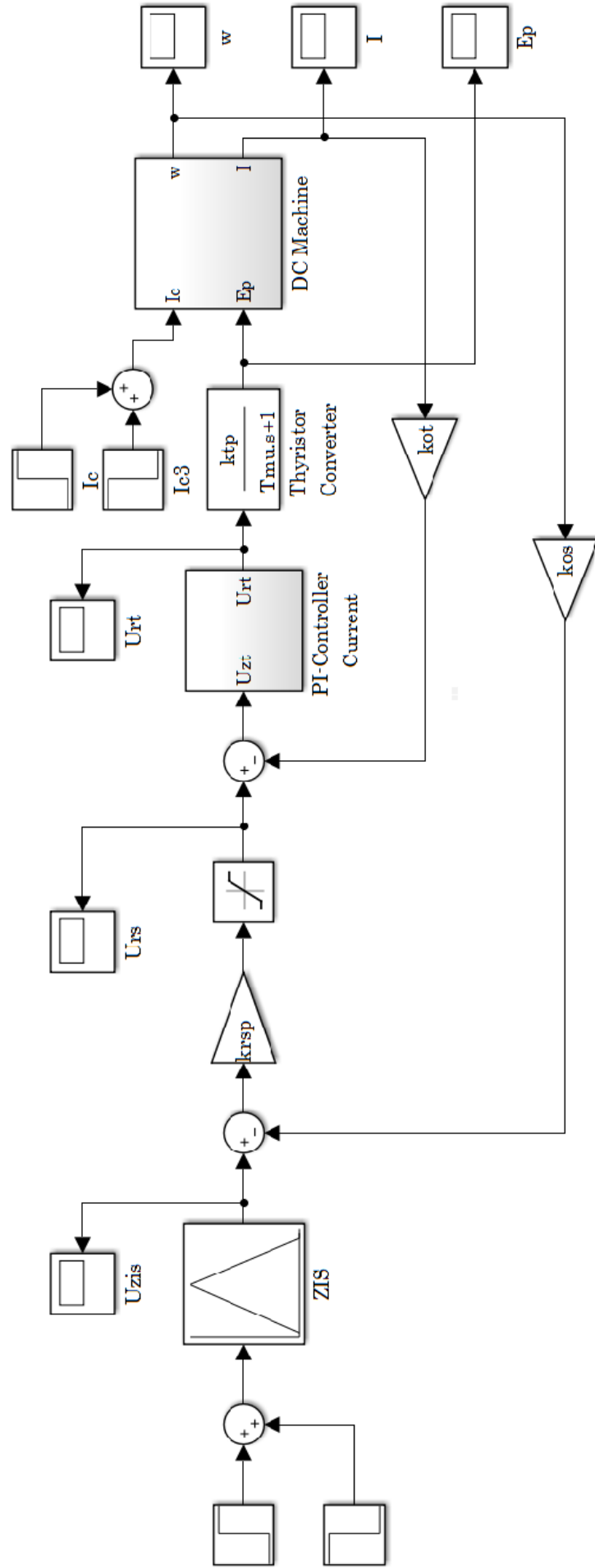


Рисунок 5.1 – Simulink-модель швидкісної системи підпорядкованого керування

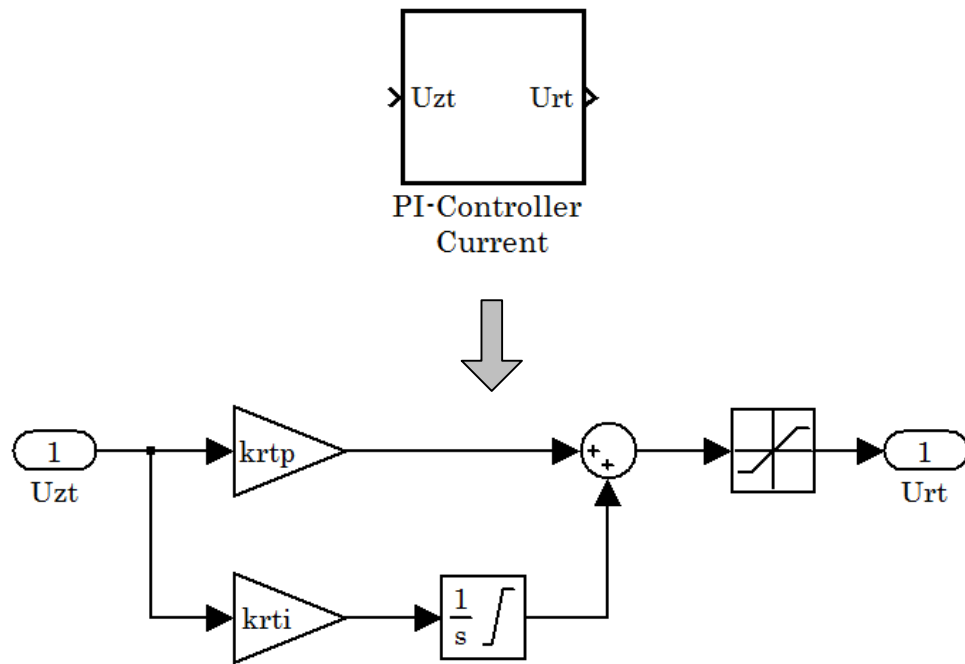


Рисунок 5.2 – Підсистема «ПІ-регулятор» струму (PI-Controller Current) і швидкості (PI-Controller Speed), що враховує поріг насичення регулятора

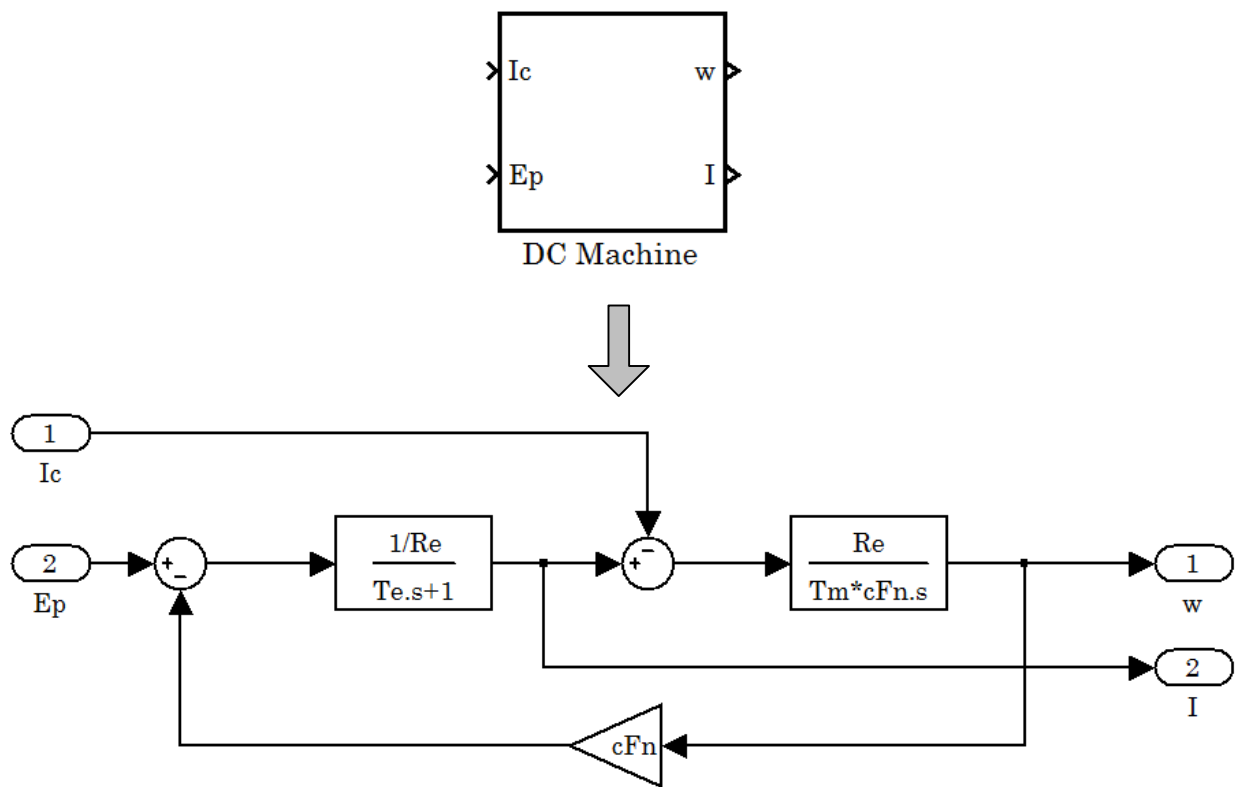


Рисунок 5.3 – Внутрішня структура підсистеми двигуна постійного струму (DC Machine)

