

ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
1 ТЕХНОЛОГІЧНІ ТА ТЕХНІЧНІ ДАНІ КРАНА	8
1.1 Опис конструкції крана.....	8
1.2 Кран козловий грейферний типу ККД г/п 15т	9
1.3 Механізм пересування крана.....	12
До найбільш характерних причин і наслідків передчасних відмов відносяться малий термін служби кранових коліс і підкранових рейок, втомні руйнування кінцевих балок, руйнування тихохідних валів механізмів пересування з навісними редукторами, розхитування і зношування колії рейкового шляху, сход коліс з рейок, поломки напрямних роликів в кранах з безребордними ходовими колесами.....	14
Механізми пересування мостових кранів мають декілька конструктивних різновидностей.	14
Механізм пересування вантажного візка (рис. 1.3), як правило, має один привод, який передає рух на два приводних ходових колеса.	14
2 РОЗРАХУНОК ПОТУЖНОСТІ І ВИБІР ПРИВОДНОГО ЕЛЕКТРОДВИГУНА	21
2.1 Вимоги, які висуваються до електроприводів і системі електропостачання	21
2.2 Розрахунок необхідної потужності електродвигуна.....	24
3 ВИБІР СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОЖИВЛЕННЯ	32
3.1 Вибір комплектного електроприводу	32
3.2 Вибір струмообмежувального реактора.....	45
3.3 Вибір згладжувального реактора	46
3.4 Розрахунок параметрів об'єкта керування	47
4 РОЗРАХУНОК СИСТЕМИ ПІДПОРЯДКОВАНОГО КЕРУВАННЯ ЕЛЕКТРОПРИВОДОМ ПЕРЕМІЩЕННЯ КРАНА	49
4.1 Математичний опис об'єкта керування	49

	5
4.2 Розрахунок регулятора струму	52
4.3 Розрахунок регулятора швидкості	55
4.4 Розрахунок задатчика інтенсивності швидкості	59
5 ЦИФРОВЕ МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМИ ПІДПОРЯДКОВАНОГО КЕРУВАННЯ ЕЛЕКТРОПРИВОДОМ У СЕРЕДОВИЩІ MATLAB/SIMULINK.....	61
6 ОХОРОНА ПРАЦІ	73
6.1 Загальні положення	73
6.2 Обов'язки кранівника перед пуском крана в роботу.....	75
6.3 Обов'язки кранівника під час роботи крана	78
6.4 Додаткові вимоги при роботі козлових кранів	82
6.5 Обов'язки кранівника після закінчення роботи крана	83
6.6 Обслуговування крана.....	83
6.7 Відповідальність кранівника	84
6.8 Електробезпека при роботі з кранами	84
ВИСНОВОК.....	97
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	98

ВСТУП

На сьогоднішній день козлові крани є найпоширенішими видами кранів. Вони використовуються в різних видах будівництва і виробництва. Велика популярність цих кранів обумовлюється практичністю, відносно невисокою ціною, хорошою вантажопідйомністю і простотою в експлуатації. Витрати праці козлового крана значно нижче ніж у баштових та гусеничних кранів з аналогічною вантажопідйомністю. Козлові крани отримали широке застосування в обслуговуванні складів і цехів, завантаження, розвантаження і переміщення в основному штучних вантажів, для монтажу і демонтажу різних будівельних і промислових споруд і секційного монтажу в суднобудуванні, а так само в обслуговуванні ГЕС. Для монтажу великих виробів (наприклад, в суднобудуванні) застосовують крани з 2 вантажними візками, що дозволяють кантувати вантаж на вазі. Крани будівельного призначення, що мають змінне місце роботи, виконуються баштові. Термін роботи крана оцінюється в 20-25 років.

Стандартне виконання і пристрій козлового крана характеризується вантажопідйомністю в межах від 5 до 60 тонн, а також наявністю широкого прольоту 10-50 метрів. Нестандартні моделі можуть мати ряд технічних особливостей, а також здатні здійснювати підйом і переміщення вантажу вагою від 60 до 500 тонн. Пристрій козлового крана дозволяє використовувати його практично в будь-яких умовах. В основі конструкції даного механізму лежить балочний міст, закріплений на рейковому шляху і таль. Працює такий кран за допомогою електродвигуна, який встановлений на галереї моста. Конструктивна особливість і пристрій козлового крана полягає в наявності опор, пролітної балки, талі з механізмом пересування, електрообладнання, ходових візків і пульта, або кабіни управління. Пересування кранового візка, на якому розміщено підйомний пристрій, здійснюється за допомогою рейок. Кранові ж візки закріплені через кінцеві кран-балки. При необхідності збільшення прольоту крана, можуть застосовуватися додаткові балки. За

допомогою козлових кранів можна здійснювати підйом і транспортування великогабаритних вантажів. При цьому крани даного виду вважаються одними з найбезпечніших, надійних і довговічних.

Можна виділити наступні основні типи козлових кранів: універсальні або загального призначення і спеціальні. Універсальні крани використовуються для обслуговування різних будівельних і складських майданчиків зі схожими умовами експлуатації. Конструкційними особливостями таких кранів є: довжина прольоту - від 12 до 32 метрів, висота підйому вантажу - від 7 до 9 метрів, робочий виліт консолі - в межах 6-8 метрів. Широко використовуються козлові крани, опори яких складаються з роздільних стояків, рознесених на відстань, необхідну для пропуску вантажного візка. Також козлові крани розрізняються залежно від характеру опори. Козлові крани з жорсткими опорами конструктивно простіші, ніж крани з одною жорсткою і одною еластичною опорами, але при цьому зменшуються їх згинальні моменти від перекосного і горизонтального динамічного навантаження.

У козлових кранах можуть використовуватися такі вантажозахватні пристрої: грейфер, крюк і магніт і ін. Грейфер - пристрій, який являє собою черпак, який прикріплюється до підйимального механізму крана і служить для захоплення і вивантаження різних матеріалів (вугілля, коксу, піску, землі, гірських порід і т.п.). Крюк - пристрій для пересування штучних вантажів закріплених на тросах. Магніт - пристрій для пересування металевих вантажів.

Метою дипломного проекту є розробка тиристорного електроприводу механізму пересування грейферного козлового крана ККД15.

1 ТЕХНОЛОГІЧНІ ТА ТЕХНІЧНІ ДАНІ КРАНА

1.1 Опис конструкції крана

Крани козлові грейферні призначені для перевантаження сипучих і навалочних вантажів за допомогою канатного або приводного ковшового грейфера або знімного моторного або електрогідравлічного грейфера. На рисунку 1.1 наведено загальний вигляд козлового грейферного крана.



Рисунок 1.1 – Грейферний козловий кран

Крани, оснащені многочелюстним канатним або приводним грейфером, використовуються для перевантаження брухту чорних і кольорових металів. Канатні грейфери можуть мати як поздовжнє, так і поперечне розкриття щодо підкранових колій. Крани з канатними грейферами використовуються, як правило, на спеціалізованих складах сипучих і навалочних вантажів з великим вантажообігом.

Грейферні крани, в основному, застосовуються в металургійній і вугільній промисловості, промисловості будівельних матеріалів та на підприємствах з переробки брухту чорних і кольорових металів. Вантажопідйомність крана характеризується сумарною масою вантажу і грейфера.

У таблиці 1.1 наведені основні технічні характеристики козлових грейферних кранів.

Таблиця 1.1 - Технічні характеристики козлових грейферних кранів

Найменування параметрів і розмірів		Величина (діапазон) параметра
Вантажопідйомність, т	підйом 1 (грейфера)	5,0 ... 75
	-	-
Проліт, м		8 ... 70
Консолі, м		до 15
Швидкість механізму, м / с (м / хв)	підйом 1 і 2	0,125 ... 1,5 (7,5 ... 90)
	пересування візка	0,2 ... 2,0 (12,0 ... 120)
	пересування крана	0,2 ... 2,0 (12,0 ... 120)
Частота обертання вантажозахоплювального органа (вантажного візка), об / хв		-
Висота підйому від рівня головки підкранової рейки, м		до 30
Глибина опускання від рівня головки підкранової рейки, м		до 20
Максимальне навантаження на колесо, кН		100 ... 500 задається замовником
Група класифікації (режиму) роботи крана по ISO 4301-1: +1986		A6 ... A8 (6К-8К)

1.2 Кран козловий грейферний типу ККД г/п 15т

Кран козловий грейферний типу ККД г/п 15т призначений для вантажно-розвантажувальних робіт штучних, сипучих або навалочних вантажів на матеріальних базах і складах за допомогою канатного або моторного ковшового грейфера.

Козлові грейферні крани, в основному, застосовуються в металургійній і вугільній промисловості, промисловості будівельних матеріалів та на підприємствах з переробки брухту чорних і кольорових металів. Технічні характеристики козлового грейферного крана ККД-15 наведені в таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 -Технічні характеристики козлового грейферного крана ККД-

15

Характеристика	Значення
1	2
Вантажопідйомність, т	15
Ємність грейфера V, м ³ і насипна щільність вантажу g, т / м ³ :	
- V = 3 м ³	2,0 <g <2,5
- V = 4 м ³	1,5 <g <1,8
- V = 5 м ³	1,0 <g <1,5
Група режиму роботи крана по ІСО 4301/1	A4
Підведення живлення:	
- до візка	гнучкий кабель
- до крана	гнучкий кабель
Маса крана, т	150
Тиск на підкранових шлях, кН	350
Тип підкранової рейки	P65 ГОСТ8161
Швидкість пересування, м / с (м / хв):	
- крана	0,43 (25,8)
- візки	0,6 (36)
Сумарна номінальна потужність електродвигунів, встановлених на крані, кВт, не більше	215
Механізм підйому і замикання грейфера:	
- швидкість підйому, м / с (м / хв)	0,42 (25)
- група режиму роботи крана по ІСО 4301/1:	M5
- швидкість замикання грейфера, м / с (м / хв)	0,21 (12,5)

Зовнішній вигляд і габаритні розміри козлового грейферного крана г/п 15т наведені на рисунку 1.2.

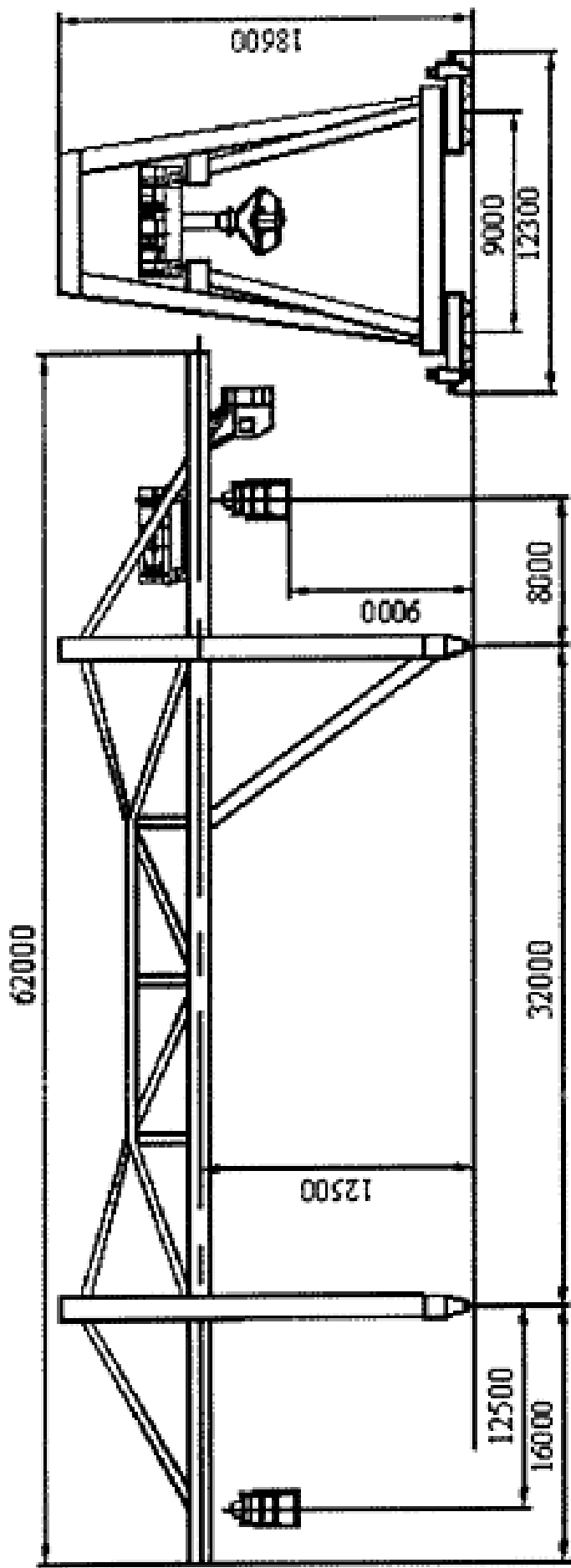


Рисунок 1.2 – Зовнішній вигляд і габаритні розміри козлового грейферного крана г / п 15т

1.3 Механізм пересування крана

Конструкція ходового візка козлового крана показана на рисунку 1.3. Всі вузли і механізми візки змонтовані на його рамі трапецеподібної форми, зверненою малою основою вниз. Чотири вертикальні стінки рами зварені з верхнім та нижнім майданчиками. В похилі грані стінок, крім металевих пластин, уварені напівгнезда буксових вузлів. Візок має два ходових колеса: ведуче і ведене. На маточини коліс напресовані і заштіфтовані зубчасті вінці. Ведуче колесо закріплено на валу, змонтованому в буксових вузлах через сферичні самоустановлювальні підшипники кочення. Так само, але тільки на осі змонтовано і ведене колесо. Обертання з ведучого колеса на ведене передається за допомогою зачеплення їх зубчастих вінців з проміжним зубчастим колесом. Останнє вільно обертається на спарених підшипниках кочення відносно нерухомої осі, закріпленої в стінках рами. Вал ведучого колеса пов'язаний з вихідним валом вертикального редуктора. Обертання швидкохідному валу редуктора повідомляється електродвигуном за допомогою зубчастих муфт і вала-вставки, які закривають кожухом. Муфта виконана з вбудованим гальмівним шківом, на якому встановлено гальмо.

На рисунку 1.3 застосовані наступні позначення:

1 – зубчаста муфта; 2 – кожух муфти; 3 – вал-вставка; 4 – муфта шків;
 5 – гальма; 6 – електродвигун; 7 – планка кріплення осі; 8 – захисний козирок; 9 – редуктор; 10 – кожух гальма; 11 – щоки балансірні; 12 – рама візка;
 13 – буксових вузол; 14 – ведуче ходове колесо; 15 – зубчастий вінець;
 16 – підшипник; 17 – вал; 18 – проміжне зубчасте колесо; 19 – вісь;
 20 – підшипники; 21 – ведене ходове колесо.