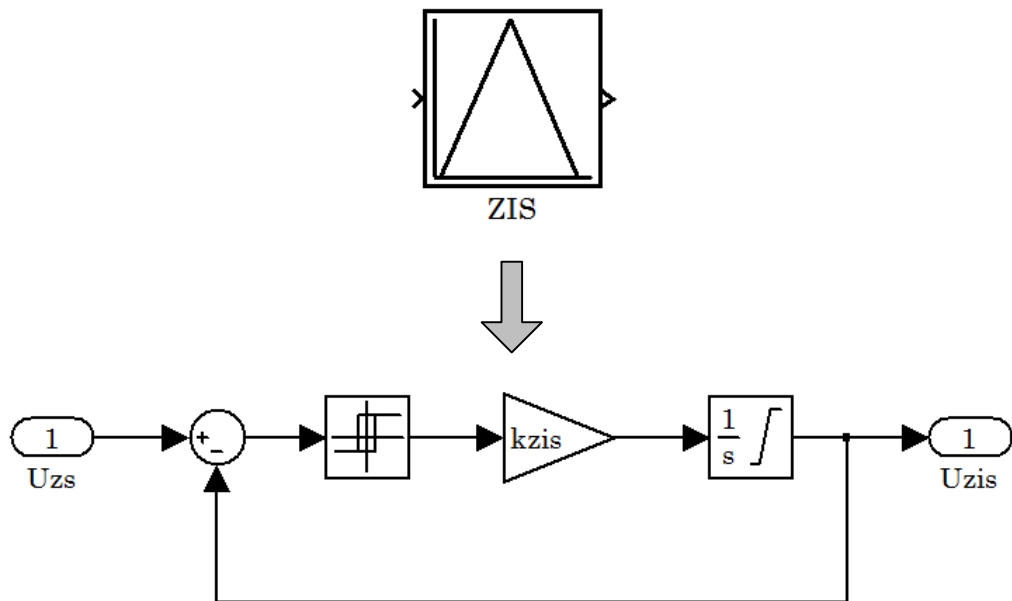


Рисунок 5.4 – Підсистема «Задатчик інтенсивності швидкості» (ZIS), що реалізує раціональну динаміку

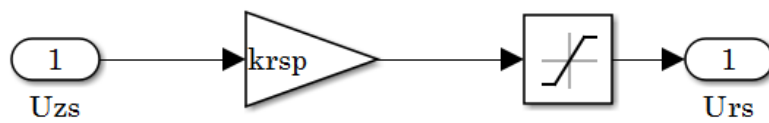


Рисунок 5.5 – Simulink-модель П-регулятора швидкості, що враховує поріг насичення регулятора

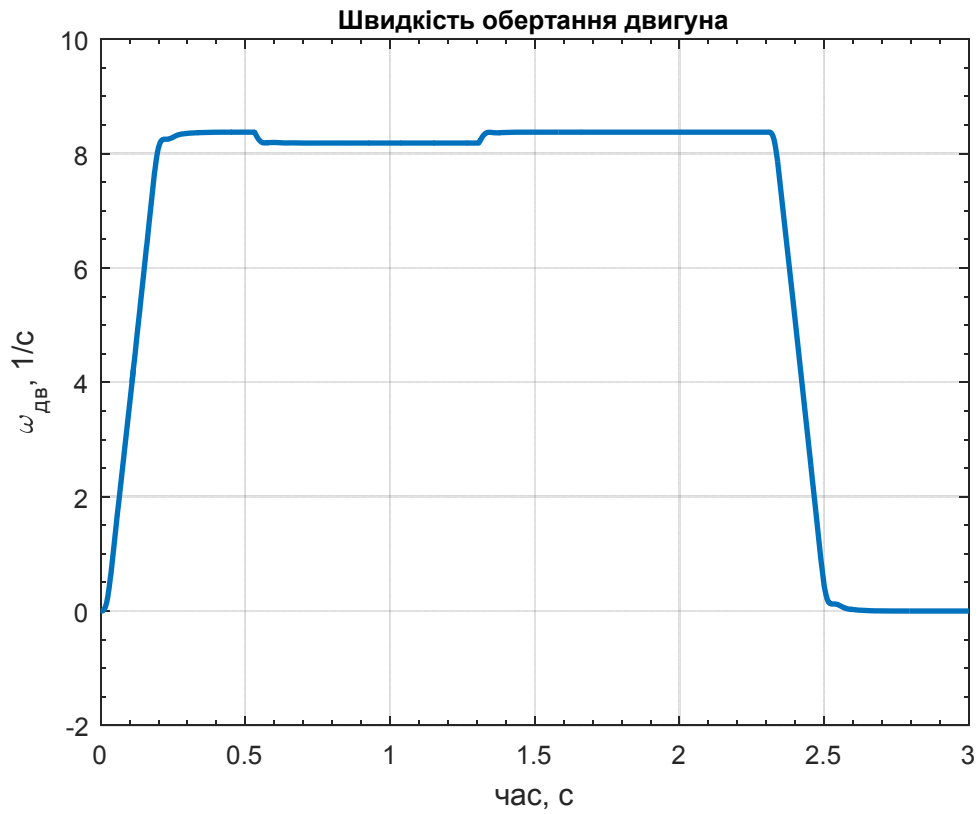


Рисунок 5.6 – Графік перехідного процесу швидкості обертання двигуна ($I_c = 0,4I_H$)



Рисунок 5.7 – Графік перехідного процесу напруги задатчика інтенсивності швидкості ($I_c = 0,4I_H$)

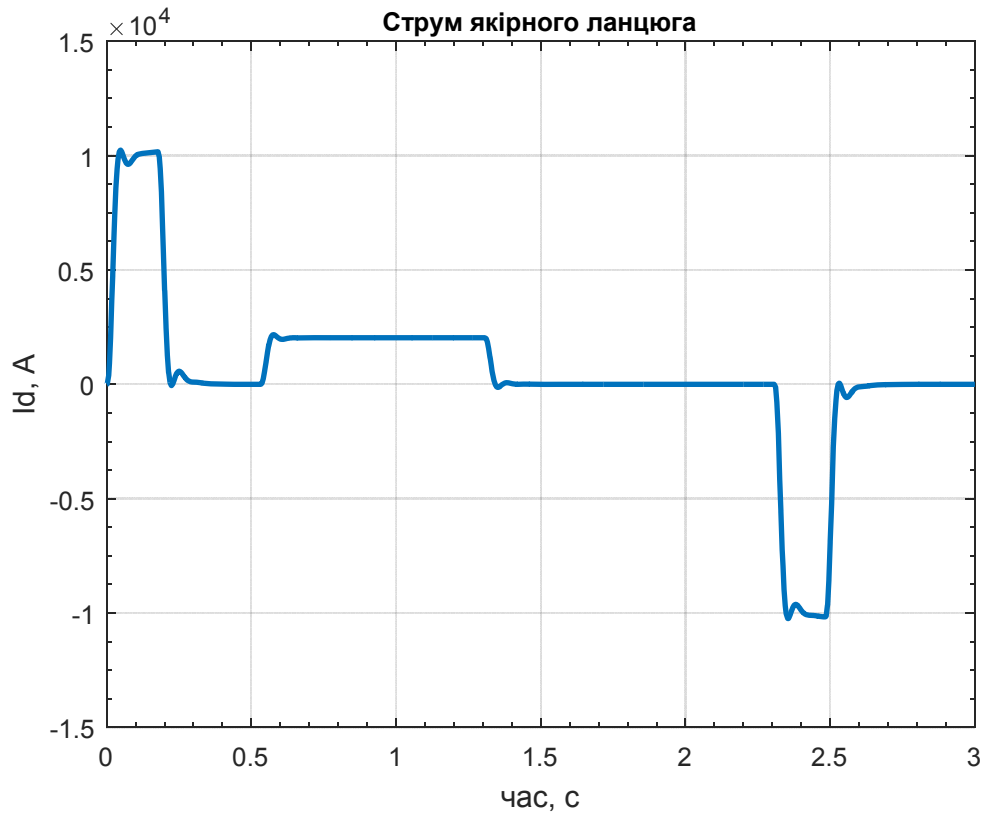


Рисунок 5.8 – Графік перехідного процесу струму якоря ($I_c = 0,4I_H$)

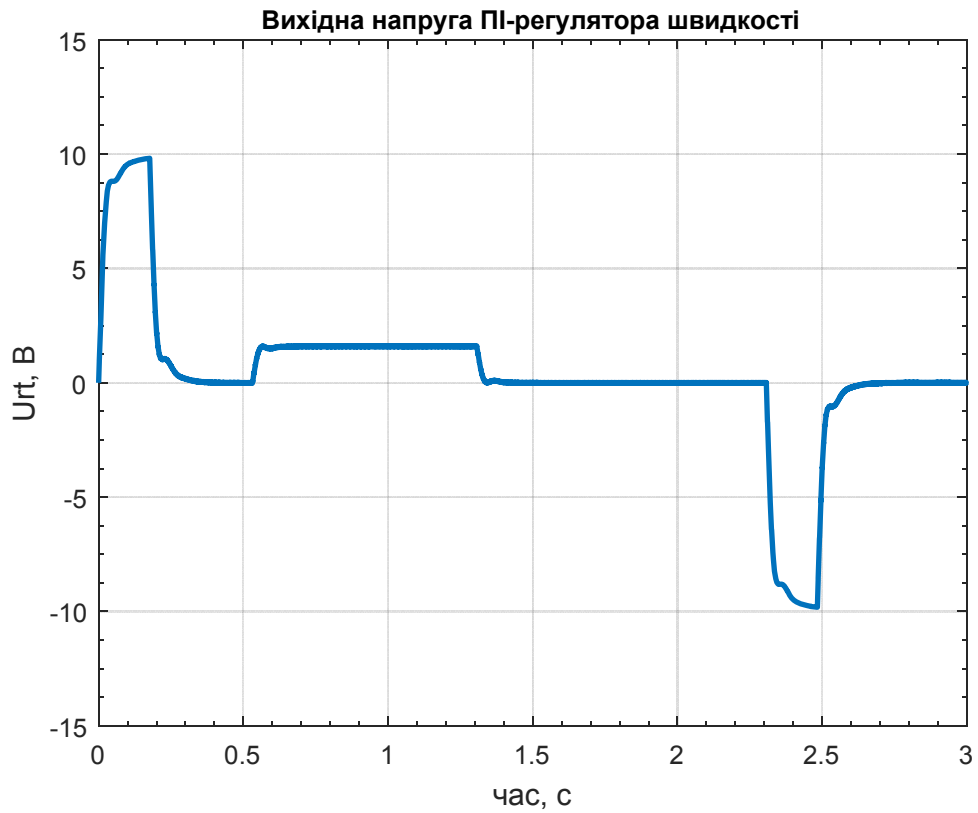


Рисунок 5.9 – Графік перехідного процесу напруги ПІ-регулятора швидкості ($I_c = 0,4I_H$)

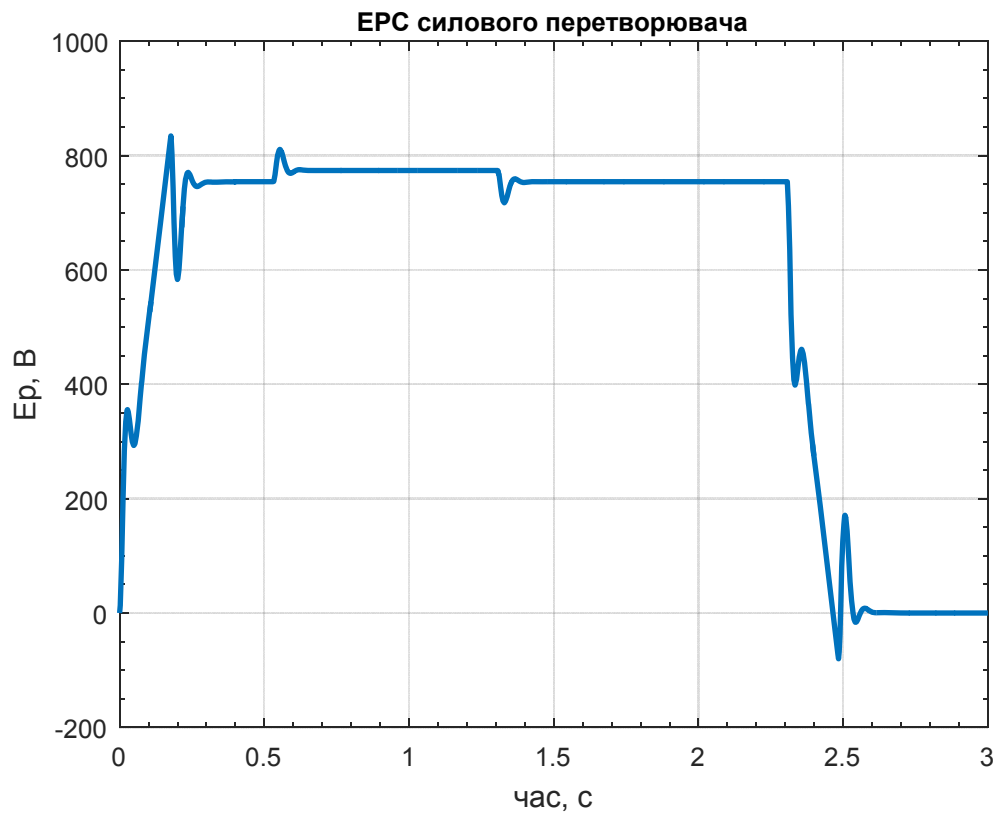


Рисунок 5.10 – Графік перехідного процесу ЕРС тиристорного перетворювача ($I_c = 0,4I_H$)

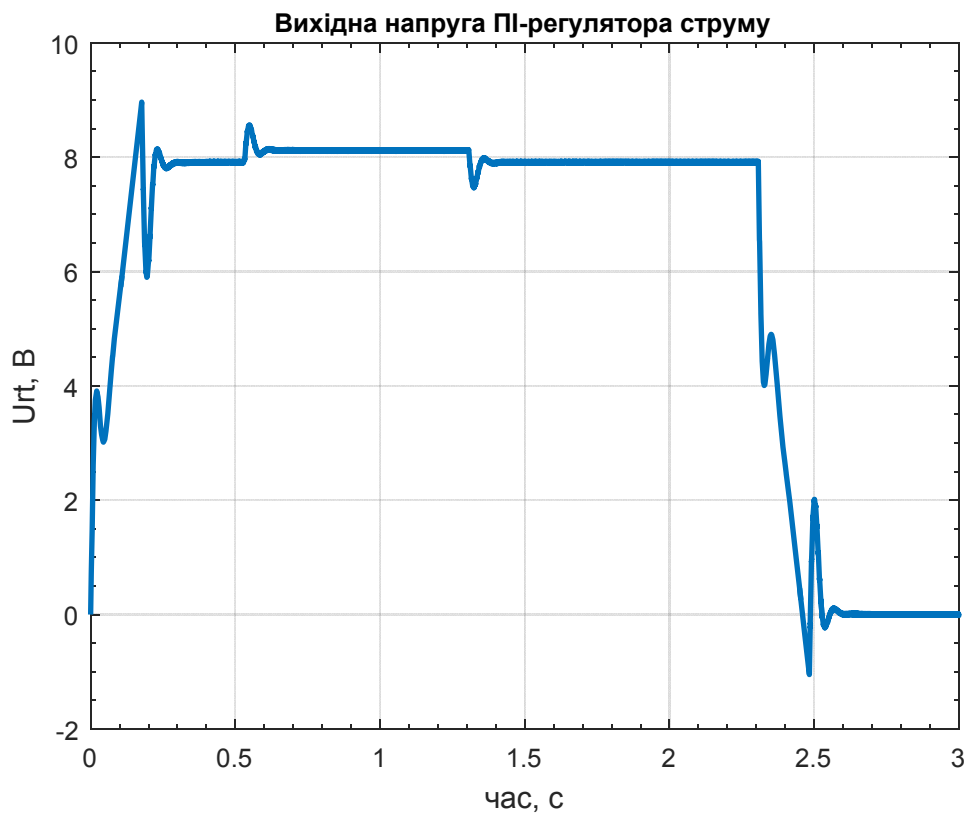


Рисунок 5.11 – Графік перехідного процесу напруги ПІ-регулятора струму ($I_c = 0,4I_H$)

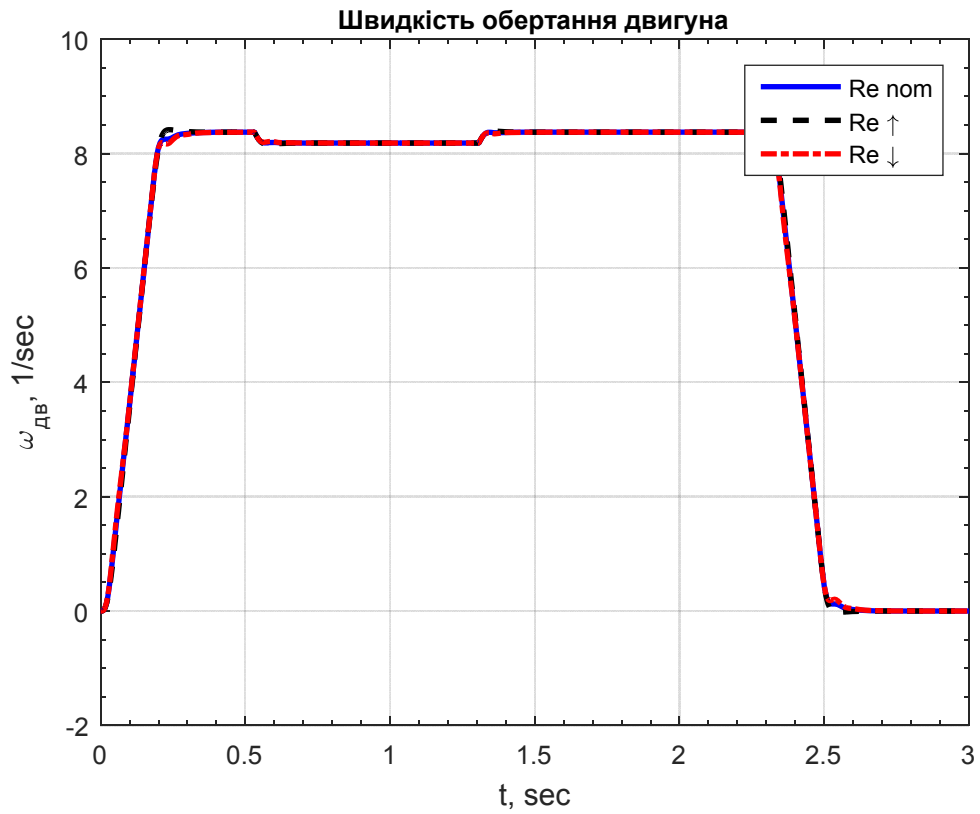


Рисунок 5.12 – Графіки перехідного процесу швидкості обертання двигуна при зміні R_e у 2 рази ($I_c = 0,4I_H$)