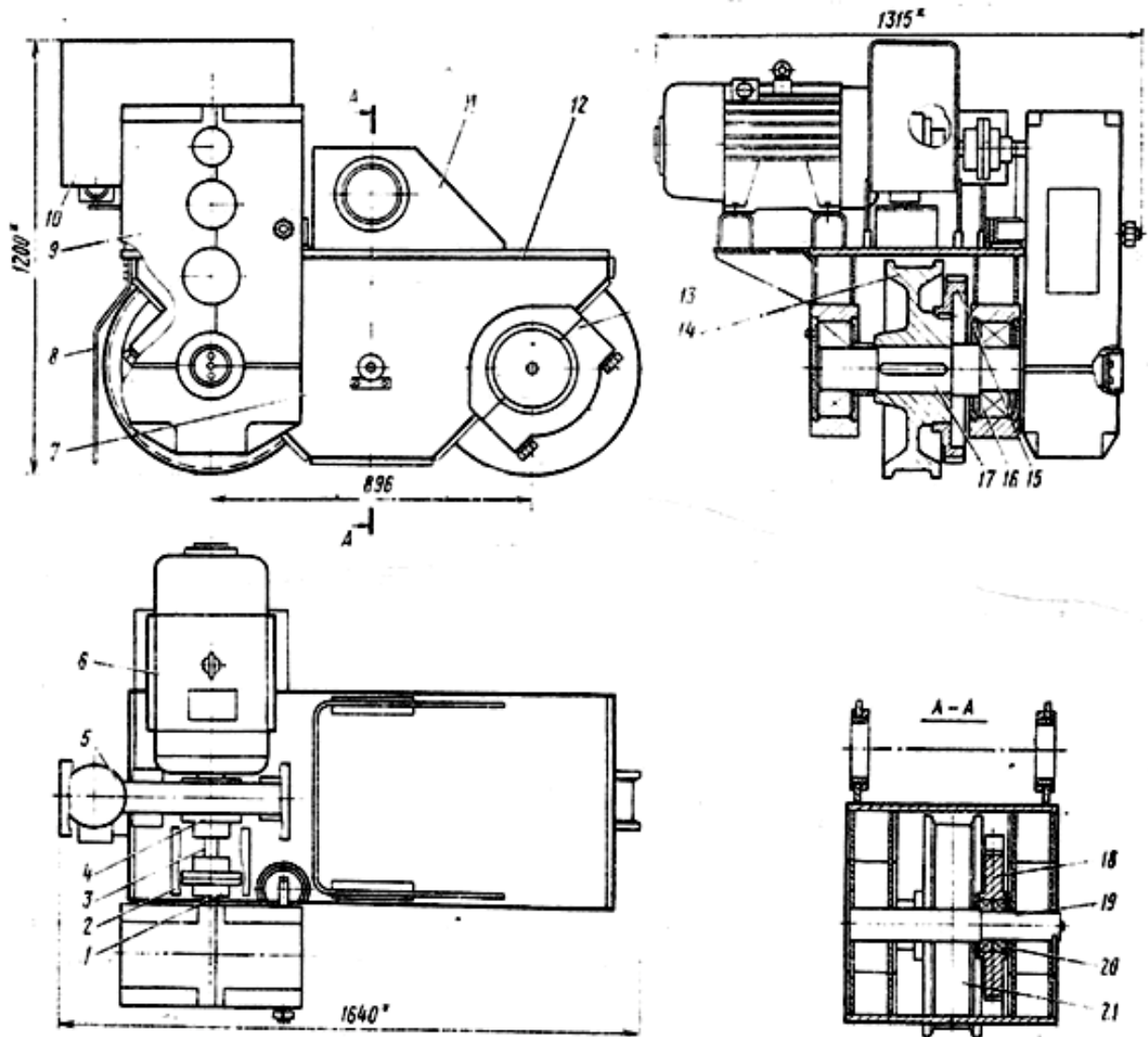


Рисунок 1.3 – Конструкція ходового візка крана

В даний час найбільш поширені двобалкові мостові крани з опорної вантажним візком, гнучким підвісом вантажу, роздільним приводом механізму пересування, дворобордними циліндричними колесами. Привід механізмів пересування кранів - електричний, переважно від асинхронних двигунів, керованих за допомогою магнітного контролера з системою напівавтоматичного управління, яка визначає час роботи двигуна на кожній механічній характеристиці при пуску двигуна або силового контролера. Гальма механізмів пересування нормально-замкнуті, колодкові або дискові з приводом від електромагніту або гідроштовхача. Підкрановий шлях може бути виконаний

у вигляді: кранової рейки спеціального профілю, залізничної рейки нормальної колії, квадратного бруса (для кранів малої вантажопідйомності). Фабрична довжина рейок зазвичай становить 6-12 метрів, стики рейок як правило, не заварюються.

Мостові крани - важко навантажені машини, їх добове завантаження доходить до 70-80%, вантажопідйомність становить 75-85% від номінальної, фактичний режим роботи кранів часто завищений в порівнянні з нормативним. Незважаючи на те що конструкції мостових кранів удосконалювалися багато років, все ж таки мають місце передчасні відмови кранової системи (кран-підкрановий шлях). Крім експлуатаційних і технологічних причин відмов (нерегламентовані обслуговування, порушення правил експлуатації і т. і.) причинами можуть служити конструктивні недосконалості кранових вузлів.

До найбільш характерних причин і наслідків передчасних відмов відносяться малий термін служби кранових коліс і підкранових рейок, втомні руйнування кінцевих балок, руйнування тихохідних валів механізмів пересування з навісними редукторами, розхитування і зношування колії рейкового шляху, сход коліс з рейок, поломки напрямних роликів в кранах з безребордними ходовими колесами.

Механізми пересування мостових кранів мають декілька конструктивних різновидностей.

Механізм пересування вантажного візка (рис. 1.3), як правило, має один привод, який передає рух на два приводних ходових колеса.

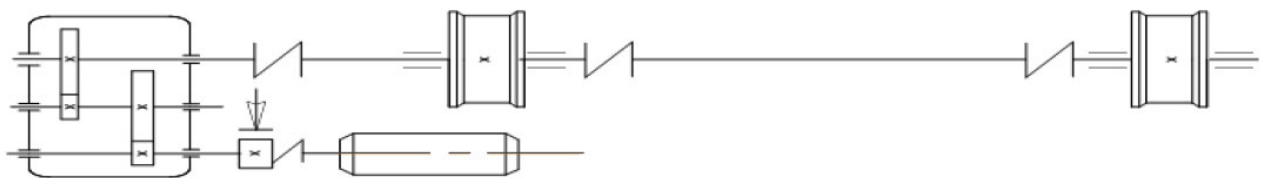


Рисунок 1.3 – Механізм пересування вантажного візка

Механізми пересування крана можуть бути з центральним (рис. 1.4) і роздільним приводом.

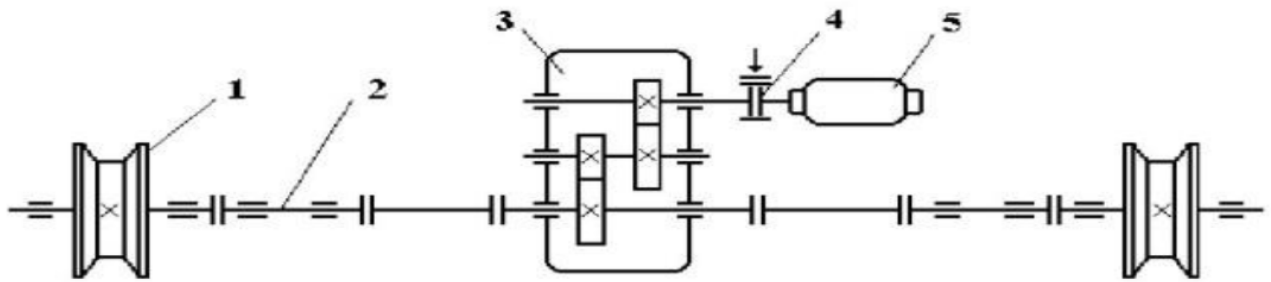


Рисунок 1.4 - Механізм пересування крана з центральним приводом
1 – ходове колесо, 2 – вал, 3 – редуктор, 4 – гальма, 5 – електродвигун

Механізми пересування з центральним приводом можуть бути з тихохідним трансмісійним валом (рис. 1.4), з швидкохідним трансмісійним валом і з середньохідним трансмісійним валом (рис. 1.5).

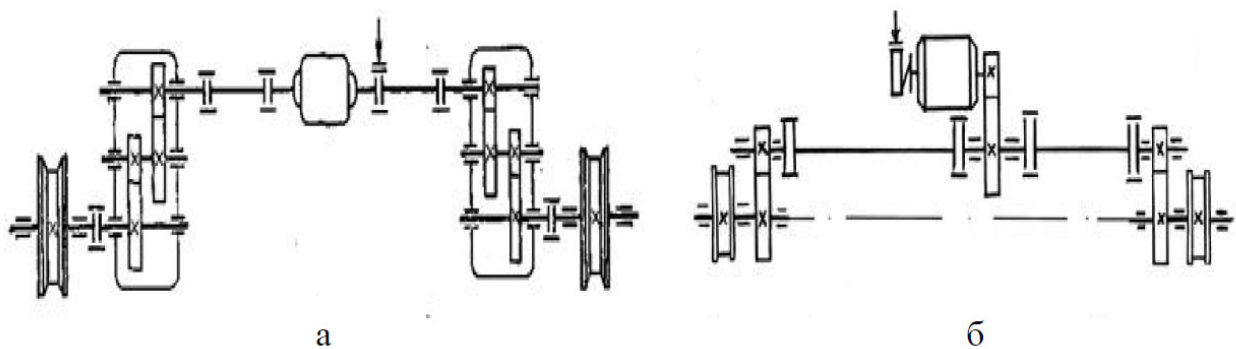


Рисунок 1.5 - Механізм пересування крана з центральним приводом
(а – з швидкохідним трансмісійним валом; б – з середньохідним трансмісійним валом)

При такій конструкції вали редуктора з'єднуються з валом ходового колеса за допомогою муфти і трансмісійного валу. Це погіршує роботу всього механізму, тому що наявність трансмісійного валу збільшує трудомісткість виготовлення крана і його масу і потребує проведення дуже точного монтажу.

Для подолання цих недоліків застосовують роздільний привід кінцевих балок мосту (рис. 1.6).

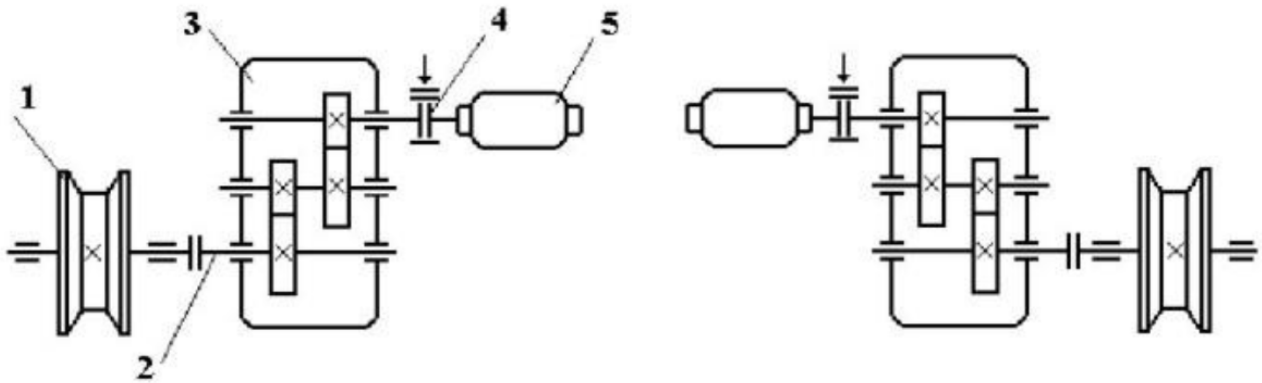


Рисунок 1.6 - Механізм пересування крана з роздільним приводом
1 – ходове колесо, 2 – вал, 3 – редуктор, 4 – гальма, 5 – електродвигун

По цій схемі кожна кінцева балка мосту має самостійний привід, причому приводи, які розташовані на різних кінцевих балках, зв'язані тільки металоконструкцією крана.

Якщо на одну з опорних балок мосту навантаження менше, ніж на іншу, то частота обертання двигуна на цій опорі збільшується і опора починає забігати наперед відносно більш навантаженої опори. Але при цьому перший двигун починає сприймати підвищене навантаження, яке передається через металоконструкцію мосту і розвантажує двигун другої опори, за рахунок чого частота обертання першого двигуна зменшується, а частота обертання другого двигуна збільшується, поки вони не вирівнюються.

Таким чином, в процесі руху крана з роздільним приводом проходить перерозподілення навантаження між обома двигунами. Хоча схема механізму з роздільними приводами потребує наявності двох двигунів, двох гальм і двох редукторів, вона найбільш дешева, має малу масу і проста в виготовленні.

Перевага механізму пересування мостових кранів з роздільним приводом, який широко застосований у кранобудуванні, полягає у відсутності трансмісії, що приводить до зменшення навантаження на повздовжні балки мосту і до зменшення бокових горизонтальних сил, які виникають між рухомим краном і підкрановими коліями. Припускалось, що зменшення бокової сили між колесами і рейками сприяє збільшенню їх довговічності. Але експлуатація

показує, що строк служби ходових коліс при наявності роздільного привода найнижчий, тому що кран набуває більшої рухомості у горизонтальній площині: при невеликій різниці опорів пересування на сторонах кран легко повертається, досягаючи граничного перекосу, тривалість силового контакту реборд з рейками і їх взаємне опрацювання при цьому збільшується.

Цьому сприяють не тільки ідентичність характеристик двигунів і гальм, а також динамічні явища, особливо при роботі у важкому режимі. Таким чином, з введенням роздільного привода проблема збільшення довговічності ходових коліс мостових кранів залишається нерозв'язаною.

Розв'язати її можна поєднанням роздільного привода з конічними приводними колесами. Застосування конічних кранових ходових коліс було вперше запропоновано Б.С. Ковальським і отримало подальшого розвитку в роботах В.М. Іванова та інших. Конічне приводне колесо забігаючої сторони крана котиться по колу меншого діаметра, швидкість цієї сторони зменшується і кран центрується на колії.

На відміну від центрального, при роздільному приводі конусність не тільки забезпечує вписуваність крана в нерівності колії, але і компенсує різницю швидкостей двигунів на сторонах крана через неоднакове навантаження на них.

Конструкція ходових коліс кранів і кранових візків повинна виключати можливість сходу коліс з рейок. Для цього ходові колеса мають два бокових фланця – реборди, які служать для направлення ходових коліс по рейкам (рис. 1.7-1.8).

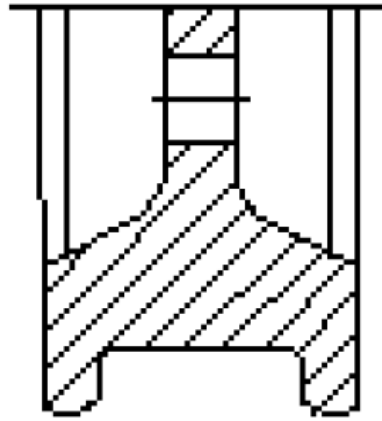


Рисунок 1.7 - Двохребордне циліндричне ходове колесо

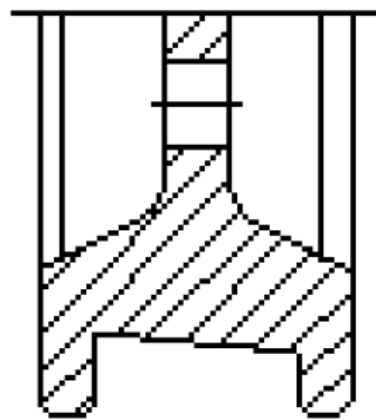


Рисунок 1.8 - Двохребордне конічне ходове колесо

Застосування безребордних ходових коліс допускають при наявності спеціальних пристроїв, які виключають схід колеса з рейок (рис. 1.9).

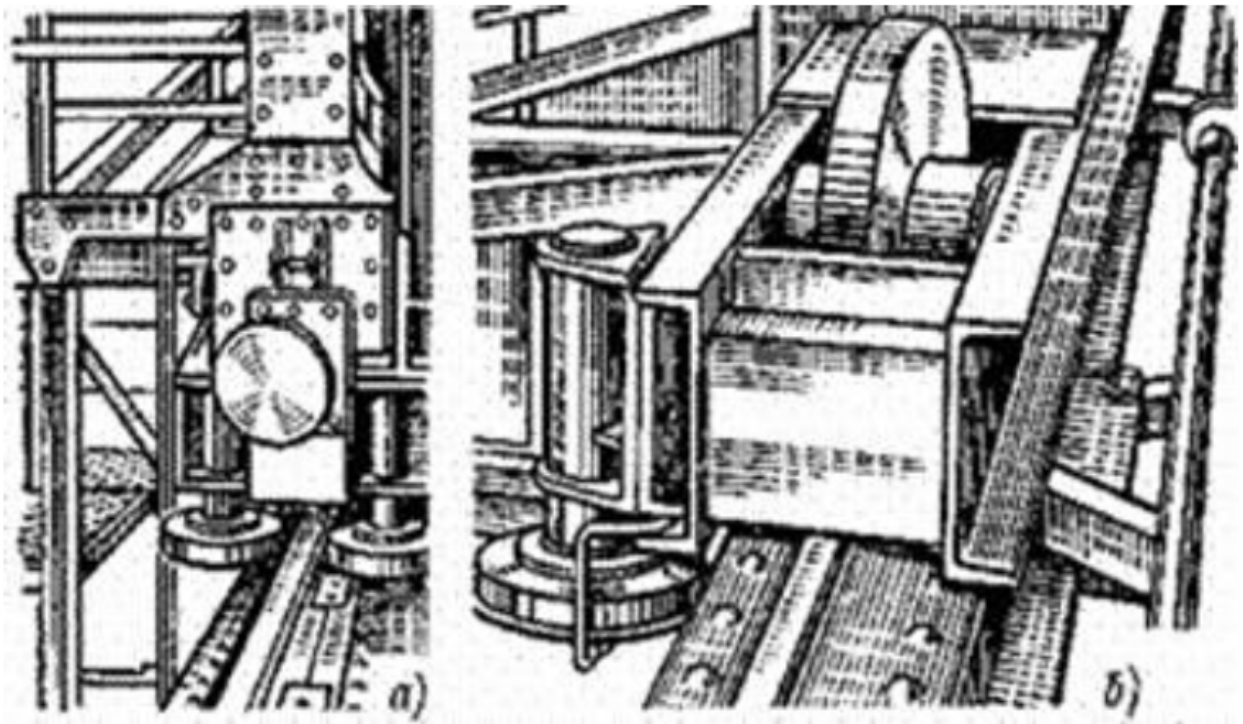


Рисунок 1.9 - Установка горизонтальних роликів
(а – з двох сторін рейки; б – з однієї сторони рейки)

При руху з перекосами реборди циліндричних ходових коліс постійно труться за рейками, що викликають інтенсивний знос коліс і рейок. Для зменшення тертя і зносу реборд ходових коліс і рейок на реборди і головки рейок можна нанести змащування.

При ходових колесах з конічним ободом (рис.1.8) забігання однієї сторони крана відносно іншої викликає кочення ходового колеса, яке відстає, по більшому діаметру і автоматично зменшує перекис. В цьому випадку вирівнювання крана проходить без втручання реборд, що збільшує строк служби ходових коліс і зменшує опір пересування. Реборди в цьому випадку потрібні тільки для запобігання можливості сходу з рейок.

Для забезпечення нормального руху крана при можливих неточностях укладки рейкового шляху і неточності монтажу металоконструкції крана, а також для забезпечення вирівнювання крана, ширину робочої частини ободів двохребордних ходових коліс слід приймати більше ширини головки рейки: для кранових коліс з циліндричним ободом - на 30 мм; для коліс з конічним

ободом - на 40 мм; для коліс кранових візків - на 15-20 мм. Розміри ободів ходових коліс повинні відповідати ОСТ 24.090.

Застосування конічних коліс не являється панацеєю від всіх недоліків в галузі пересування кранів. Наявність початкових перекосів коліс на рейках, дефекти кранового шляху, різність діаметрів привідних коліс, нерівність конусності привідних коліс можуть впливати на рух крана, при цьому можливий стан системи, для вирівнювання якої «ефект конусності» може бути недостатнім.

Рішення задач з урахуванням всіх вказаних недоліків дозволить правильно оцінити вплив окремих факторів і розробити відповідні допуски.

Деякі групи ходових коліс стандартизовані, другі виготовляються по нормалям заводів. На мостових, козлових та інших кранах застосовують, як правило, циліндричні двохребордні колеса. На залізничних та інших кранах при наявності перетину рейок, в деяких випадках на візках мостових і козлових кранів застосовують одноребордні ходові колеса. Якщо напрямок руху крана проводиться за допомогою спеціальних катків, то колеса виконуються без реборд. Ці катки встановлюються з протилежного боку двох рейок або два катка охоплюють одну рейку. Поверхня кочення направляючого ролика може бути сферичною з радіусом закруглення 250-350 мм. Ширина поверхні кочення безребордного ходового колеса повинна бути більше ширини головки рейки не менше ніж на 60 мм.

Застосування безребордних ходових коліс з направляючими роликами суттєво зменшує втрати на тертя так як тертя кочення ролика по рейці менше, ніж тертя сковзання реборди по рейці, і відповідно, зменшується і установча потужність двигунів механізму пересування і значно збільшує строк служби ходових коліс.

Ходові кранові колеса виготовляють виливаними (чавунові, сталеві) та кованими. Застосування чавунових коліс обмежене, сталеві колеса виготовляють із різних по міцності сталей.

2 РОЗРАХУНОК ПОТУЖНОСТІ І ВИБІР ПРИВОДНОГО ЕЛЕКТРОДВИГУНА

Системи керування електроприводом і механізмів пересування повинні забезпечувати: оптимальні прискорення і уповільнення, яких припускаються за умовами технологічного процесу; надійне аварійне механічне гальмування; надійне робоче електричне гальмування без небезпечної розгойдування вантажів; регулювання швидкості пересування в необхідному діапазоні; розгін механізму без пробуксовування ходових коліс і гальмування.

Для механізмів пересування кранів при режимах Т і ВТ застосовуються системи електроприводів, як постійного, так і змінного струму.

2.1 Вимоги, які висуваються до електроприводів і системі електропостачання

2.1.1 Вимоги, які висуваються до електродвигунів підйомних установок.

Залежно від характеру окремих операцій підйомних пристроїв до приводних двигунів висуваються наступні основні вимоги:

- 1) забезпечення можливості пуску в хід механізму, реверсування напрямку переміщення вантажів і останов механізмів належною точністю;
- 2) в окремих випадках двигун повинен регулюватися в певному діапазоні швидкості відповідно до вимог технологічних процесів;
- 3) створюваний момент двигуна повинен бути такий, щоб була повна можливість забезпечення роботи механізму із заданою інтенсивністю;
- 4) при заданих частоті і числі включень в годину двигуна не повинно бути перегріву обмоток, через якого може бути тривалий останов підйомного механізму;
- 5) при особливих умовах роботи (підвищена температура, велика вологість, наявність газів і парів хімічних речовин, запиленість навколишнього середовища, наявність вибухонебезпечної суміші і т. п.) двигун повинен мати

відповідну конструкцію, а його обмотки – термостійкою і просиростною ізоляцією;

6) приводний двигун повинен володіти найменшими маховими масами, які надають значний вплив на перебіг перехідних процесів, особливо при частих пусках приводу;

7) при напружених режимах роботи підйомних установок і неможливості їх тривалого зупину за технологічними умовами виробництва повинна бути передбачена можливість швидкої заміни двигуна; в окремих випадках корпус двигуна повинен бути роз'ємним;

8) приводний двигун по потужності повинен відповідати потужності підйомної установки, володіти необхідною перевантажувальною здатністю і підвищеною механічною міцністю;

9) напруга двигуна повинна відповідати напрузі мережі живлення; можливі коливання напруги повинні враховуватися при розрахунку потужності двигунів, особливо змінного струму, для яких зниження напруги сильно відбивається на їх пускових і перевантажувальних здатностях;

10) конструктивно двигуни повинні бути виконані з урахуванням безпеки та зручності обслуговування.

З перерахованих основних вимог, що висуваються до приводних двигунів, видно, якою важливою обставиною є визначення реальних умов, в яких буде працювати встановлюється двигун. Перш ніж вибрати тип двигуна, треба ретельно проаналізувати всі можливі фактори, що впливають в тій чи іншій мірі на його роботу, а отже, і на роботу підйомної установки. Необхідно пам'ятати, що зупинка підйомної установки може спричинити за собою зупинку багатьох інших механізмів цеху та навіть кількох цехів.

2.1.2 Вимоги які висуваються до автоматичного керування електроприводами

Механізми мостових кранів, як правило, працюють в дуже напружених режимах: велике число включень в годину, швидкі перехідні процеси при розгоні, гальмуванні, реверсуванні супроводжуються підвищеними моментами

навантаження і т. п. Крім цього потрібно мати підвищену надійність роботи всіх механізмів кранів. Враховуючи, що потужності двигунів кранових установок досить великі, управління ними за допомогою ручного дії вкрай важко. Тільки перехід на автоматичне керування електродвигунами механізмів кранів може дати належний ефект. Основні вимоги, що висуваються до автоматизації управління кранових механізмів, можуть бути наступними:

11) система автоматичного управління повинна мати просту структурну схему;

12) окремі елементи слід вибирати з підвищеною надійністю в роботі, легко замінні і прості за конструкцією;

13) в схемі автоматичного управління необхідно передбачати різні види захисту: від втрати напруги в мережі, перевантаження понад допустимі значення струму або моменту і від коротких замикань в системі;

14) пуск двигуна повинен здійснюватися за певним заданим законом, незалежно від швидкості перемикання командоапарата оператором;

15) в схемі необхідно передбачати неможливість пускають двигуна після відновлення напруги мережі в момент, коли, командоапарат ще знаходиться в будь-якому робочому положенні; пуск повинен бути можливий тільки після повернення командоапарата в початкове (нульове) положення;

16) при різкому пересуванні рукоятки командоапарата з положення «вперед» в положення «назад» необхідно передбачати автоматичне плавне реверсування двигуна з струмами перемикання, що не перевищують допустимих значень;

17) при повному відключенні живлення двигунів в схемі має бути передбачено механічне гальмування;

18) в схемі автоматичного управління необхідно передбачати роздільне керування кожним двигуном механізму (підйом, пересування візка або моста, поворот) від окремого командоапарата;

19) при переміщенні вантажів на всіх напрямках в схемі автоматичного управління необхідно передбачити обмежувачі ходу, що відключають

харчування двигунів, коли пересування вантажу небезпечно; при роботі декількох кранів в одному прольоті цеху слід передбачати між ними блокування, що виключають можливість зіткнення кранів;

20) між пристроями проти викрадення і робочими двигунами пересування крана повинна бути блокування з тим, щоб при застопореному крані було б неможливо включити двигуни пересування;

21) при необхідності плавного опускання вантажу повинна бути передбачена можливість отримання низьких швидкостей;

22) в схемі слід передбачати блокування, що дозволяє відключати всю систему харчування крана, якщо потрібно знаходження людини на поверхні моста або візку.

2.2 Розрахунок необхідної потужності електродвигуна

У завдання вибору двигуна кранового механізму входять попередній вибір двигуна, розрахунок його на забезпечення теплового режиму, а також перевірка на забезпечення заданих прискорень (забезпечення пускового режиму і запасу зчеплення для механізмів пересування).

Найбільшу складність представляє розрахунок теплового режиму двигуна. Загальноприйняті методи теплового розрахунку по еквівалентним параметрам навантаження (струму, моменту, потужності) або середнім втратам дають достовірні результати тільки тоді, коли досить точно відома навантажувальна діаграма роботи електродвигуна. Для кранових електроприводів в більшості випадків характерною є невизначеність режиму роботи, що при специфічних особливостях кранових машин закритого виконання з підвищеними постійними втратами і погіршеними умовами тепловіддачі призводить до великих погрішностей при традиційних методах розрахунку.

Для розрахунку потужності приводного електродвигуна механізму підйому крана скористаємося методом еквівалентного ККД [1]. Даний метод найбільш повно враховує особливості роботи кранових електроприводів.

Максимальна статична потужність, при переміщенні вантажу:

$$P_c = \frac{(G + Q) \cdot v_k}{\eta_{\text{мех}}} \cdot \left(\frac{\varphi_n \cdot d_{cm} + 2 \cdot \mu \cdot K_{p\bar{b}} + \beta}{D_k} \right) \cdot g = \frac{(150000 + 15000) \cdot 0,43}{0,85} \times$$

$$\times \left(\frac{0,015 \cdot 0,1375 + 2 \cdot 0,5 \cdot 10^{-3}}{0,55} \cdot 1,35 + 0,05 \right) \cdot 9,81 = 47098 \text{ (Вт)} = 47,1 \text{ (кВт)} \quad (2.1)$$

де Q - маса вантажу, що піднімається (вантажопідйомність), $Q = 15000$ кг;

G - сумарна маса крана, $G = 150000$ кг;

v_k - необхідна швидкість пересування крана: $v_k = 0,43$ м/с;

$\eta_{\text{мех}}$ - ККД механізму пересування, $\eta_{\text{мех}} = 0,85$;

φ_n - коефіцієнт тертя в підшипниках кочення маточин коліс,
 $\varphi_n = 0,015$;

D_k - діаметр ходового колеса, $D_k = 0,55$ м;

d_{cm} - діаметр маточини ходового колеса,

$$d_{cm} = 0,25 \cdot D_k = 0,25 \cdot 0,55 = 0,1375 \text{ м};$$

μ - коефіцієнт тертя кочення, $\mu = 0,5 \cdot 10^{-3}$;

$K_{p\bar{b}}$ - коефіцієнт форми ходового колеса, що враховує тертя реборд ходового колеса, $K_{p\bar{b}} = 1,3 \div 1,4$;

β - ухил шляху крана, $\beta = 0,05$;

g - прискорення вільного падіння, $g = 9,81$ м/с².

Статична потужність припадає на один приводний двигун:

$$P_{c1} = \frac{P_c}{n} = \frac{47,1}{4} = 11,8 \text{ (кВт)} \quad (2.2)$$

де $n = 4$ - кількість приводних візків механізму пересування.

Розрахункова потужність приводу переміщення:

$$\begin{aligned}
 P_p &= \frac{1}{k_n \cdot \gamma_n} \cdot \left[\frac{(G + Q) \cdot v_k \cdot \alpha' \cdot a}{\eta_{\text{мех}}} + P_c \right] = \\
 &= \frac{1}{0,9 \cdot 2} \cdot \left[\frac{(150000 + 15000) \cdot 0,43 \cdot 2 \cdot 0,25}{0,85} + 47098 \right] = \\
 &= 49352 (Bm) = 49,4 (кВm)
 \end{aligned} \tag{2.3}$$

де k_n – коефіцієнт використання двигуна по пусковому моменту, згідно [1, табл. 6.2] $k_n = 0,9$;

γ_n – кратність відносини максимального пускового моменту до номінального моменту двигуна, згідно [1, табл. 6.2] $\gamma_n = 2$;

α' – відношення моментів інерції загального до наведеного моменту інерції поступально двіжущіхся частей, попередньо приймаємо:

$$\alpha' = \frac{J_{\Sigma}}{J'_{\text{номст}}} = 2;$$

a - прискорення крана при пуску, приймаємо $a = 0,25 \text{ м} / \text{с}^2$.

Розрахункова потужність припадає на один приводний двигун:

$$P_{p1} = \frac{P_p}{n} = \frac{49,4}{4} = 12,35 (\text{кВm}) \tag{2.4}$$

Так як $P_{p1} > P_{c1}$, то для подальших розрахунків приймаємо P_{p1} . По таблиці 6.5 з [1] коефіцієнт $k_p = 0,75$ для прийнятої системи електроприводу з регульованим перетворювачем. Отже необхідна розрахункова потужність двигуна складе:

$$P_{\text{ном.м1}} = \frac{P_{p1}}{k_p} = \frac{12,35}{0,75} = 16,47 (\text{кВm}) \tag{2.5}$$

Попередньо вибираємо двигун постійного струму краново-металургійної серії Д806 з паспортними даними наведеними в таблиці 2.1. Дані взяті з [1].

Номинальна швидкість обертання двигуна:

$$\omega_H = \frac{\pi \cdot n_H}{30} = \frac{\pi \cdot 710}{30} = 74,3 \text{ c}^{-1}. \quad (2.6)$$

Таблиця 2.1 – Паспортні дані двигуна Д806

1. Номинальна потужність P_H , кВт при ПВ, 40%	17
2. Номинальна потужність P_H , кВт при ПВ, 25%	20
3. Напруга живлення якоря U_H , В	220
4. Струм якоря номінальний I_H , А	84
5. Номинальна частота обертання n_H , об / мин	710
6. Момент інерції $J_{ДВ}$, кг · м ²	1
7. Опір якоря і додаткових полюсів $r_{Я}$, Ом	0,047

Загальний радіус приведення механізму переміщення складе:

$$R = \frac{V_{\kappa}}{\omega_H} = \frac{0,43}{74,3} = 0,0058 \text{ м} \quad (2.7)$$

Приведений момент інерції поступально рухомих мас в розрахунку на один двигун:

$$J'_{ном1} = \frac{(G + Q)}{n} \cdot R^2 = \frac{(150000 + 15000)}{4} \cdot 0,0058^2 = 1,39 \text{ (кг} \cdot \text{м}^2) \quad (2.8)$$

Визначаємо сумарний момент інерції в розрахунку на один двигун:

$$J_{\Sigma 1} = 1,2 \cdot J_{ДВ} + J'_{ном1} = 1,2 \cdot 1 + 1,39 = 2,59 \text{ кг} \cdot \text{м}^2 \quad (2.9)$$

Еквівалентний ККД визначається за формулою:

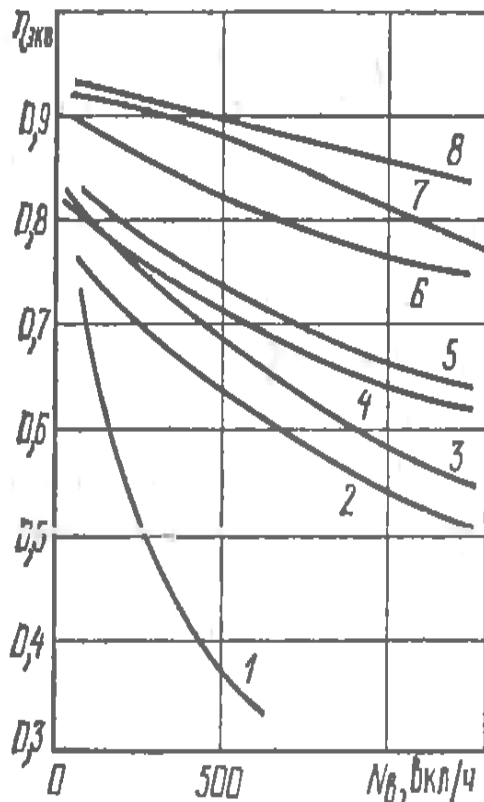
$$\eta_{\text{ЭКВ}} = \frac{\eta_{\text{ЭКВ.БАЗ}}}{1 + \frac{\eta_{\text{ЭКВ.БАЗ}} - \eta_{\text{ЭКВ.Н}}}{\eta_{\text{ЭКВ.Н}}} \cdot \frac{J_{\Sigma 1}}{1,2 \cdot J_{\text{ДВ}}} \cdot \left(\frac{n_{\text{МАХ}}}{1000} \right)^2}, \quad (2.10)$$

де $\eta_{\text{ЭКВ.БАЗ}} = 0,94$ - еквівалентний ККД, який визначається з таблиці 6.5 в [1];

$n_{\text{МАХ}} = 1,05 \cdot n_H = 1,05 \cdot 710 = 746 \text{ об / мин}$ - максимальна частота обертання двигуна (при однозонному регулюванні дорівнює швидкості холостого ходу);

$\eta_{\text{ЭКВ.Н}}$ - ККД в залежності від числа включень двигуна в годину N_B по рисунку 2.1.