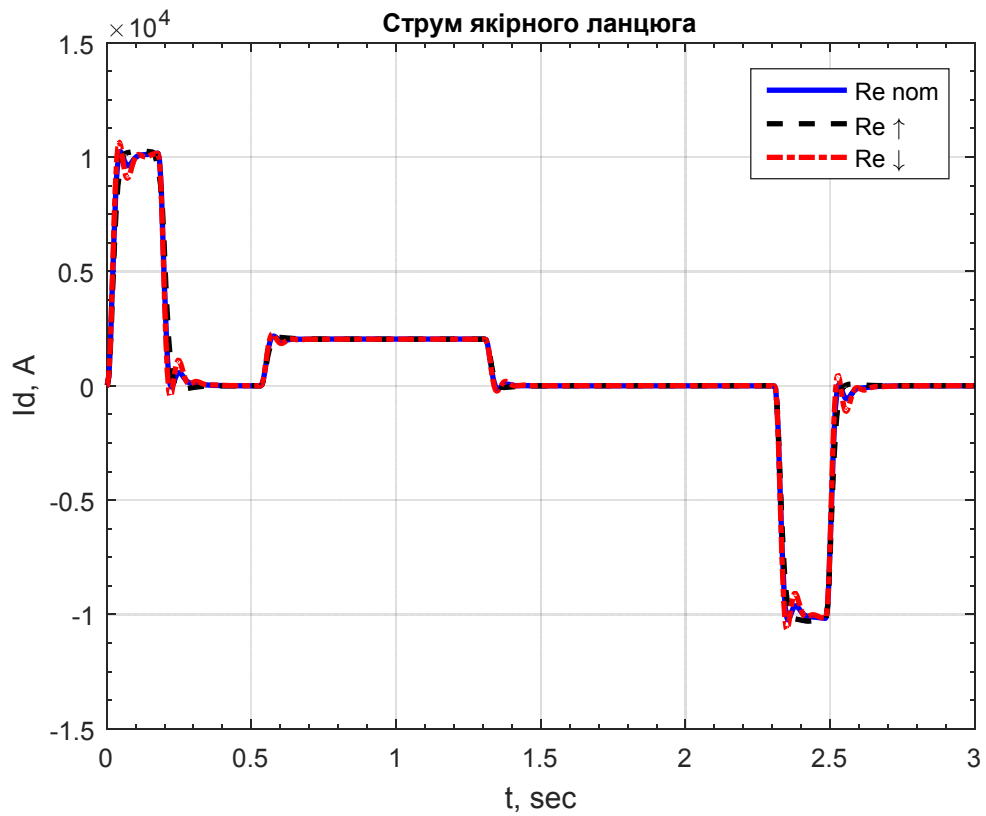


Рисунок 5.13 – Графіки перехідного процесу струму якоря при зміні R_e у 2 рази ($I_c = 0,4I_H$)

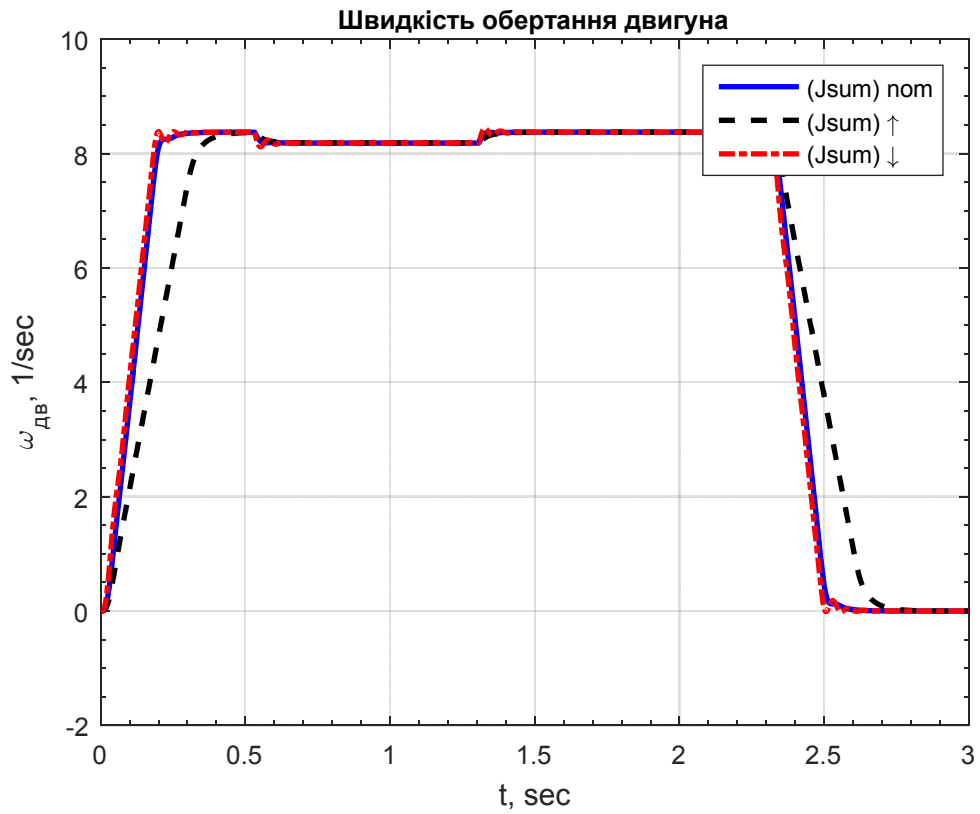


Рисунок 5.12 – Графіки перехідного процесу швидкості обертання двигуна при зміні J_{Σ} у 2 рази ($I_c = 0,4I_H$)

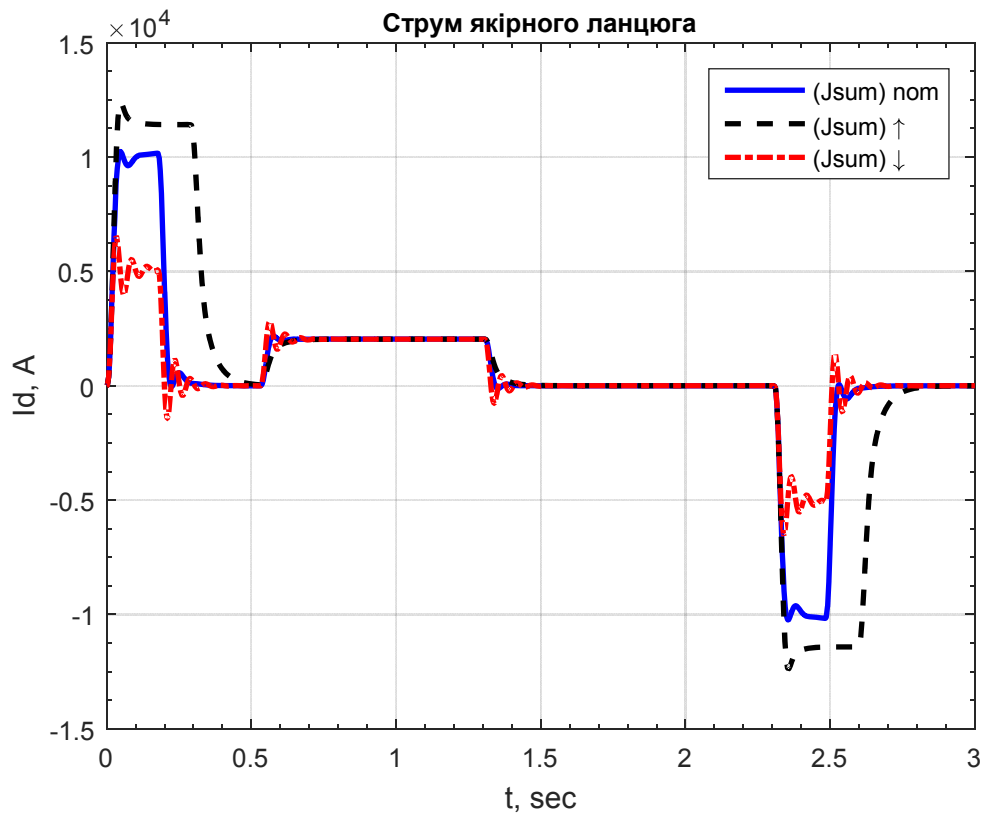


Рисунок 5.13 – Графіки перехідного процесу струму якоря при зміні J_{Σ} у 2 рази ($I_c = 0,4I_H$)