При числі включень в годину $N_B = 200$ для тиристорного електроприводу постійного струму $\eta_{\text{ЭКВ.Н}} = 0,92$.



1 – двухскоростной короткозамкнутый двигатель при $2p = 4/24$; 2 – параметрическое регулирование двигателей с фазным ротором и торможением противовключением; 3 – трехскоростные короткозамкнутые двигатели при $2p = 4/8/24$; 4 – параметрическое регулирование двигателей постоянного тока, короткозамкнутых двигателей с $2p = 6$ и двигателей с фазным ротором при динамическом торможении; 5 – трехскоростные короткозамкнутые двигатели при $2p = 6/12/24$; 6 – с ограниченной зоной частотного управления двухскоростных короткозамкнутых двигателей; 7 – гирнсторный привод постоянного тока; 8 – частотно-управляемые односкоростные короткозамкнутые двигатели

Рисунок 2.1 – Залежності $\eta_{ЭКВ.N} = f(N_B)$

В результаті отримаємо:

$$\eta_{ЭКВ} = \frac{0,94}{1 + \frac{0,94 - 0,92}{0,92} \cdot \frac{2,59}{1,2 \cdot 1} \cdot \left(\frac{746}{1000}\right)^2} = 0,916. \quad (2.11)$$

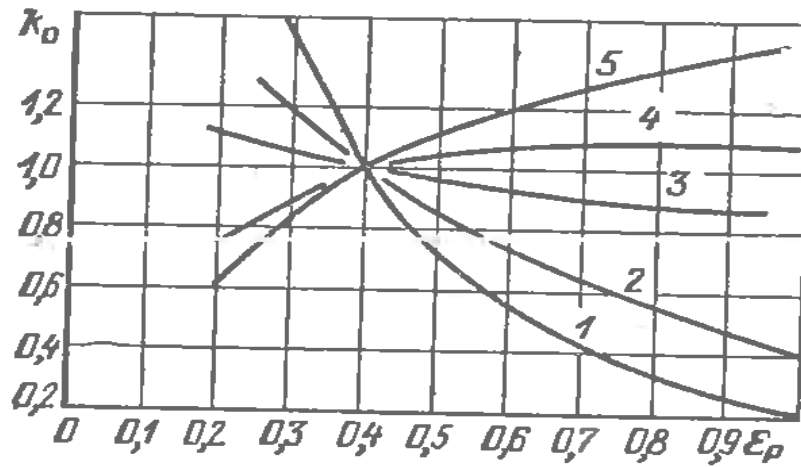
Перевіряємо двигун по тепловому режиму:

$$P_{НОМ.Т} = \frac{K_3 \cdot K_{ЭКВ} \cdot \sqrt{\frac{\varepsilon_P}{\varepsilon_H}}}{K_O \cdot K_P} \cdot \frac{\eta_{ЭКВ.БАЗ}}{\eta_{ЭКВ.БАЗ} - K_D \cdot (\eta_{ЭКВ.БАЗ} - \eta_{ЭКВ})} \cdot P_{P1} = \quad (2.12)$$

$$= \frac{1 \cdot 0,8 \cdot \sqrt{\frac{0,4}{0,4}}}{1 \cdot 1} \cdot \frac{0,94}{0,94 - 1,25 \cdot (0,94 - 0,916)} \cdot 12,35 = 10,2 \text{ кВт}$$

тут коефіцієнти $K_3 = 1$, $K_{ЭКВ} = 0,8$, $\varepsilon_P = 0,4$ прийняті згідно з таблицею 6.4 з [1];

$K_P = 1$; $K_D = 1,25$ згідно з таблицею 6.5 з [1], $K_0 = 1$ по рисунку 2.2 взятому з [1].



1 — невентилюемые асинхронные; 2 — постоянного тока; 3 и 4 — вентилюемые соответственно тихоходные и быстроходные с фазным ротором; 5 — вентилюемые быстроходные короткозамкнутые

Рисунок 2.2 – Залежності $K_0 = f(\epsilon_p)$

Оскільки $P_{НОМ.Т} < P_H$, то двигун Д806 підходить по тепловому режиму.

Перевіряємо двигун за умовами зчеплення. Максимально допустимий прискорення визначаємо за формулою з [1], з урахуванням роботи механізму на відкритому повітрі (мокрі рейки):

$$a_{\max} = 0.85 \cdot \beta - 0.2 = 0.85 \cdot 1 - 0.2 = 0.65 \quad (\text{м} / \text{с}^2), \quad (2.13)$$

де β – відношення числа ведучих коліс до загальної кількості коліс, $\beta = 1$.

Знаходимо реальне відношення моментів інерції механізму:

$$\alpha'_P = \frac{J_{\Sigma 1}}{J'_{ном1}} = \frac{2,59}{1,39} = 1,86. \quad (2.14)$$

Визначаємо прискорення, яке забезпечується двигуном:

$$a_p = \frac{k_n \cdot \gamma_n \cdot \eta_{\text{мех}} \cdot P_n - P_{c1}}{0.25 \cdot (G + Q) \cdot v_n \cdot \alpha'_p} =$$

$$= \frac{0.9 \cdot 2 \cdot 0.85 \cdot 17 \cdot 10^3 - 11.8 \cdot 10^3}{0.25 \cdot (150000 + 15000) \cdot 0.43 \cdot 1.86} = 0,43 \text{ (м / с}^2\text{)}. \quad (2.15)$$

Так як $a_p > a_{\text{max}}$, то для забезпечення умови зчеплення необхідно обмежити прискорення застосувавши задатчик інтенсивності швидкості.

Остаточно приймаємо двигун Д806 як приводного для механізму пересування крана ККД-15.

Статичний момент опору (повний на два двигуна) визначимо, виходячи зі статичної потужності

$$M_c = \frac{P_c}{\omega_n} = \frac{47,1 \cdot 10^3}{74,3} = 634 \text{ (Нм)}.$$

3 ВИБІР СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОЖИВЛЕННЯ

3.1 Вибір комплектного електроприводу

Виходячи з вимог, що висуваються до механізму підйому крана, обрано регульований електропривод постійного струму з тиристорним перетворювачем.

У сучасному електроприводі загального призначення електромашинні перетворювачі по системі Г-Д не знаходять широкого застосування.

При виборі типу електроприводу враховувалися жорсткість механічних характеристик, можливості і обмеження системи регулювання, економічність системи по відношенню до витрат електроенергії, первинних і експлуатаційних витрат.

Недоліки системи ТП-Д:

- 1) м'якша механічна характеристика;
- 2) чутливість до перенапруг;
- 3) низька перевантажувальна здатність;
- 4) впливає на мережу.

Переваги системи ТП-Д:

- 1) високу швидкодію;
- 2) миттєва готовність до роботи;
- 3) відсутність системи власних потреб і обертових частин;
- 4) високий ККД;
- 5) менші габарити;
- 6) менше витрат на конструкційні матеріали;
- 7) простота обслуговування, виготовлення і монтажу;
- 8) простіша система охолодження;
- 9) можливість участі в централізованій системі управління технологічним процесом.

Таким чином, з усіх способів регулювання і зміни напрямку швидкості, використання реверсивного тиристорного перетворювача (РТП) є одним з найсучасніших способів створення швидкодіючого регульованого електроприводу постійного струму. Реверсивним тиристорним перетворювачем називається перетворювач, через який струм може протікати в обох напрямках. Оскільки тиристори пропускають струм тільки в одному напрямку, то для зміни напрямку струму навантаження необхідно використовувати дві групи вентилів, кожна з яких проводить струм в своєму напрямку. Ці групи вентилів найчастіше збираються за трифазною мостовою або трифазної нульової схемою. Трифазна нульова схема відрізняється простотою, меншим числом вентилів застосовуваних у схемі. Трифазна мостова схема має низку переваг у порівнянні з трифазної нульової:

- 1) Випрямлена ЕРС при одній і той же вторинній напрузі трансформатора в два рази більше;
- 2) Пульсації випрямленої ЕРС в два рази більше за частотою і менше по амплітуді;
- 3) Вентильні групи можуть підключатися до мережі без трансформатора;
- 4) Типова потужність трансформатора менше.

Перераховані переваги обумовлюють переважне застосування трифазної мостової схеми в системах електроприводу (ЕП) потужністю десятки - сотні кіловат. Оскільки потужність ТП, яке живить якірний ланцюг досить велика, то вибираємо трифазну мостову схему.

Як було зазначено вище, для отримання реверсивного ТП дві групи вентилів певним чином з'єднують між собою. Розрізняють зустрічно-паралельне і перехресне з'єднання. При зустрічно-паралельному з'єднанні застосовується простий двохобмотковий трансформатор меншої потужності. Перевага перехресної схеми в тому, що в даній схемі аварійні процеси при одночасному включенні тиристорних груп протікають легше, тому цю схему доцільно застосовувати в відповідальних ЕП. На підставі цього вибираємо зустрічно-паралельне з'єднання випрямних груп.

Застосовуються два основні методи управління комплектами РТП: спільне і роздільне. При спільному управлінні імпульси подаються на тиристори обох груп одночасно. При цьому одна група працює в випрямному режимі з кутом регулювання α_B , розвиває середнє значення випрямленої напруги $U\alpha_B$ і забезпечує протікання струму через навантаження. В цей же час друга група перекладається в інверторний режим з кутом регулювання α_U і середнє значення випрямленої напруги $U\alpha_U$. При такому управлінні в РТП утворюється замкнений контур, по якому може протікати зрівняльний струм. Для зменшення цього струму кути регулювання повинні бути в певному співвідношенні. При узгодженому управлінні співвідношення кутів встановлюється таким чином, щоб виконувалося співвідношення: $U\alpha_B = U\alpha_U$. Це рівність виконується за умови $\alpha_B + \alpha_U = 180^\circ$. При цьому способі управління в зрівняльній контурі протікає переривчастий струм середнє значення, якого називають статичним зрівняльним струмом і обмежують до допустимого зрівняльними реакторами. Для зменшення зрівняльного струму застосовують неузгоджене управління групами тиристорів в РТП. При цьому співвідношення кутів управління: $\alpha_B + \alpha_U > 180^\circ$. При цьому в зрівняльній контурі завжди є постійна складова напруги, спрямована проти провідності тиристорів, оскільки іверторна група розвиває більшу напругу, ніж випрямна. Це призводить до різкого зменшення статичного зрівняльного струму, хоча динамічний зрівняльний струм зменшується незначно. Необхідно відзначити також те, що перебіг невеликого зрівняльного струму сприятливо позначається на статичних характеристиках ТП. Таким чином переваги спільного управління:

- 1) Відсутність необхідності в переходах силового ланцюга;
- 2) Висока швидкодія при переході з одного режиму в інший і постійна готовність до цього переходу;
- 3) Однозначність в статичних характеристиках ТП.

В розроблюваному електроприводі застосуємо перетворювач з роздільним управлінням вентильними групами.

Для управління ТП в даний час застосовують головним чином безінерційні системи фазового управління з пилкоподібною або синусоїдальною опорною напругою. Перевагою синусоїдальної форми опорної напруги є лінійність результуючої характеристики ТП. Тому в розроблюваному ТП застосуємо синусоїдальну опорну напругу.

Для вирівнювання навантажень в межах однієї осі (передній або задній) і відповідно зменшення перекосів при русі включаємо приводні двигуни по ланцюгу якоря послідовно і заживлюємо від одного перетворювача. Ланцюги збудження обох двигунів однієї осі підключаємо до збудника паралельно, Це дозволить в необхідних межах підлаштувати механічні характеристики двигунів. Схема включення електроприводів пересування козлового крана приведена на рисунку 3.1.

З огляду на, що обрані двигуни мають номінальну напругу $U_H = 220\text{В}$ і включаються по два послідовно, харчування тиристорних перетворювачів здійснюємо до мережі 380 В через струмообмежуючі реактори.

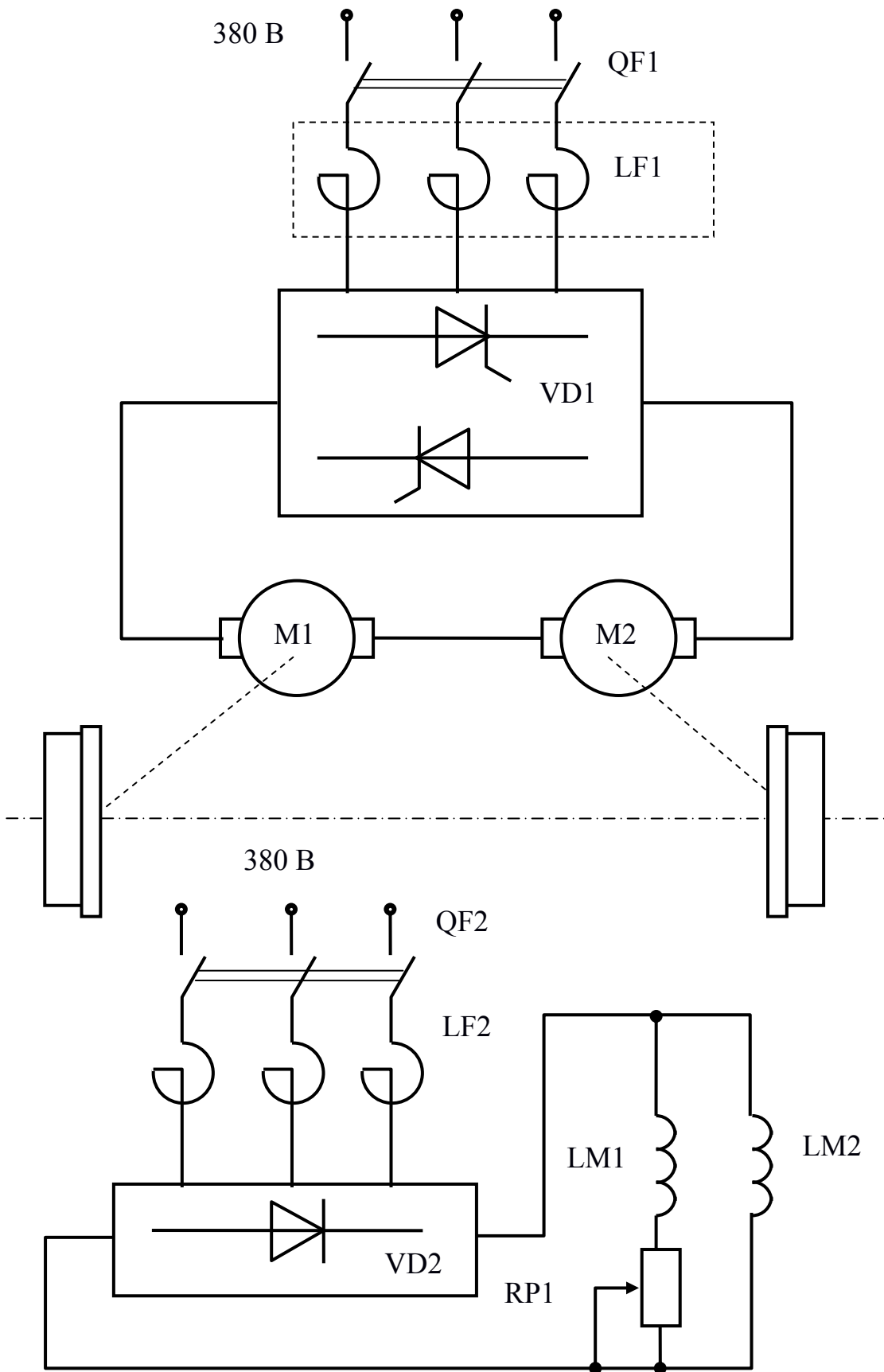


Рисунок 3.1 – Схема вмикання електропривода одної осі

Для живлення двигуна вибираємо комплектний електропривод серії КТЕ. Електроприводи комплектні тиристорні постійного струму (КТЕ) з природним і примусовим повітряним охолодженням призначені для споживачів постійного струму, що вимагають автоматичного регулювання швидкості обертання, положення вала, потужності, випрямленої напруги, ЕРС двигуна, струму збудження, натягу матеріалу.

КТЕ використовуються в металургійній промисловості та інших галузях народного господарства. На струми 2500 А і вище випускаються також тиристорів з примусовим водяним охолодженням.