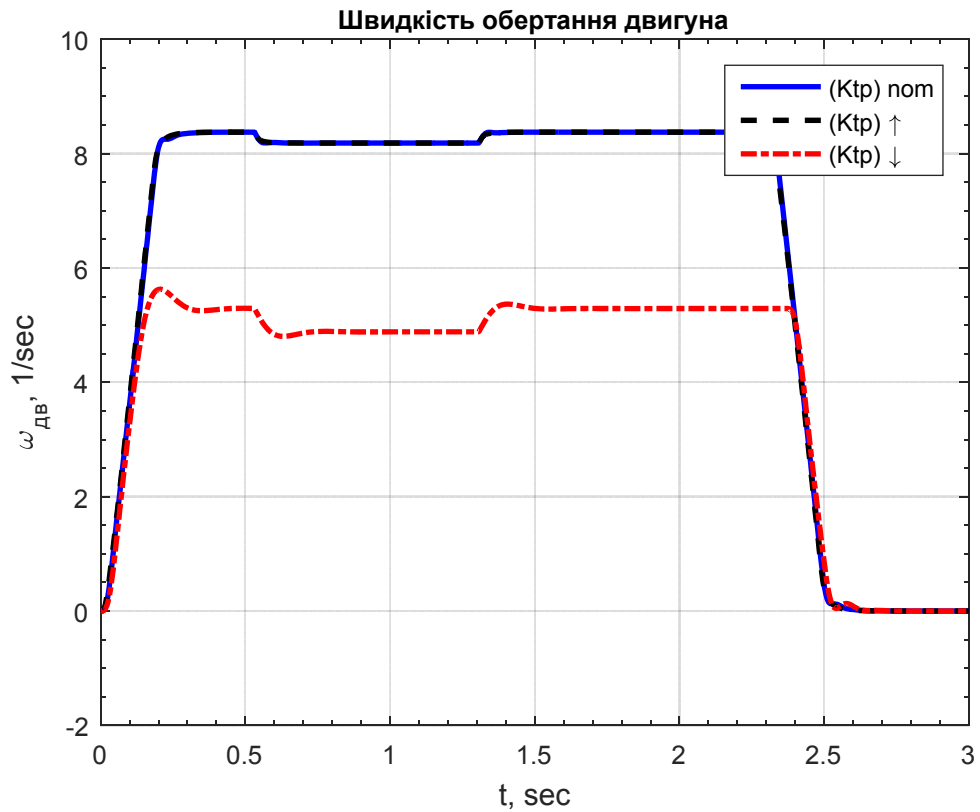


Рисунок 5.14 – Графіки перехідного процесу швидкості обертання двигуна при зміні коефіцієнту передачі ТП у 2 рази ($I_c = 0,4I_H$)

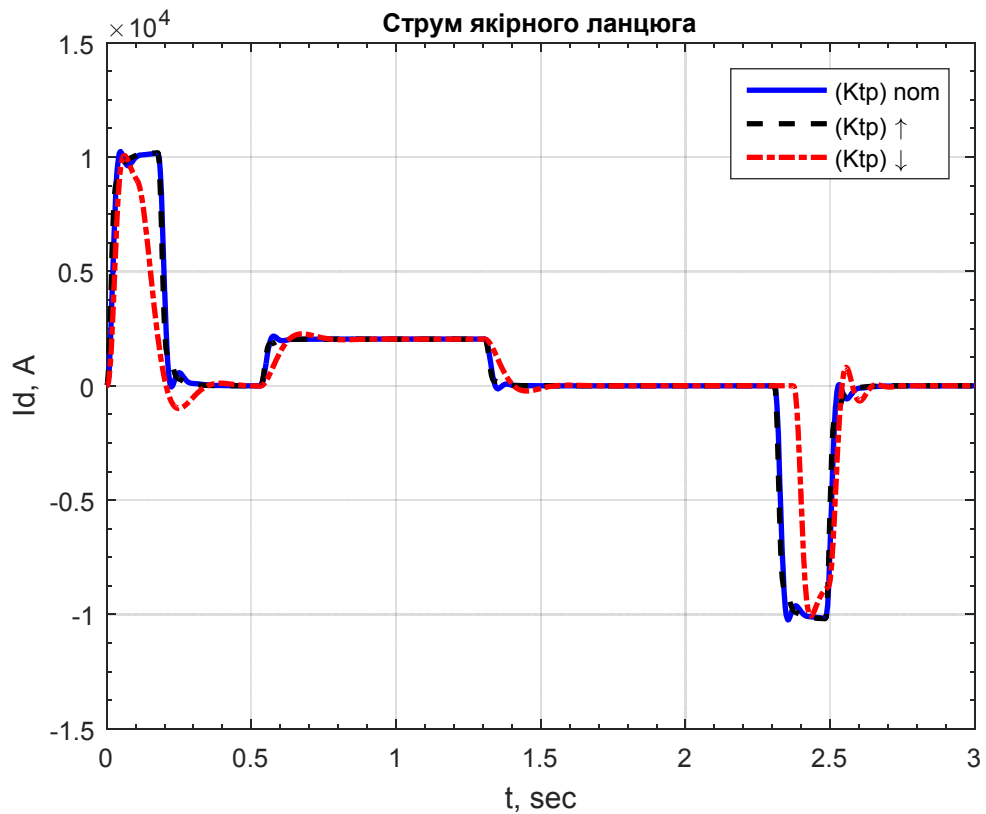


Рисунок 5.15 – Графіки перехідного процесу струму якоря при зміні коефіцієнту передачі ТП у 2 рази ($I_c = 0,4I_H$)

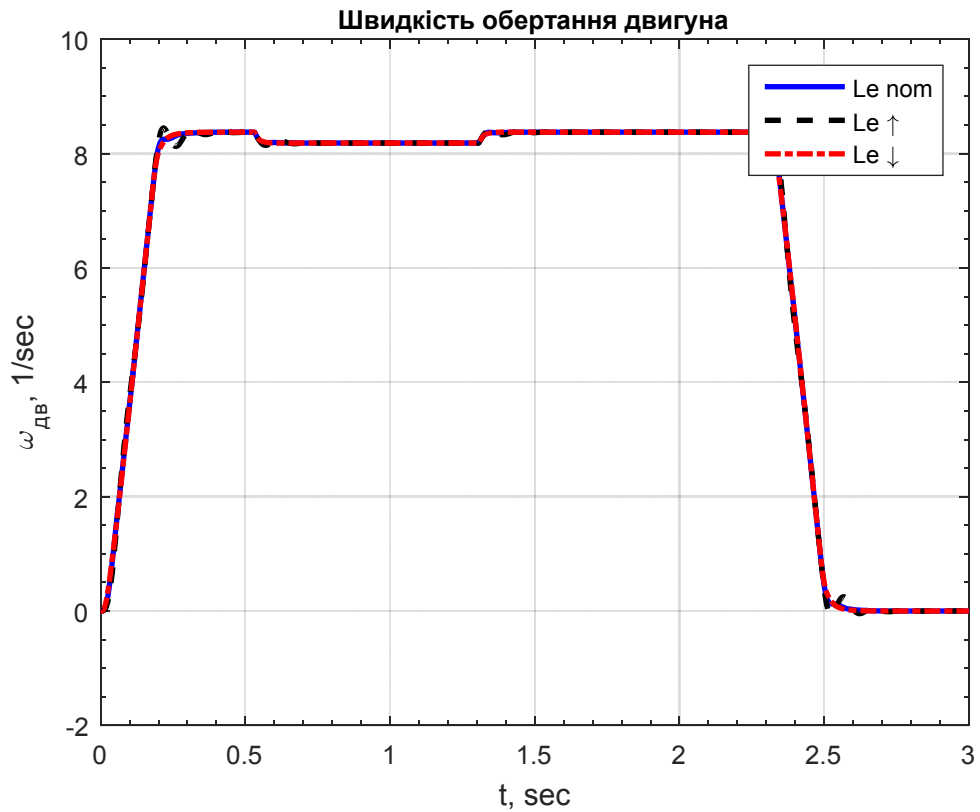


Рисунок 5.16 – Графіки перехідного процесу швидкості при зміні еквівалентної індуктивності системи у 2 рази ($I_c = 0,4I_H$)

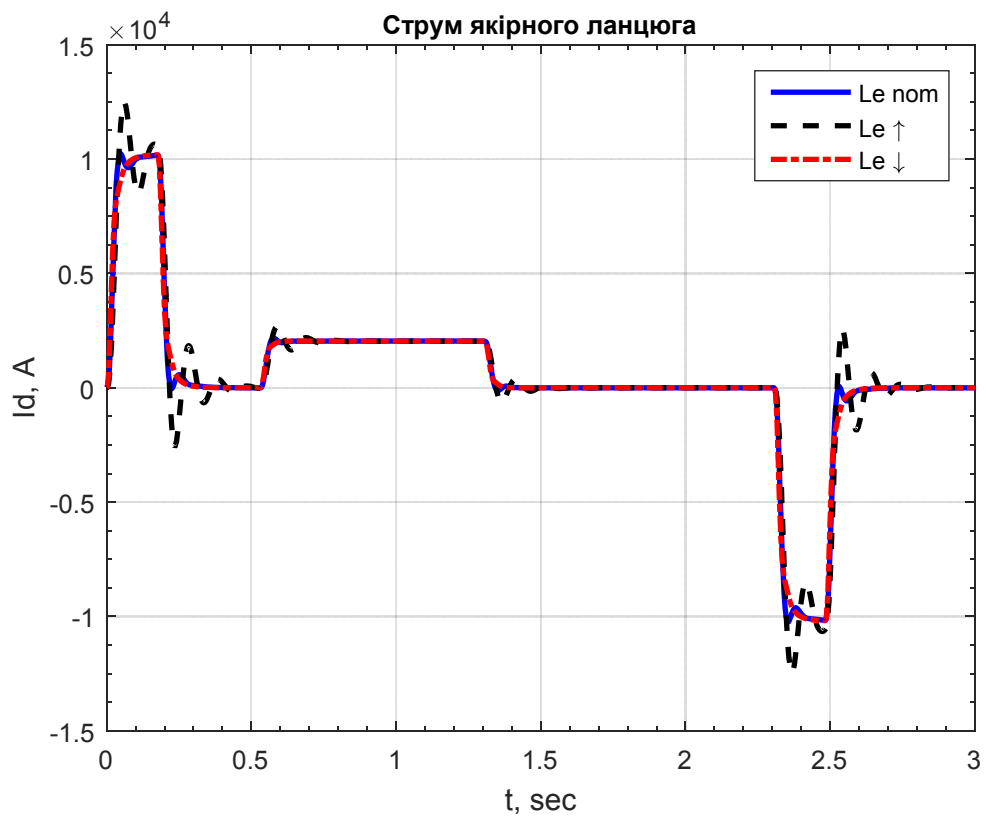


Рисунок 5.17 – Графіки перехідного процесу струму якоря при зміні еквівалентної індуктивності системи у 2 рази ($I_c = 0,4I_H$)