Структура умовного позначення

КТЕ X / X X X-X X X-X-X X X X X-X УХЛ4:

КТЕ – комплектний тиристорний електропривод;

X / X номінальний струм електроприводу, групи "ВПЕРЕД" / групи "НАЗАД" *;

X – номінальна напруга двигуна, В;

X – виконання: М – модернізований (до 1000 А; 750 В), Е – посиленої ізоляції, з природним охолодженням, В – посиленої ізоляції, з вбудованим вентилятором;

X – виконання КТЕ за кількістю питомих двигунів: 1 – одnodигунний, 2 – з двома двигунами, 0 – збудник **;

X – режим роботи: 1 – нереверсивний, 2 – реверсивний;

X – зв'язок з мережею живлення: Р – реакторна, Т – трансформаторна (Т2 – для 12-пульсної схеми випрямлення), Н – безпосередня, 0 – поставка без трансформатора і реактора (02 – для 12-пульсної схеми випрямлення);

X – умовне позначення системи автоматичного регулювання (САР): 4 – швидкості (ЕРС), однозонна, 5 – положення, однозонна, 8 – швидкості, двохзонна, 2 – індивідуального виконання на вимогу замовника;

X – наявність вбудованого лінійного контактора: 0 – відсутній, К – наявний;

X – наявність вбудованого пристрою динамічного гальмування: 0 – відсутній, Д – наявний;

X – наявність вбудованого пристрою живлення електромагніту механічного гальма: 0 – відсутній, М – наявний;

X – наявність пристрою живлення обмотки збудження тахогенератора: 0 – відсутній, Т – наявний;

X – виконання вбудованого збудника (таблиця);

X – кількість КТЕ в одній шафі;

УХЛ4 – кліматичне виконання і категорія розміщення по ГОСТ 15150-69.

* Струм групи "Назад" вказується для реверсивних несиметричних КТЕ.

** В КТЕ-збудниках вбудовані пристрої відсутні (відповідні індекси не ставляться).

Перетворювачі випускаються на наступні напруги і струми:

- номінальний випрямлений струм, А – 10; 25; 50; 100; 200; 320; 500; 630; 800; 1000; 1250; 1600; 2000; 2500; 3150; 4000; 5000; 6300; 8000; 10 000;

- номінальна випрямлена напруга, В – 220; 440; 600; 750; 930 Номінальна напруга трифазної мережі силових ланцюгів, В – 205; 380; 410; 6000, 10 000.

Враховуючи параметри обраного двигуна, вибираємо **КТЕ 100. 440. М-2 2 Р-4- УХЛ4**, тобто перетворювач на струм 100 А і випрямлену напругу 440 В модернізований, дводвигуновий, реверсивний з живленням від мережі 380 В через струмообмежувальним реактор. Система регулювання ЕРС або швидкості.

На рисунку 3.2 представлена функціональна схема КТЕ

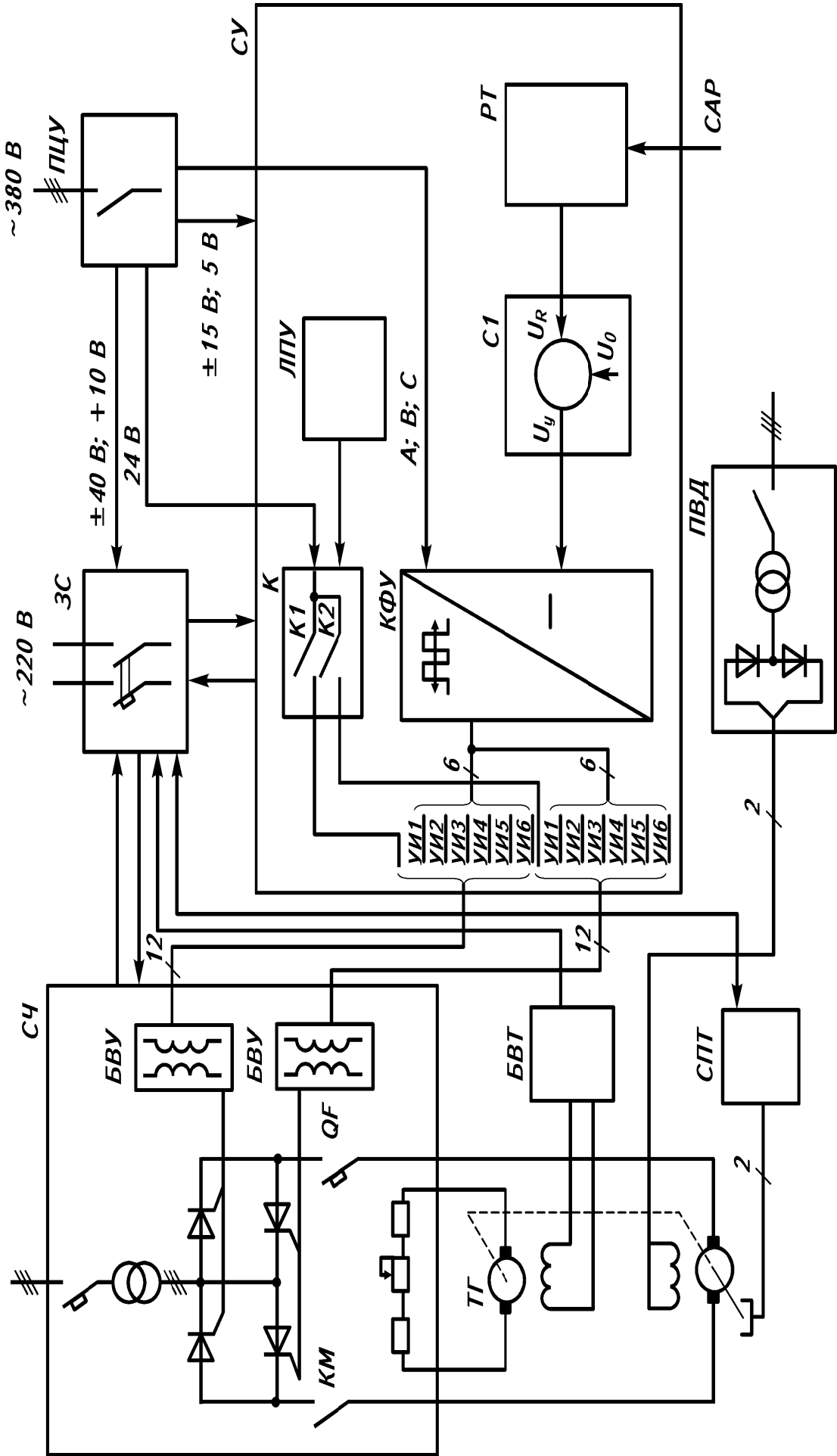


Рисунок 3.2 – Функціональна схема комплекту тиристорного електроприводу

На рисунку 3.2 прийняті наступні позначення:

- ЛПУ – логічний перемикаючий пристрій;
- К – ятка ключів перемикаючих імпульсів;
- ПВД – живлення збудження двигуна;
- СПТ – система живлення електромагнітного гальма;
- ПЦУ – живлення ланцюгів управління;
- УИ1-УИ6 – імпульси управління;
- БВУ – блок вихідних пристроїв;
- КФУ – канал фазового управління;
- ТГ – тахогенератор;
- С1 – ятка зв'язку;
- КМ – силовий контактор;
- РТ – регулятор струму;
- U_y, U_R, U_0 – зовнішні сигнали;
- QF – автоматичний вимикач.

На рисунку 3.3 приведена функціональна схема системи автоматичного регулювання швидкості реверсивного однозонного електроприводу серії КТЕ.

На рисунку 3.3 позначено:

- ZI_c – задатчик інтенсивності швидкості;
- $U_{зи}$ – напруга задатчика інтенсивності;
- Σ – сумматор;
- d_n – прискорення;
- Σn_{\max} – сумарний сигнал, який відповідає максимальному значенню швидкості;
- Σ_n – сумарне значення швидкості;
- РС – регулятор швидкості;
- i_{\max} – сигнал, який відповідає максимальному значенню струму двигуна;
- П-режим – пропорційний режим;
- ПІ-режим – пропорційно-інтегральний режим;

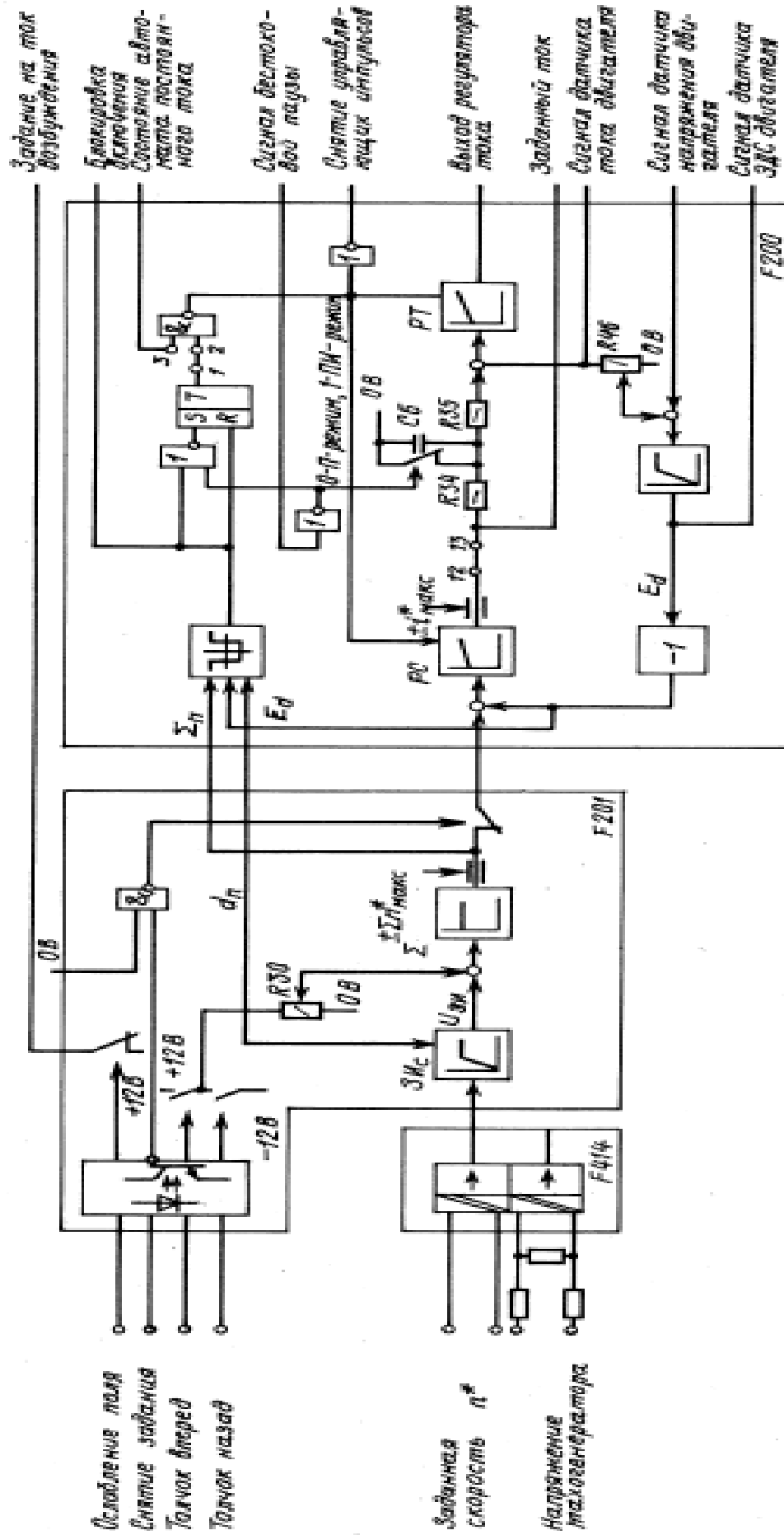


Рисунок 3.3 – Функциональная схема САР электропривода серии КТЕ

РТ – регулятор струму;

F200 – ятка регулювання;

F201 – ятка завдання швидкості;

F414 – ятка гальванічної розв'язки.

Структура умовного позначення комплектних тиристорних перетворювачів 5-го покоління:

- призначення: А - для якірного ланцюга двигуна постійного струму;
- конструктивне виконання: С - шафове виконання;
- номінальний вихідний струм: 800 А;
- номінальна вихідна напруга: 440 В;
- вид охолодження: Е - природне повітряне;
- спосіб підключення до силової мережі живлення: Т - трансформаторне;
- виконання силової схеми: 2 - 6-пульсна реверсивна схема.

На рис. 3.4 наведена схема підключення перетворювача до двигуна.

Системи керування (СК) - мікропроцесорні, уніфіковані між собою, і з іншими виробами (інтелектуальними пультами керування, компенсаторами реактивної потужності, системами діагностики, пристроями віддаленого вводу-виводу, збудниками синхронних двигунів, незалежними системами збудження і самозбудження турбо- і гідрогенераторів, пускателями).

Загальна площа друкованих плат СК значно зменшена (більш ніж в 3,5 рази) за рахунок використання сучасної елементної бази з високим ступенем інтеграції.

Системи керування і регулювання дозволяють приймати і обробляти сигнали будь-яких датчиків - імпульсних, кодових, сельсинов, датчиків температури й ін., В тому числі датчиків з послідовними каналами зв'язку.

Комплектація СК, в тому числі низьковольтні (реле, клемні присоединітелі й ін.), виконана з елементів провідних світових виробників - Intel, Burr Brown, Motorola, Texas Instruments й ін.

СК має швидкодіючі двопровідні інтерфейси для зв'язку з обладнанням верхнього рівня, в тому числі інших постачальників.

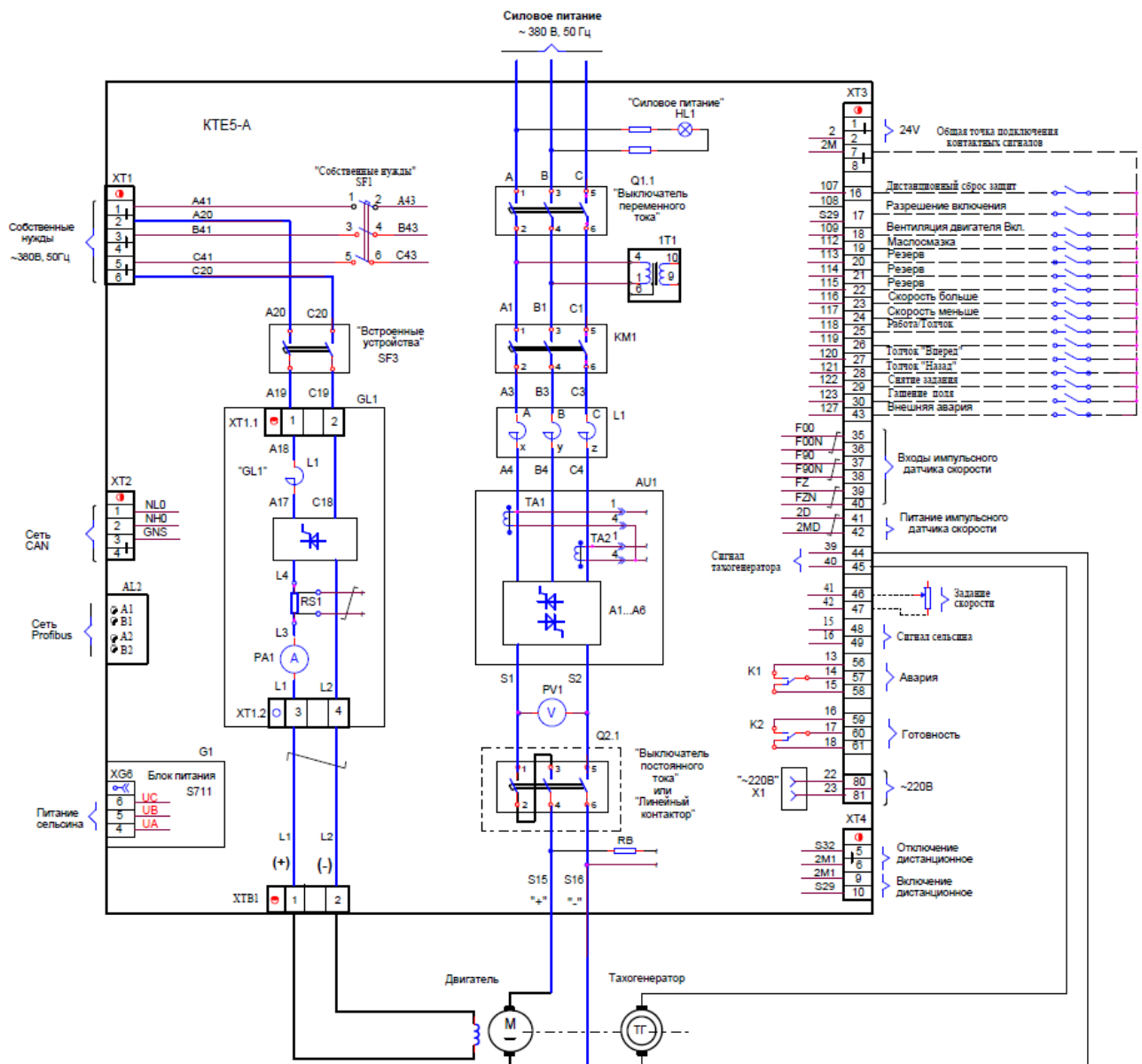


Рисунок 3.4 – Схема підключення комплектного перетворювача до двигуна

Зв'язок з електрообладнанням інших постачальників - датчиками, ПКУ, пультами, системами автоматизації - виконується радіально, прийомом і передачею стандартних, нормалізованих дискретних і аналогових сигналів і по швидкодіючій інформаційній мережі послідовної зв'язку.