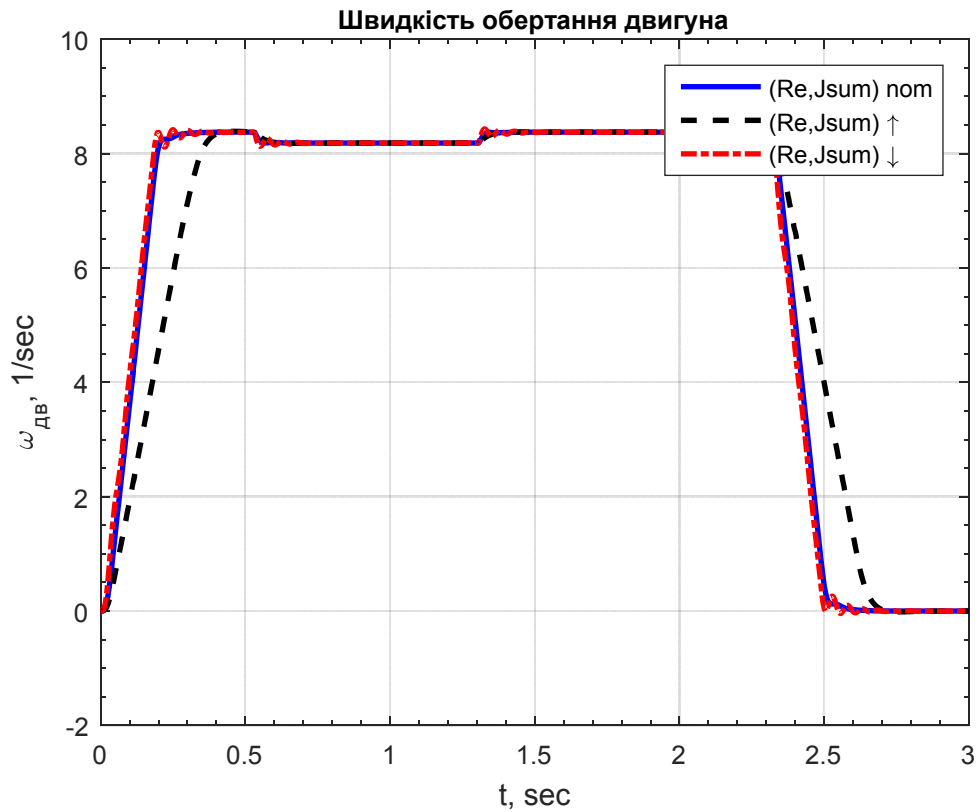


Рисунок 5.18 – Графіки перехідного процесу швидкості обертання двигуна при сумарній зміні R_e та J_{Σ} у 2 рази ($I_c = 0,4I_H$)

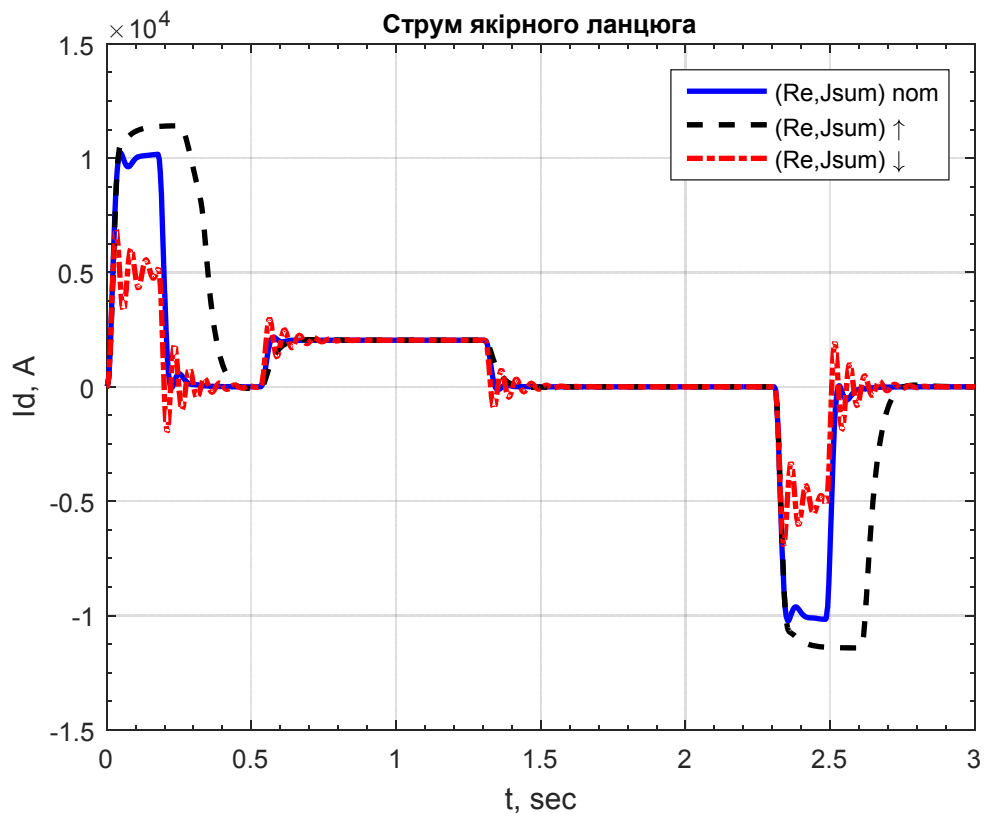


Рисунок 5.19 – Графіки перехідного процесу струму якоря при сумарній зміні R_e та J_{Σ} у 2 рази ($I_c = 0,4I_H$)

6 ОХОРОНА ПРАЦІ

6.1 Аналіз шкідливих і небезпечних факторів

Виробництво на комбінаті характеризується впливом небезпечних і шкідливих виробничих факторів, які можуть бути постійними, такими, що виникають періодично або випадково. Небезпечні і шкідливі виробничі фактори – це фактори, вплив яких на працюючих в умовах виробництва призводить до захворювання або травми.

Постійно діючими небезпечними і шкідливими виробничими факторами на території комбінату, зокрема в обтискному цеху, є рухомі і обертові частини механізмів і обладнання, вантажопотоки, теплові випромінювання, шум, вібрація і т.п. Тимчасовими періодично діючими небезпечними і шкідливими виробничими факторами є: розплавлений і розпечений метал, запиленість, загазованість і т.д. Велика розмаїтість небезпечних і шкідливих виробничих факторів вимагає постійного їх обліку, аналізу, вибору засобів і методів для їх запобігання або зменшення їх впливу на робітників. Це здійснюється шляхом розробки нормативів, постійного обліку за виконанням цих нормативів, введенням засобів колективного та індивідуального захисту, виконанням вимог техніки безпеки.

Електропривод ножиць відноситься до електроустановок до 500 В. У трансформаторних кіосках цеху встановлені силові трансформатори перетворювачів, а осередки масляних вимикачів розташовуються у машинному залі. Живлення трансформаторів здійснюється напругою 6кВ через масляний вимикач, тому згідно ПЦЕ трансформатори і масляні вимикачі відносяться до установок понад 500 В. За ступенем небезпеки ураження електричним струмом, приміщення цеху відноситься до групи особливо небезпечних, оскільки температура навколишнього повітря вище 300°C, є струмопровідний пил одночасний дотик людини до з'єднань, що мають із землею металоконструкцій будинків і до струмоведучих частин. Машинний зал, де будуть встановлені перетворювачі тиристорів, відноситься

до приміщень особливо небезпечним, оскільки в наявності є декілька ознак підвищеної безпеки.

6.2 Інструкція з охорони праці для слюсаря-електромонтажника

Слюсар-електромонтажник – це професія підвищеної безпеки, до якої висуваються додаткові вимоги охорони праці, які включають в себе спеціальні вимоги щодо навчання, атестації, допуску до самостійної роботи, інструктажу з охорони праці та періодичної перевірки знань за професією і безпеки праці.