У комплексних поставках, де постачальник є виробником КТЕ, пультів і засобів автоматизації використовується мережа CAN, контролер якої вбудований в плату процесора всіх систем керування. Передача сигналів по мережі відповідає стандарту ISO 11898.

За вимогами замовника КТЕ можуть бути адаптовані для зв'язку з обладнанням інших постачальників по мережах Profibus, Modbus й ін.

Для включення в інформаційну мережу сигналів реле, технологічних датчиків встановлюваних на механізмах і т.п., в окремих конструктивах поставляються пристрої віддаленого вводу/виводу (ПВВ). ПВВ виконані на уніфікованій з КТЕ елементній базі і дозволяють з найменшими витратами кабельної продукції підключати віддалені від КТЕ джерела сигналів.

Базові системи керування мають вбудовані апаратні засоби для прийому сигналів датчиків з'єднаних з валом двигуна - тахогенераторів, імпульсних датчиків з різною кількістю імпульсів на оберт, сельсинов. Сигнали імпульсних датчиків використовуються для регуляторів швидкості та положення. Для прийому сигналів тахогенераторів КТЕ мають подільники напруги, а для імпульсних датчиків - вбудоване джерело живлення.

Склад КТЕ наведено на рисунку 3.5. Детальна система курування КТЕ наведена у додатку А.

В основі виробу - шестипульсний тиристорний керований перетворювач з системою керування, що дозволяє регулювати напругу постійного струму в широкому діапазоні.

Крім того, виріб має систему допоміжних пристроїв (пристрій живлення обмотки збудження, пристрій керування електромагнітним гальмом, пристрій живлення обмотки збудження тахогенератора), систему автоматичного регулювання струму, напруги, ЕРС, частоти обертання, натягу, положення, системи захисту і сигналізації перетворювача і електроприводу.

Комплектний пристрій, повністю готовий до підключення, що складається з одного або декількох шаф, в яких скомпоновано необхідне обладнання. Шафи, що входять до складу електроприводу, являють собою металеву конструкцію каркасного типу.

Q1 - трьохполюсний
 автоматичний вимикач;
 Q2 - двополюсний
 автоматичний вимикач
 КМ - лінійний
 контактор
 В - пристрій живлення
 обмотки збудження
 М - пристрій живлення
 електромагнітного
 гальма;
 Д - динамічний гальмо;
 Т1 - трансформатор (за
 вказівкою в замовленні
 - поставка
 високовольтного
 трансформатора і шафи
 високовольтного
 введення);
 Т - блок живлення
 тахогенератора;
 ZZ - сельсин датчик
 кута повороту

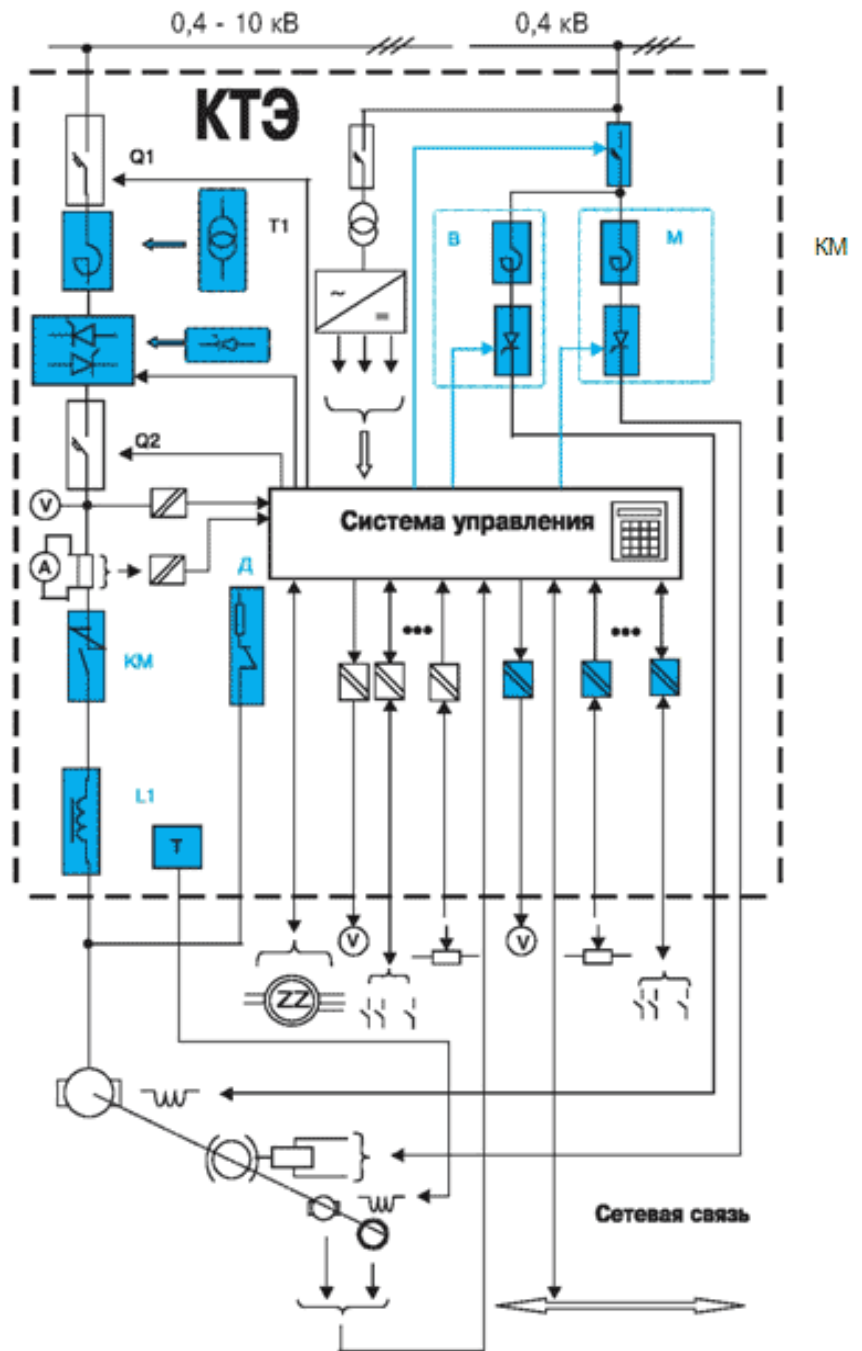


Рисунок 3.5 - Склад перетворювача шафового виконання

3.2 Вибір струмообмежувального реактора

Струмообмежувальним реактор – пристрій, для захисту тиристорів від надструмів в аварійних режимах роботи перетворювачів, включаються в кожен фазу мережі живлення. Індуктивність реактора вибирається з умови обмеження діючого значення усталеного струму короткого замикання.

Вибираємо струмообмежувальним реактор РТСТ-165-0,145У3 на 165А.

Параметри струмообмежувального реактора РТСТ-165-0,145У3:

- лінійна напруга мережі живлення $U_L = 410 \text{ В}$;
- струм навантаження тиристорного перетворювача $I_{ТП} = 165 \text{ А}$;
- номінальна індуктивність $L_{ТОР} = 0.145 \cdot 10^{-3} \text{ Гн}$;
- активний опір $r_{ТОР} = 29 \cdot 10^{-3} \text{ Ом}$.

3.3 Вибір згладжувального реактора

Згладжувальний реактор включається в ланцюг випрямленого струму з метою зменшення його змінної складової. Пульсації випрямленого струму повинні бути обмежені на рівні допустимого значення для обраного двигуна. При тиристорному живленні надійна робота двигунів серії забезпечується без необхідності застосування згладжувального реактора якщо коефіцієнт пульсацій струму $k_{I(\partial on)}$ не перевищує 15%. При $k_{I(\partial on)} = 15\%$ номінальна потужність знижується не більше ніж на 3%.

ЕРС перетворювача при куті управління $\alpha = 0$:

$$E_{d0} = 1.35 \cdot U_{2л} = 1.35 \cdot 380 = 513 \text{ (В)}. \quad (3.1)$$

Мінімальна сумарна (еквівалентна) індуктивність якірного ланцюга за умовою обмеження пульсацій випрямленого струму:

$$L_{\partial(\min)} = \frac{k_U}{k_{I(\partial on)}} \cdot \frac{E_{d0}}{m \cdot \omega_c \cdot I_H}, \quad (3.2)$$

де k_U – коефіцієнт пульсацій напруги (для трифазної мостової схеми приймаємо $k_U = 0,13$),

m – пульсність перетворювача (для мостовий трифазної схеми $m = 6$)

$$L_{\partial(\min)} = \frac{0.13}{0.15} \cdot \frac{513}{6 \cdot 314 \cdot 84} = 2.8 \cdot 10^{-3} \text{ (Гн)}. \quad (3.3)$$

Індуктивність якоря двигуна визначимо використовуючи формулу Уманського-Лінвілла:

$$L_{\text{яд}} = \frac{0,25 \cdot U_{\text{н}}}{I_{\text{н}} \cdot \omega_{\text{н}} \cdot p} = \frac{0,25 \cdot 220}{84 \cdot 74,3 \cdot 4} = 2,2 \cdot 10^{-3} \text{ (Гн)} \quad (3.4)$$

Розрахункова індуктивність згладжувального реактора (два двигуна послідовно):

$$\begin{aligned} L_{\text{ср}} &= L_{\text{э}(\text{min})} - 2 \cdot L_{\text{тор}} - 2 \cdot L_{\text{яд}} = \\ &= 2,8 \cdot 10^{-3} - 2 \cdot 0,145 \cdot 10^{-3} - 2 \cdot 2,2 \cdot 10^{-3} = -1,89 \cdot 10^{-3} \text{ (Гн)} \end{aligned} \quad (3.5)$$

Так як розрахункова індуктивність виявилася негативною, згладжує реактор не потрібно. Власної індуктивності якорного ланцюга досить для обмеження пульсацій струму.

3.4 Розрахунок параметрів об'єкта керування

Проведемо розрахунок параметрів об'єкта управління, необхідних для синтезу системи керування електроприводом.

Опір якоря двигуна з урахуванням температури навколишнього середовища:

$$R_{\text{я}} = k_t \cdot r_{\text{я}} = 1,38 \cdot 0,047 = 0,065 \text{ Ом.} \quad (3.6)$$

де $k_t = 1,38$ - температурний коефіцієнт.

Еквівалентний опір якорного ланцюга:

$$R_{\text{э}} = 2 \cdot R_{\text{я}} + 2 \cdot r_{\text{тор}} + \frac{\Delta U_{\text{щ}}}{I_{\text{н}}} = 2 \cdot 0,065 + 2 \cdot 0,029 + \frac{2}{84} = 0,211 \text{ (Ом)} \quad (3.7)$$

де $\Delta U_{\text{щ}} = 2 \text{ В}$ - падіння напруги на щітковому контакті.

Еквівалентна індуктивність якорного ланцюга:

$$L_{\text{э}} = 2 \cdot L_{\text{яд}} + 2 \cdot L_{\text{тор}} = (2 \cdot 2,2 + 2 \cdot 0,145) \cdot 10^{-3} = 4,69 \cdot 10^{-3} \text{ (Гн)} \quad (3.8)$$

Електромагнітна стала часу:

$$T_3 = \frac{L_3}{R_3} = \frac{4,69 \cdot 10^{-3}}{0,211} = 0,022 (c) \quad (3.9)$$

Потокозчеплення машини:

$$C\Phi_H = \frac{U_H - I_H \cdot R_{я}}{\omega_H} = \frac{220 - 84 \cdot 0,065}{74,3} = 2,88 (B \cdot c) \quad (3.10)$$

Електромеханічна стала часу (при розрахунку враховуємо що два двигуни з'єднані послідовно по якорях і працюють на одне навантаження):

$$T_M = \frac{2 \cdot J_{\Sigma 1} \cdot R_3}{(2 \cdot C\Phi_H)^2} = \frac{2 \cdot 2,59 \cdot 0,211}{(2 \cdot 2,88)^2} = 0,033 (c) \quad (3.11)$$

Статичний коефіцієнт підсилення тиристорного перетворювача:

$$k_{\text{тп}} = \frac{E_{d0}}{U_y} = \frac{513}{10} = 51,3. \quad (3.12)$$

де $U_y = 10 B$ - максимальна напруга управління.

Приймаємо малу некомпенсовану сталу часу $T_\mu = 0,005 c$.

4 РОЗРАХУНОК СИСТЕМИ ПІДПОРЯДКОВАНОГО КЕРУВАННЯ ЕЛЕКТРОПРИВОДОМ ПЕРЕМІЩЕННЯ КРАНА

4.1 Математичний опис об'єкта керування

При синтезі системи управління приймаються звичайні для систем електроприводу припущення, які лінеаризують 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 сталі 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, який проводив струм, у зв'язку з неможливістю закрити по ланцюгу управління відкритий тиристор. Останнє явище отримало назву неповної керуваності ТП.

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 ТП: безперервна, в якій ТП представляється аперіодичною ланкою з коефіцієнтом $k_{\text{ТП}}$ і сталою часу

$\tau_{\mu} = \frac{\pi}{m\omega_0}$ і імпульсною. Надалі, при синтезі САУ буде використана безперервна модель ТП.

Таким чином, два послідовно з'єднаних електродвигуна представимо у вигляді трьох типових ланок (рис. 4.1): аперіодичної ланки першого порядку

(електрична частина машин) і інтегруючої ланки (механічна частина), охоплених негативним зворотним зв'язком по ЕРС двох двигунів. Момент опору в структурній схемі відповідає навантаженню припадає на одну вісь крана (навантаженні двох двигунів). Так як J_{Σ} розраховуються в розрахунку на один двигун, то в структурній схемі його значення подвоюється.

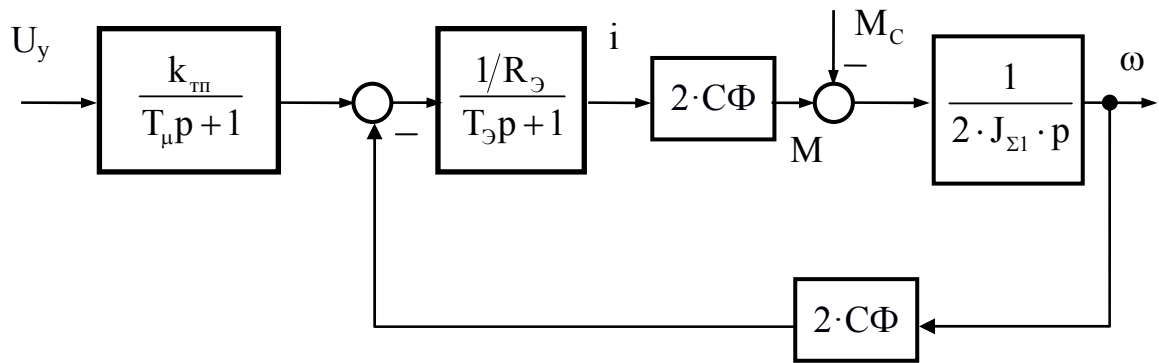


Рисунок 4.1 – Структурна схема силової частини електропривода

Одним із сучасних методів побудови уніфікованих систем автоматичного керування електроприводом є принцип підпорядкованого регулювання параметрів. При цьому об'єкт управління представляється в вигляді ланцюжка послідовно з'єднаних ланок, на виході кожного з яких формується той чи інший параметр. Важливою перевагою системи підпорядкованого управління є можливість обмеження величини підпорядкованого параметра шляхом обмеження вихідного сигналу регулятора зовнішнього контуру [3-4].

Найбільш поширеним в уніфікованих системах управління принципом побудови регулятора є компенсація основних інерційностей об'єкта управління. Принцип компенсації можна сформулювати наступним чином: кожній ланці об'єкта управління з великою сталою часу має відповідати ланка зі зворотним функцією передачі в складі регулятора. Тоді, якщо не враховувати впливу малих сталих часу, передавальна функція розімкненої системи є безінерційна ланка. Виходячи з вищесказаного, складемо структурну схему системи регулювання швидкості, яка приведена на рис. 4.2.