До виконання роботи за професією слюсар-електромонтажник допускається працівник не молодше 18 років, що має необхідну теоретичну і практичну підготовку, що пройшов медичний огляд і не має протипоказань за станом здоров'я, що пройшов вступний і первинний на робочому місці інструктажі з охорони праці та навчання за спеціальною програмою, атестований кваліфікаційною комісією і отримав допуск до самостійної роботи.

Вимоги безпеки перед початком роботи:

1. Перед початком роботи слюсар-електромонтажник зобов'язаний:

а) пред'явити керівнику посвідчення про перевірку знань безпечних методів робіт і пройти інструктаж на робочому місці по специфіці виконуваної роботи;

б) надіти спецодяг, спецвзуття і каску встановленого зразка

2. Після отримання завдання у бригадира або керівника робіт слюсар-електромонтажник зобов'язаний:

а) підготувати необхідні засоби індивідуального захисту, перевірити їх справність;

б) перевірити робоче місце і підходи до нього на відповідність вимогам безпеки, при необхідності виконати заходи, зазначені в наряді-допуску;

в) підібрати інструмент, устаткування і технологічне оснащення, необхідні при виконанні робіт, перевірити їх справність і відповідність

вимогам безпеки.

3. Слюсар-електромонтажник не приступить до роботи при дотримуюсящих порушеннях вимог безпеки:

а) несправності технологічного оснащення, пристосувань і інструмента, зазначених в інструкціях заводів - виробників, при яких не допускається їх застосування;

б) несвоєчасному проведенні чергових випробувань засобів захисту або закінченню терміну їх експлуатації, встановленого заводом - виробником;

в) відсутності огорожень небезпечних зон неізольованих частин електроустановок;

г) відсутності або несправності лісів, настилів, риштування або інших засобів підмоцнування, наявності необгороджених прорізів і перепадів по висоті в зоні виконання робіт;

д) відсутність видимих розривів електричних ланцюгів, за якими може бути подана напруга на місце робіт, і захисного заземлення відключеної частини електроустановки;

е) із недостатнім освітленням або при захаращеності робочих місць і підходів до них.

Виявлені порушення вимог безпеки повинні бути усунуті власними силами, а при неможливості зробити це самостійно електрослюсарі зобов'язані повідомити бригадиру або керівнику робіт.

Вимоги безпеки під час роботи

Слюсар-електромонтажник, що у хворобливому або перевтомленому стані, а також під впливом алкоголю, наркотичних речовин або ліків, притуплюють увагу і реакцію, не приступить до роботи, так як це може призвести до нещасного випадку.

4. У процесі роботи слюсар-електромонтажник зобов'язаний дотримуватися таких вимог безпеки:

а) одягати захисні окуляри при рубці металу зубилом;

б) запилювати кромки металевих деталей і очищати їх від задирок при

обробці;

в) розрізати труби з пластмас ручними або механізованими ріжучими інструментами. Не допускається застосування абразивних відрізних кругів для різання труб з пластмаси;

г) проводити заготівлю сталевих або пластмасових труб на стендах або підлозі. Забороняється заготовлювати і гнути труби на настилах засобів підмоцнення;

д) перевіряти металевим стрижнем збіг отворів при стикуванні шин, шаф і вузлів устаткування.

5. Для перенесення і зберігання інструментів і дрібних деталей електрослюсарі зобов'язані використовувати індивідуальні сумки або портативні інвентарні ручні ящики.

6. При застосуванні вантажопідйомних механізмів строповку виробів, конструкцій і матеріалів повинні здійснювати електрослюсарі, що мають посвідчення стропальника.

7. Строп електрошафи, трансформатори та інше обладнання слід за спеціальні підйомні гаки (рим-болти), передбачені заводом - виробником.

8. Електрослюсарю забороняється проводити будь-які роботи без зняття напруги або пов'язані з експлуатації електроустановок на будівельному майданчику.

До роботи з електроінструментом допускаються слюсаря-електромонтажники, які мають кваліфікаційну групу з електробезпеки не нижче другої.

9. При роботі з електрифікованим інструментом електрослюсар забороняється:

а) передавати його для роботи атестованих особам;

б) працювати з приставних драбин;

в) залишати електроінструмент без нагляду включеним в електричну мережу.

10. При роботі на заточувальних верстатах слюсаря-

електромонтажники зобов'язані:

а) перед включенням верстата переконатися у наявності і надійності кріплення огороження абразивного кола, а також в правильності установки зазору між робочою поверхнею круга і упором;

б) користуватися захисними екранами або захисними щитами з оргскла, а також захисними окулярами;

в) підводити заточок інструмент або деталь до кола поступово для попередження небезпеки заклинювання і розриву кола.

Забороняється проводити обробку деталей на бічних (торцевих) поверхнях абразивного крута.

11. При спільній роботі зі зварювальником слюсар-електромонтажник зобов'язаний:

а) застосовувати захисні окуляри;

б) оберігати газові балони від ударів, різких поштовхів і падінь, пересполучати їх на призначених для цього носилках або візках;

в) не допускати використання відкритого вогню поблизу генератора і контакту масла з кисневим балоном.

Вимоги безпеки в аварійних ситуаціях

12. При виникненні в зоні роботи небезпечних умов праці (порушення огорож, несправність заземлення, втрата стійкості конструкцій або засобів підмоцнення, поява запаху газу і т.п.) слюсаря-електромонтажники зобов'язані припинити роботи і повідомити про це бригадиру або керівнику робіт.

13. При загорянні матеріалів і устаткування слюсаря-електромонтажники зобов'язані вжити заходів до гасіння пожежі власними силами за допомогою вуглекислотних вогнегасників та інших підручних засобів (піску, повстяної кошми і т.п.). При неможливості ліквідації пожежі власними силами слід викликати пожежну охорону і повідомити бригадиру або керівнику робіт.

Вимоги безпеки після закінчення роботи

14. Після закінчення роботи слюсар-електромонтажник повинен виконати наступні операції:

- а) відключити електроінструмент та інше використовується у роботі обладнання;
- б) привести в порядок робоче місце, видаливши з проходів сторонні предмети;
- в) ручний інструмент, пристосування очистити і прибрати у відведене для зберігання місце;
- г) використані під час роботи і при збиранні ганчірки, дрантя скласти у спеціальний металевий ящик з кришкою;
- д) після закінчення роботи слід зняти спецодяг, спецвзуття та інші засоби індивідуального захисту і прибрати їх у встановлене місце зберігання, при необхідності – здати в прання, чищення;
- е) Про усі помічені в процесі роботи неполадки і несправності застосовуваного інструменту та обладнання, а також про інші порушення вимог охорони праці слід повідомити свого безпосереднього керівника.

6.3 Заходи пожежної безпеки на базовому підприємстві (цеху, дільниці)

У виробничих приміщеннях, на підстанціях і в електромашинних приміщеннях повинні бути первинні засоби вогнегасіння, які застосовує обслуговуючий персонал для ліквідації пожежі до прибуття викличної пожежної частини.

До заходів щодо пожежної безпеки належать такі:

- а) застосування засобів пожежної сигналізації;
- б) застосування засобів пожежогасіння;
- в) організаційні заходи.

Для пожежної сигналізації передбачений тепловий сповіщувач АТІМ - 1, у якому замикання контактів відбувається внаслідок теплової

деформації біметалічної пластини. Він працює при температурі 60 °С і має розрахункове обслуговування до 25 м². Крім того, у кабіні крана встановлено кнопковий сповіщувач ручної дії, кнопка якого захищена склом, щоб запобігти випадковому натисканню.

Засоби з пожежогасіння та їх кількість наведені у таблиці 7.1.

Вогнегасники знаходяться у спеціально відведених для них місцях.

Як організаційні заходи передбачені також проведення протипожежного інструктажу і призначення відповідальних осіб, що стежать за справним станом і постійною готовністю засобів пожежогасіння і сигналізації.

У холодний і перехідний періоди року кабіна опалюється електронагрівачем, у теплий період провітрюється природною вентиляцією.

Таблиця 6.1 - Засоби з пожежогасіння

| Приміщення | Площа, м ² | Вуглекисні, вогнегасники ручні (ВВ-5), шт. | Пінні вогнегасники (ВХП-10),шт. | Бочка з водою місткістю не менше 0,2 м ³ та відро, шт. |
|------------|-----------------------|--|---------------------------------|---|
| В | 352 | 6 | 4 | 5 |

ВИСНОВОК

В ході проектування була розглянута технологія роботи, призначення і особливості роботи електроприводу ножиць 2000 тонн блюмінгу. Була розрахована / перевірена потужність двигуна, динамічні і статичні моменти навантаження. У результаті розрахунку було обрано / перевірено двигун типу 2AS6862F/16.

В ході розрахунку були знайдені необхідні значення динамічного моменту розгону і гальмування електроприводу, що забезпечують необхідну динаміку механізму. Для живлення двигунів обраний цифровий комплектний електропривод Siemens типу SIMOREG DC MASTER 6RA7095-4LV62, призначений для керування електродвигунами постійного струму. Встановлюємо на кожен електродвигун по три перетворювача (один ведучий, два відомих) підключених паралельно. Допустимий постійний вихідний струм при паралельному включенні становить $I_{\Sigma\max} = 3 I_{H(\text{simoreg})}$.

У проекті розраховано параметри двухконтурної системи підпорядкованого керування, із зовнішнім контуром швидкості і внутрішнім контуром струму. Складено структурну схему швидкісної системи підпорядкованого регулювання.

На основі структурної схеми електропривода була розроблена математична модель. Проведено моделювання роботи ЕП у середовищі Matlab/Simulink, з номінальними параметрами, а також при варіації опору якірного ланцюга, еквівалентній індуктивності, коефіцієнта передачі ТП і сумарного моменту інерції, тим самим отримано оцінку якості перехідних процесів при зміні її динамічних процесів. Отримані перехідні процеси свідчать про правильність налаштування системи. Досліджуваний електропривод із синтезованою системою керування повністю задовольняє технологічним вимогам.

У розділі «Охорона праці» розглянуто аналіз шкідливих і небезпечних факторів для робітників прокатного цеху, інструкція з охорони праці для слюсаря-електромонтажника та заходи пожежної безпеки на підприємстві.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Зеленов А.Б. Выбор мощности электропривода механизмов прокатных станов / А.Б. Зеленов. – К.: УМК ВО, 1990. – 200 с.
2. Коцюбинский В.С. Выбор мощности электропривода общепромышленных механизмов: Учебное пособие / В.С. Коцюбинский. – Алчевск: ДГМИ, 2002. – 150 с.
3. Переходченко В.А. Расчет мощности электродвигателей широкополосных станов горячей прокатки / В.А. Переходченко. – Х.: Изд-во «Форт», 2009. – 384 с.
4. Catalog DA 22 - 2002. SIMOREG DC MASTER 6RM70 Digital Converter Cabinet Units.
5. Инструкция по эксплуатации SIMOREG DC MASTER серия 6RA70. Микропроцессорные преобразователи на мощность 6 кВт - 1900 кВт для проводов постоянного тока с регулируемой скоростью.
6. Комплектные тиристорные электроприводы: Справочник / И.Х. Евзеров, А.С. Горобец, Б.И. Мошкович и др.; Под ред. канд. техн. наук В.М. Перельмутра. – М.: Энергоатомиздат, 1988. – 319 с.
7. А.В. Башарин, Ф.Н. Голубев, В.Г. Кепперман Примеры расчетов автоматизированного электропривода. – Л.: Энергия, 1971. – 440 с.
8. Пілецький В.Т. Вибір елементів реверсивних тиристорних перетворювачів електроприводів постійного струму / В.Т.Пілецький. – К.: ІСДО, 1994. – 148 с.
9. Инструкция по эксплуатации SIMOREG DC MASTER серия 6RA70. Микропроцессорные преобразователи на мощность 6 кВт - 1900 кВт для проводов постоянного тока с регулируемой скоростью.
10. Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей и правила техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей / Главное управление государственного энергетического надзора. – 4 –е изд., пераб. И доп. – М.: Энергоатомиздат, 1989 – 432 с.
11. Основы техники безопасности в электроустановках: Учеб. пособие для вузов. - 2-е ига- перераб. и доп. - М.: Энергоатомиздат. 1984. - 448 с.

Додаток А

Технічні данні перетворювача SIMOREG DC Master 6RA7095-4LV62

SIMOREG DC-MASTER 6RA70

Технические данные

Реверсивные преобразователи



3 AC 830 V, 950 A ... 1900 A, 4Q

| Тип | 6RA70-6LV62 | | 6RA70-4LV62 | |
|---|-------------|--|--------------------|--|
| | 88 | | 93 | 95 |
| Номинальное входное напряжение якоря ¹⁾ | V | 3 AC 830 (+10% / -20%) | | |
| Номинальный входной ток якоря ²⁾ | A | 788 | 1244 | 1575 |
| Номинальное входное напряжение блока питания электроники | V | 2 AC 380 (-25%) ... 460 (+15%); /n=1 A или 1 AC 190 (-25%) ... 230 (+15%); /n=2 A (-35% на 1 мин.) | | |
| Номинальное напряжение питания вентилятора | V | 3 AC 400 (±10%) 50 Hz 3 AC 460 (±10%) 60 Hz 60 Hz | | 3 AC 400 (±10%) 50 Hz 3 AC 460 (±10%) 60 Hz 50 Hz 60 Hz |
| Номинальный ток вентилятора | A | 1,0 ³⁾ | 1,25 ³⁾ | 1,0 ³⁾ |
| Расход воздуха | м³/ч | 1300 | 1300 | 2400 |
| Шум вентилятора | dBA | 83 | 87 | 87 |
| Номинальное входное напряжение возбуждения ¹⁾ | V | 2 AC 460 (+15% / -20%) | | |
| Номинальная частота | Hz | 45 ... 65 ³⁾ | | |
| Номинальное постоянное напряжение ¹⁾ | V | 875 | | |
| Номинальный постоянный ток | A | 950 | 1500 | 1900 |
| Устойчивость к перегрузкам ³⁾ | | макс. 1,8-кратный номинальный постоянный ток | | |
| Номинальная мощность | kW | 831 | 1313 | 1663 |
| Мощность потерь при номинальном постоянном токе (прибл.) | W | 4870 | 7153 | 8700 |
| Номинальное постоянное напряжение возбуждения ¹⁾ | V | макс. 375 | | |
| Номинальный постоянный ток возбуждения | A | 30 | 40 | |
| Эксплуатационная температура окружающей среды | °C | 0 ... 40 при / _{номин.} ³⁾ принудительная вентиляция | | |
| Температура хранения и транспортирования | °C | -25 ... +70 | | |
| Высота установки над У.М. | | ≤ 1000 м при номинальном постоянном токе ⁴⁾ | | |
| Габариты (В x Ш x Г) | мм | 780 x 410 x 362 | | 880 x 450 x 500 |
| Габаритный чертеж см. на стр. | | 8/8 | | |
| Вес (приблизительно) | кг | 85 | 145 | |

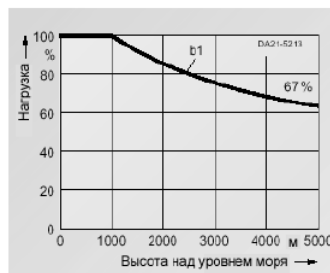
- 1) Входное напряжение якоря/возбуждения может быть ниже номинального напряжения якоря/возбуждения (настройка через параметр P078, у преобразователей с номинальным напряжением 400 V допустимы входные напряжения до 85 V). Выходные напряжения соответственно также понижаются. Указанное в паспорте выходное постоянное напряжение может быть гарантировано только при понижении сетевого напряжения до 5%.
- 2) Значение действительно для номинального выходного постоянного тока.
- 3) Нагрузочный коэффициент K1 (на постоянном токе) в зависимости от температуры охлаждающего воздуха (см. под P077 Руководства по эксплуатации, глава 11). K1 > 1 допустимо только тогда, когда K1 * K2 ≤ 1. Общий коэффициент понижения K = K1 * K2 (K2 см. сноску 4).
- 4) Работа преобразователей, рассчитанных на ток ≥ 400 A с усиленным воздушным охлаждением допустима при температуре окружающей среды или охлаждающего средства 50 °C даже при понижении нагрузки только тогда, когда номинальное входное напряжение вентилятора преобразователя гарантировано лежит в пределах собственного допуска 400 V + 10% - 15%.
- 5) При использовании T400 или OP1S не допускается.
- 6) Величина нагрузки K2 в зависимости от высоты установки над уровнем моря (см. под P077 Руководства по эксплуатации, глава 11).
Общий коэффициент понижения K = K1 * K2 (K1 см. сноску 3)

| Высота над у.м. (м) | 1000 | 2000 | 3000 | 4000 | 5000 |
|--------------------------|------|-------|------|------|------|
| Коэффициент понижения K2 | 1,0 | 0,835 | 0,74 | 0,71 | 0,67 |

Обычная изоляция преобразователя выдерживает входное напряжение всех цепей при высоте над уровнем моря до 5000 м.
Исключение составляют преобразователи на номинальное входное напряжение 830 V:
до 4000 м 830 V
до 4500 м 795 V
до 5000 м 727 V

5) См. также главу 5.

| Температура окружающей среды или охлаждающего средства | Коэффициент нагрузки K1 для преобразователей с собственным воздушным охлаждением | для преобразователей с усиленным воздушным охлаждением |
|--|--|--|
| ≤ +30 °C | 1,18 | 1,10 |
| +35 °C | 1,12 | 1,05 |
| +40 °C | 1,06 | 1,00 |
| +45 °C | 1,00 | 0,95 |
| +50 °C | 0,94 | 0,90 ³⁾ |
| +55 °C | 0,88 | |
| +60 °C | 0,82 ³⁾ | |



Кривая b1: коэффициент понижения нагрузки (по постоянному току) при высоте над уровнем моря более 1000 м.

- 8) Для UL-устройств предусмотрен автоматический выключатель Siemens тип 3RV1011-0KA1 или 3RV1011-1AA1, настроенный на 1,25A двигателя вентилятора тип RH28M-2DK.3F.1R в преобразователях 6RA7090, 6RA7091, 6RA7093, 6RA7095 с номинальным напряжением 400 V или 575 V
- 9) Работа в расширенном диапазоне частоты от 23 Hz до 110 Hz возможна по запросу.