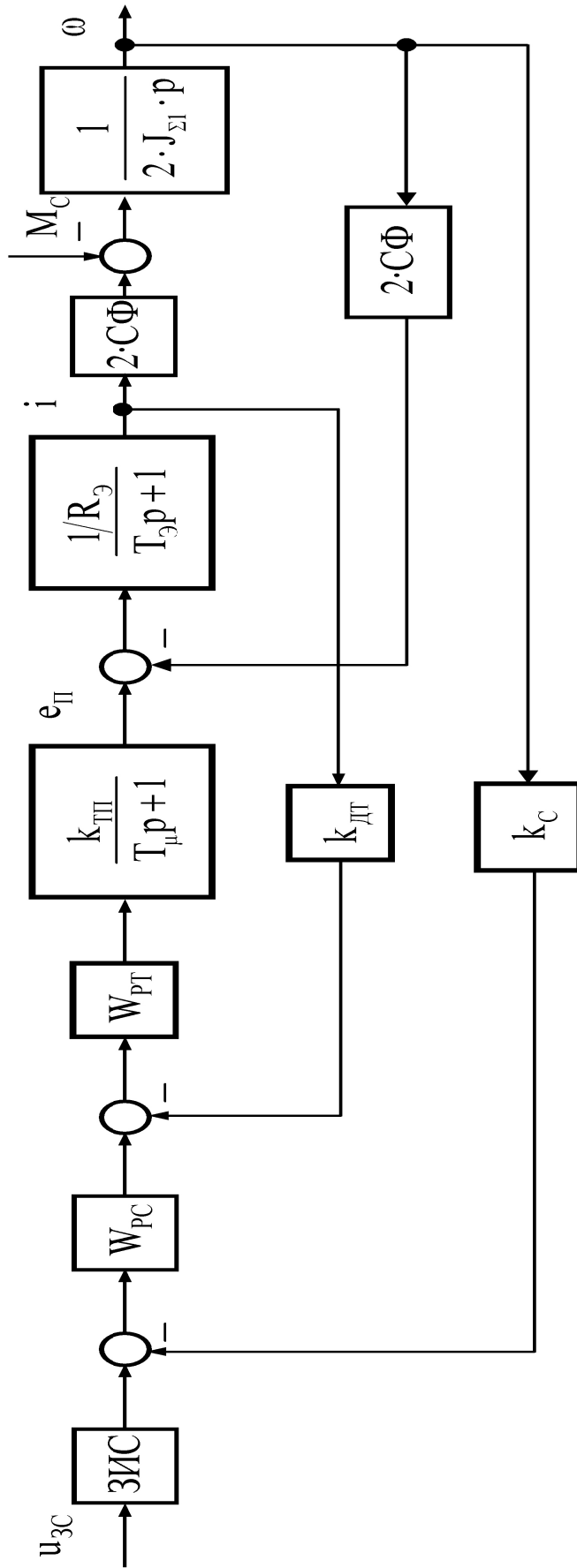


Рисунок 4.2 – Структурна схема системи підпорядкованого керування електроприводом

4.2 Розрахунок регулятора струму

На рисунку 4.3 представлена структурна схема контуру струму.

Передавальна функція регулятора струму при оптимізації контура на модульний оптимум матиме вигляд:

$$W_{PT}(p) = K_{PT} \cdot \frac{T_{\Theta}p + 1}{T_{\Theta}p} \quad (4.1)$$

Як видно з формули (4.1) регулятор струму – ПІ регулятор. Статичний коефіцієнт підсилення регулятора струму:

$$K_{PT} = \frac{R_{\Theta} \cdot T_{\Theta}}{K_{ТП} \cdot K_{OT} \cdot T_{OT}} = \frac{0,23 \cdot 0,022}{51,3 \cdot 0,048 \cdot 0,01} = 0,205, \quad (4.2)$$

де $T_{OT} = 2T_{\mu} \cong 0.01$ с ;

$K_{OT} = \frac{U_{ЗТМАХ}}{I_{МАХ}} = \frac{10}{210} = 0,048$ В/А - коефіцієнт передачі ланцюга зворотного зв'язку за струмом з урахуванням що:

зв'язку за струмом з урахуванням що:

- максимальний сигнал завдання на струм $U_{ЗТМАХ} = 10$ В ;
- максимально допустимий струм якоря двигуна

$$I_{МАХ} = \lambda_I \cdot I_H = 2.5 \cdot 84 = 210 \text{ А}.$$

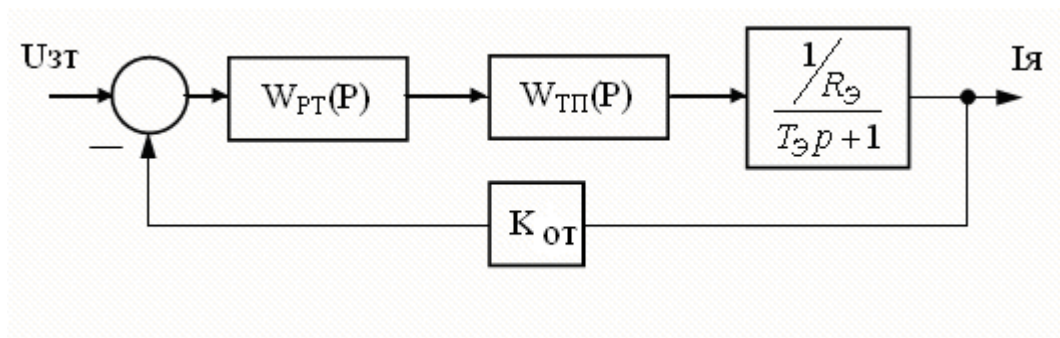


Рисунок 4.3 - Структурна схема контуру струму

На рисунку 4.4 представлена функціональна схема регулятора струму.

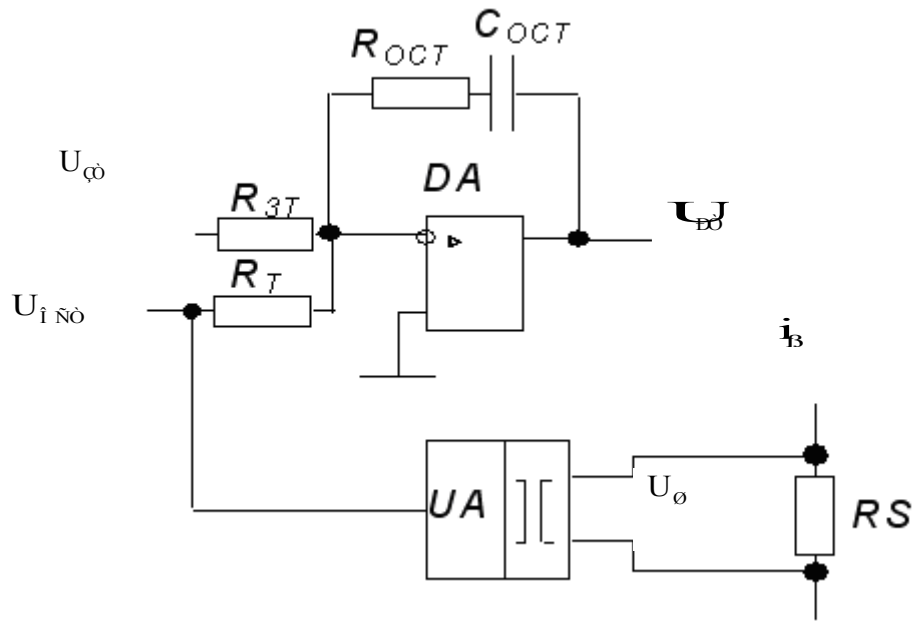


Рисунок 4.4 – Функціональна схема регулятора струму

На рисунку 4.5 представлена структурна схема регулятора струму.

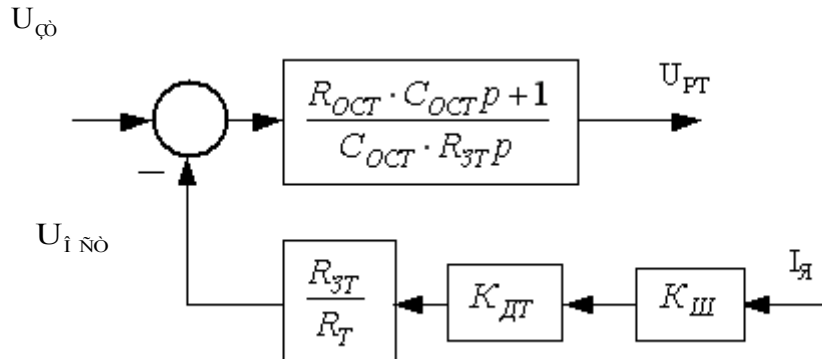


Рисунок 4.5 – Структурна схема регулятора струму

Розраховуємо елементи функціональної схеми регулятора струму за наступними співвідношеннями:

$$\begin{cases} T_{\text{э}} = R_{\text{ост}} \cdot C_{\text{ост}}; \\ \frac{K_{\text{шт}} \cdot K_{\text{т}}}{R_{\text{э}}} T_{\text{от}} = R_{\text{зт}} \cdot C_{\text{ост}}; \\ K_{\text{от}} = \frac{R_{\text{зт}}}{R_{\text{т}}} \cdot K_{\text{дт}} \cdot K_{\text{шт}}, \end{cases} \quad (4.3)$$

Шунт RS вибираємо типу 75ШС, який має такі параметри: номінальна вихідна напруга на шунті $U_{\text{нш}}=75$ мВ при струмі $I_{\text{нш}}=250$ А. Отже коефіцієнт передачі шунта:

$$K_{\text{шт}} = \frac{U_{\text{нш}}}{I_{\text{нш}}} = \frac{75 \cdot 10^{-3}}{300} = 0,25 \cdot 10^{-3} \text{ В/А} \quad (4.4)$$

Коефіцієнт передачі датчика струму:

$$K_{\text{дт}} = \frac{K_{\text{от}}}{K_{\text{шт}}} = \frac{0,048}{0,25 \cdot 10^{-3}} = 192. \quad (4.5)$$

В якості стандартного датчика струму UA вибираємо датчик струму з системи УБСР-АІ типу ДТ-3АІ. Цей датчик призначений для формування і введення в систему регулювання аналогового сигналу, пропорційного струму в ланцюзі якоря. Датчик підключається до шунт в ланцюзі якоря двигуна і забезпечує гальванічну розв'язку між вхідними та вихідними ланцюгами з різницею потенціалів між ними до 1000 В.

Параметри давача ДТ-3АІ, позначеного на схемі як UA:

- вихідна напруга ± 10 В;
- коефіцієнт підсилення $53 \div 200$;
- похибка $\leq 1\%$;
- смуга пропускання 1.5 кГц;
- напруга живлення постійним струмом 12.6 В.

Приймаємо конденсатор $C_{\text{ост}}$ ємністю 2 мкФ.

$$R_{\text{ост}} = \frac{T_{\text{э}}}{C_{\text{ост}}} = \frac{0,014}{2 \cdot 10^{-6}} = 7000 \text{ Ом} = 7 \text{ кОм} \quad (4.6)$$

$$R_{\text{зт}} = \frac{K_{\text{тп}} \cdot K_{\text{от}} \cdot T_{\text{от}}}{R_{\text{э}} \cdot C_{\text{ост}}} = \frac{51.3 \cdot 0.135 \cdot 0.01}{1.23 \cdot 2 \cdot 10^{-6}} = 28 \text{ кОм} \quad (4.7)$$

$$R_{\text{т}} = \frac{R_{\text{зт}} \cdot K_{\text{ш}} \cdot K_{\text{дт}}}{K_{\text{от}}} = \frac{28000 \cdot 7.5 \cdot 10^{-4} \cdot 180}{0.135} = 28 \text{ кОм} \quad (4.8)$$

Вибираємо резистор $R_{\text{ост}}$ марки МЛТ – 0,125, опором 11 кОм.

Вибираємо резистор $R_{\text{зт}}$ марки МЛТ – 0,125, опором 120 кОм.

Вибираємо резистор $R_{\text{т}}$ марки МЛТ – 0,125, опором 180 кОм.

Вибираємо конденсатор $C_{\text{ост}}$ марки К50-6, ємністю 2 мкФ.

Вибираємо стабілітрон VD типу КС 210Б:

- напруга стабілізації – 10 В;
- розкид напруги стабілізації - $\pm 0,7$ В;
- мінімальний струм стабілізації - 3мА;
- максимальний струм стабілізації – 14 мА;
- диференційний опір – 22 Ом.

4.3 Розрахунок регулятора швидкості

До контуру регулювання швидкості входять: об'єкт управління, що складається з оптимізованого контура струму і механічної частини електроприводу; датчик швидкості; регулятор швидкості. Визначимо передавальну функцію замкнутого контуру струму:

$$W_{\text{КТ}}(p) = \frac{\frac{1}{T_{\mu}p+1} \cdot \frac{1}{T_{\text{от}}p} \cdot \frac{1}{K_{\text{от}}}}{1 + \frac{1}{T_{\mu}p+1} \cdot \frac{1}{T_{\text{от}}p}} = \frac{\frac{1}{K_{\text{от}}}}{T_{\text{от}}T_{\mu}p^2 + T_{\text{от}} + 1} \quad (4.9)$$

оскільки T_μ – мала стала часу, то $T_{OT}T_\mu p^2 = 2T_\mu^2 p$ можна прирівняти нулю, тоді передавальна функція контуру струму набуде вигляду:

$$W_{KT}(p) = \frac{1/K_{OT}}{T_{OT}p + 1}. \quad (4.10)$$

Таким чином, на рисунку 4.6 представлена структурна схема регулятора швидкості.

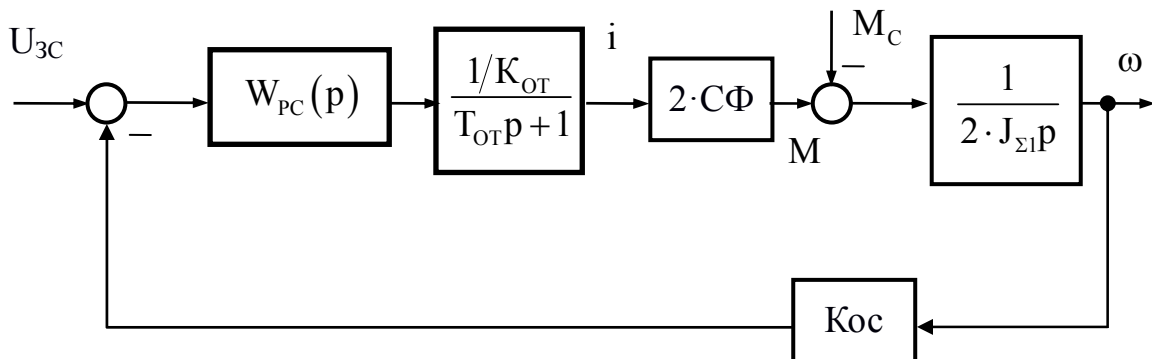


Рисунок 4.6 – Структурна схема контуру швидкості

Залежно від вимог, що висуваються технологією до електроприводу механізму, контур швидкості виконують одноразово інтегруючим (з П-регулятором) або дворазово інтегруючим (ПІ-регулятором).

Для систем підпорядкованого регулювання швидкості пересування крана застосовується ПІ-регулятор.

Передавальна функція регулятора швидкості при оптимізації контура на симетричний оптимум матиме вигляд:

$$W_{PT}(P) = K_{PC} \cdot \frac{4 \cdot T_{OT}p + 1}{4 \cdot T_{OT}p} \quad (4.11)$$

Статичний коефіцієнт підсилення регулятора швидкості:

$$K_{PC} = \frac{K_{OT} \cdot J_{\Sigma 1}}{2T_{OT} \cdot C\Phi_H \cdot K_{OC}} = \frac{0,048 \cdot 2,59}{2 \cdot 0,01 \cdot 2,88 \cdot 0,136} = 15,87$$

де K_{OC} - коефіцієнт зворотного зв'язку за швидкістю;

$$K_{OC} = \frac{U_{3C\text{MAX}}}{\omega_{\text{MAX}}} = \frac{10}{74,3} = 0,136 \text{ В} \cdot \text{с} / \text{рад} - \text{коефіцієнт передачі ланки}$$

зворотнього зв'язку за швидкістю з урахуванням того, що:

- максимальний сигнал завдання на швидкість $U_{3T\text{MAX}} = 10\text{В}$.

На рисунку 4.7 представлена функціональна схема регулятора швидкості.

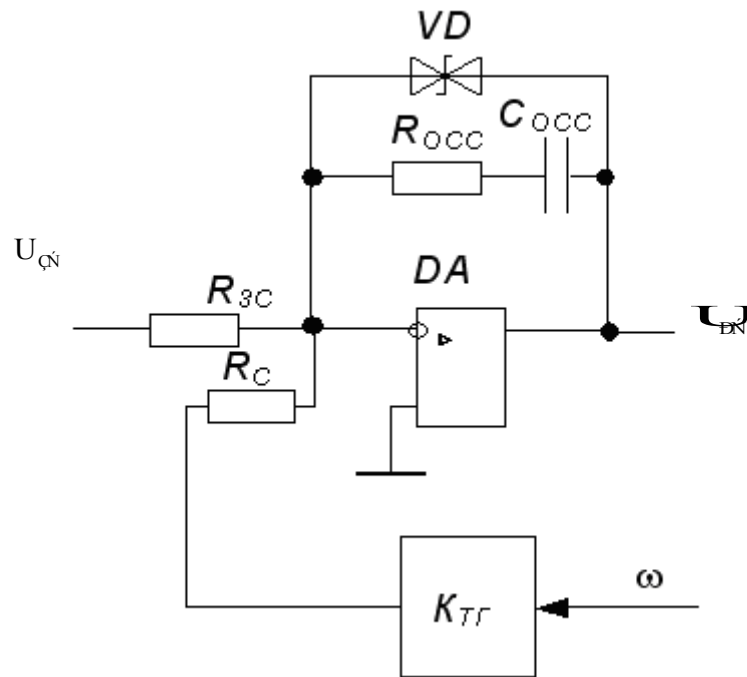


Рисунок 4.7 - Функціональна схема регулятора швидкості

На рисунку 4.8 представлена структурна схема регулятора швидкості.

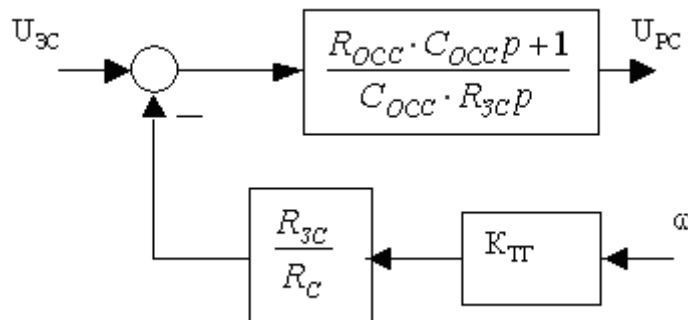


Рисунок 4.8 - Структурна схема регулятора швидкості

В якості датчика швидкості вибираємо тахогенератор типу ТП 214:

$n_H = 1000$ об/хв; $U_H = 100$ В;

$$K_{\text{ТГ}} = \frac{U_{\text{H.ТГ}}}{\omega_{\text{H.ТГ}}} = \frac{100}{3,14 \cdot 1000 / 30} = 0,96 \text{ В} \cdot \text{с}. \quad (4.12)$$

Розраховуємо елементи функціональної схеми регулятора швидкості по наступних співвідношеннях:

$$\left\{ \begin{array}{l} K_{\text{РС}} = \frac{R_{\text{ОСС}}}{R_{\text{ЗС}}}; \\ K_{\text{С}} = K_{\text{ТГ}} \cdot \frac{R_{\text{ЗС}}}{R_{\text{С}}}; \\ U_{\text{ЗС MAX}} = K_{\text{С}} \cdot \omega_{\text{H}}. \end{array} \right. \quad (4.13)$$

прийmemo $C_{\text{ОСС}} = 2$ мкФ = $2 \cdot 10^{-6}$ Ф.

Завдання на швидкість подаємо з задатчика інтенсивності швидкості.

Тому задаємося $R_{\text{ЗС}} = 51$ кО. В якості $R_{\text{ЗС}}$ вибираємо резистор типу МЛТ – 0.125 опором 51 кОм.

Розраховуємо $R_{\text{ОСС}}$:

$$R_{\text{ОСС}} = K_{\text{РС}} \cdot R_{\text{ЗС}} = 15,87 \cdot 51 = 809 \text{ кОм} \quad (4.14)$$

вибираємо резистор $R_{\text{ОСС}}$ типу МЛТ-0.125 810 кОм.

Розраховуємо $R_{\text{С}}$:

$$R_{\text{С}} = \frac{K_{\text{ТГ}} \cdot R_{\text{ЗС}}}{K_{\text{ОС}}} = \frac{0,96 \cdot 51 \cdot 10^3}{0,136} = 360 \text{ кОм} \quad (4.15)$$

вибираємо резистор $R_{\text{С}}$ типу МЛТ-0.125 360 кОм.

Вибираємо стабілітрон VD типу КС 210Б: напруга стабілізації - 10 В;

4.4 Розрахунок задатчика інтенсивності швидкості

Для розгону і гальмування двигуна з динамічним струмом, меншим уставки струмообмеження застосовуємо задатчик інтенсивності, що перетворює ступінчастий сигнал завдання швидкості в лінійно змінюється в часі.

Стале значення напруги виходу задатчика інтенсивності, яке подається на вхід регулятора швидкості, так само вхідного сигналу. Тобто задатчик інтенсивності швидкості необхідний для обмеження струму двигуна в перехідних процесах.

Структурна схема задатчика інтенсивності швидкості наведена на рисунку 4.9.

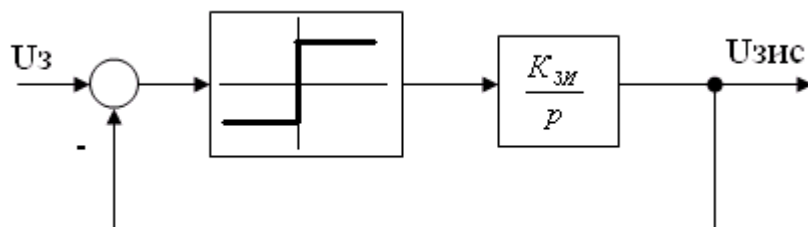


Рисунок 4.9 - Структурна схема задатчика інтенсивності швидкості

Відповідно до розрахунків наведеними в розділі 2 за умовами зчеплення електропривод повинен забезпечувати прискорення $a_p < 0,65 \text{ (м / с}^2\text{)}$. приймемо $a_p = 0,25 \text{ (м / с}^2\text{)}$. Час розгону при цьому складе:

$$t_p = \frac{V_H}{a_p} = \frac{0,43}{0,25} = 1,72 \text{ с} \quad (4.16)$$

Коефіцієнт передачі ЗІС:

$$K_{И} = \frac{U_{zMAX}}{t_p} = \frac{10}{1,72} = 5,81 \frac{\text{В}}{\text{с}} \quad (4.17)$$

На рисунку 4.10 представлена функціональна схема задатчика інтенсивності швидкості.

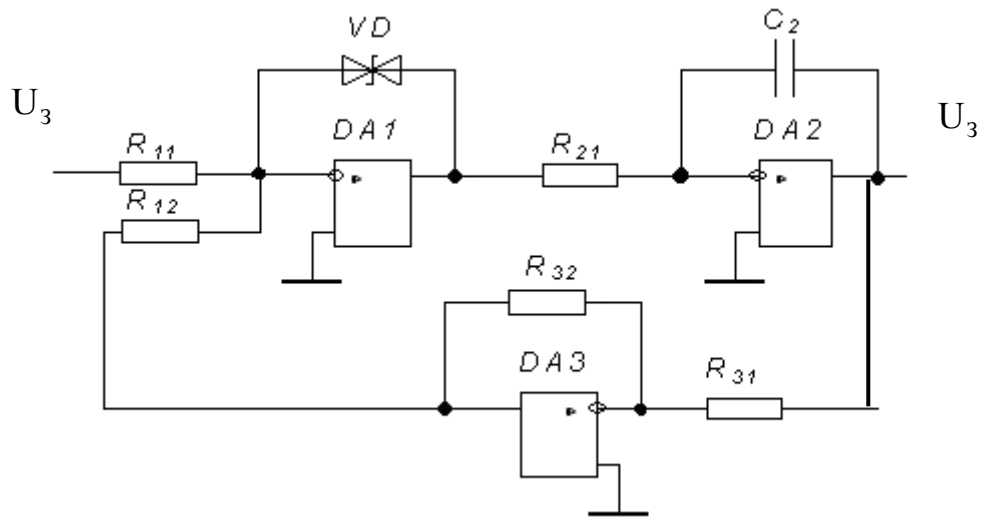


Рисунок 4.10 – Функціональна схема задатчика інтенсивності швидкості

Приймаємо конденсатор C_2 ємністю 2 мкФ.

Приймаємо: $R_{11} = R_{12} = 20$ кОм; $R_{31} = R_{32} = 10$ кОм.

$$R_{21} = \frac{1}{K_{\text{и}} \cdot C_2} = \frac{1}{5,81 \cdot 2 \cdot 10^{-6}} = 86 \text{ кОм} \quad (4.19)$$

Вибираємо резистори R_{11} і R_{12} марки МЛТ-0.125, опором 20 кОм.

Вибираємо резистори R_{31} і R_{32} марки МЛТ-0.125, опором 10 кОм.

Вибираємо резистор R_{21} марки МЛТ-0.125, опором 86 кОм.

Вибираємо конденсатор $C_{\text{оос}}$ марки К50-6, ємністю 2 мкФ.

Вибираємо стабілітрон VD типу КС210Б:

- напруга стабілізації - 10 В.

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

На рис. 5.1-5.4 представлена модель електроприводу пересування козлового крана, розроблена в середовищі моделювання динамічних систем Matlab / Simulink.

На рисунках 5.5 і 5.7 приведені результати моделювання роботи ЕП при розгоні, реверсі та гальмуванні на холостому ході. На рисунку 5.8 представлені графіки пуску, реверса і гальмування електроприводу під навантаженням.

На рис. 5.9 - 5.11 наведені результати моделювання роботи ЕП при зміні параметрів об'єкта управління в межах $\pm 50\%$, що може бути викликано, наприклад, недообліком опору силових кабелів, сезонними коливаннями температури зовнішнього середовища, загустинням мастила і т.п.

Отримані перехідні процеси свідчать про правильність на будівництва системи. Досліджуваний електропривод з синтезованою системою керування повністю задовольняє технологічним вимогам, що висуваються до електроприводу при вихідних параметрах ОУ. При варіації (зменшенні і збільшенні) сталої часу T_s , моменту інерції в широких межах система залишається працездатною. Ряд проведених варіацій призводять до незначної коливальності якірного струму електродвигуна, яка викликає його додатковий нагрів і вібрацію механічної частини технологічного обладнання.

Найбільш небезпечним режимом є обриви зворотних зв'язків за струмом та швидкістю (рис. 5.12 - 5.13). Для виключення подібних аварійних режимів проєктований електропривод повинен бути оснащений системою захистів і сигналізації, яка відключає силовий перетворювач від мережі в цих випадках. У крайніх положеннях переміщення крана має контролюватися кінцевими вимикачами.

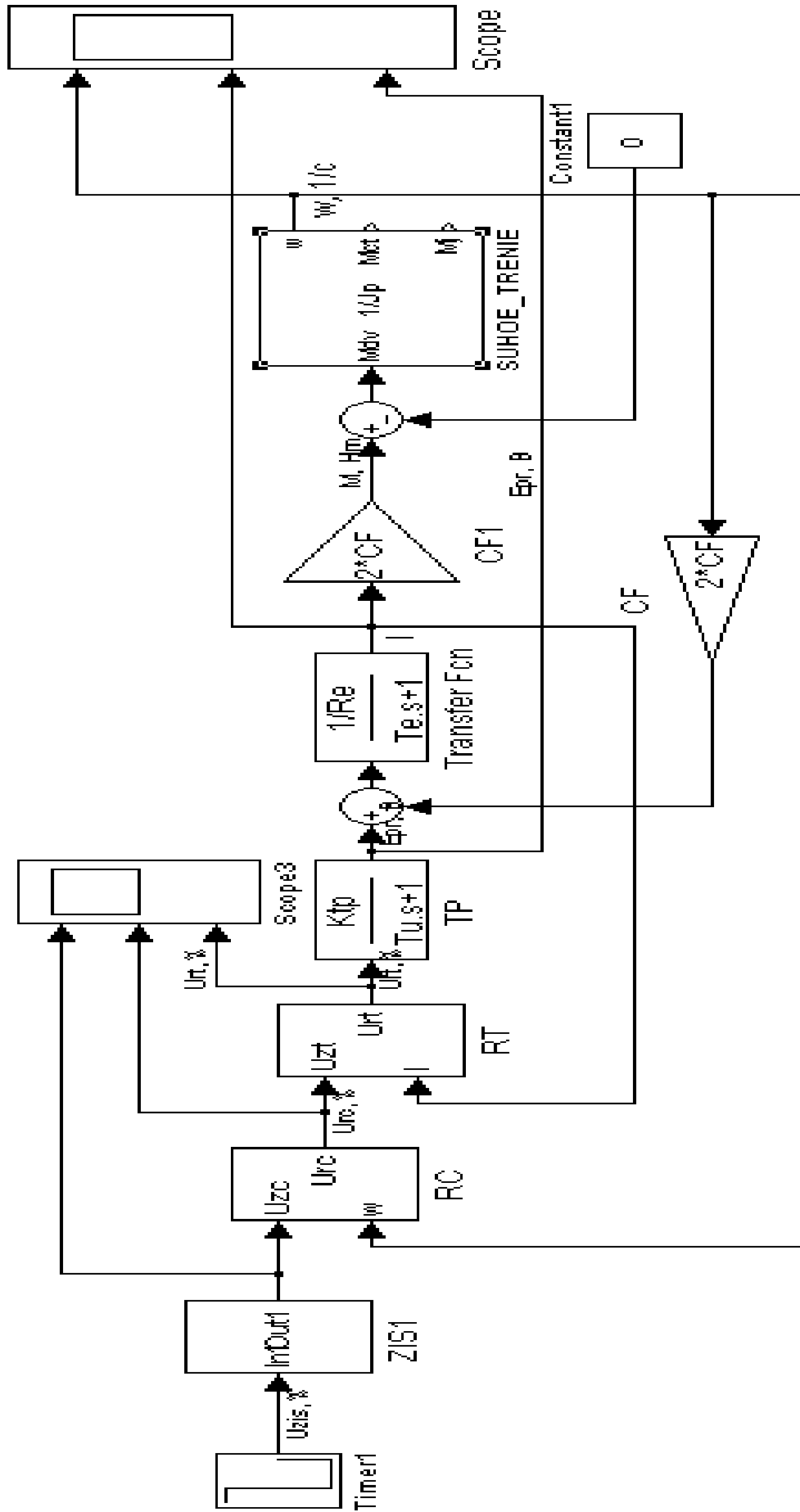


Рисунок 5.1 - Математична модель системи електропривода

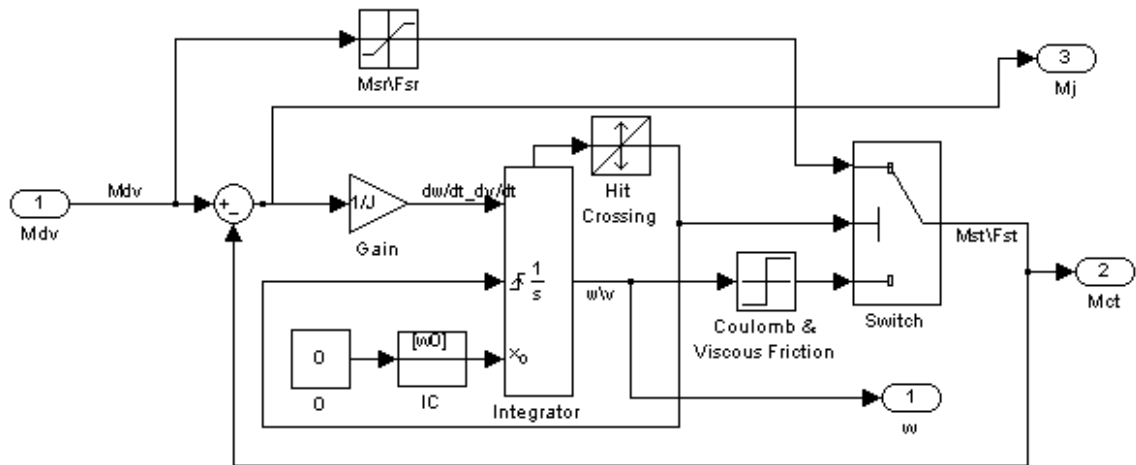


Рисунок 5.2 - Модель механічної частини приводу для уточненого моделювання сил сухого тертя

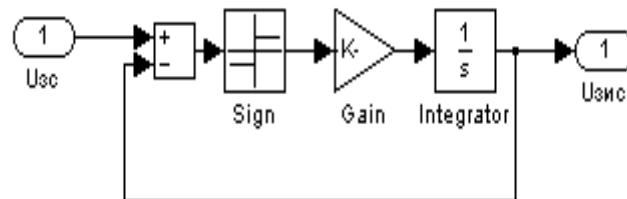


Рисунок 5.3 - Задатчик інтенсивності швидкості

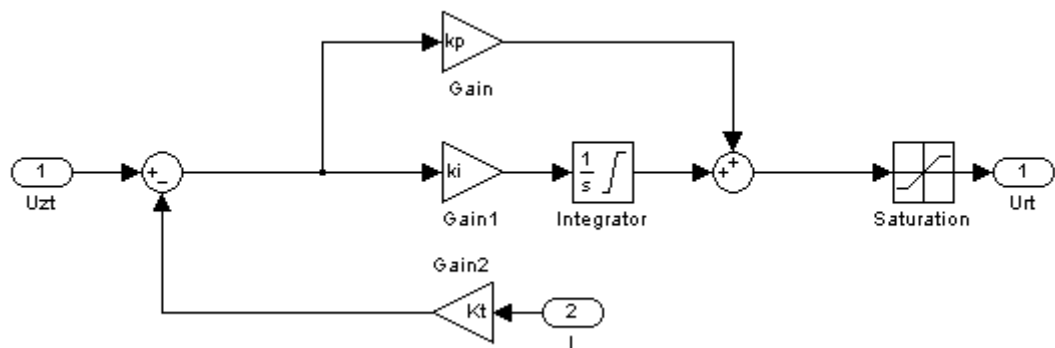


Рисунок 5.4 - Регулятор струму

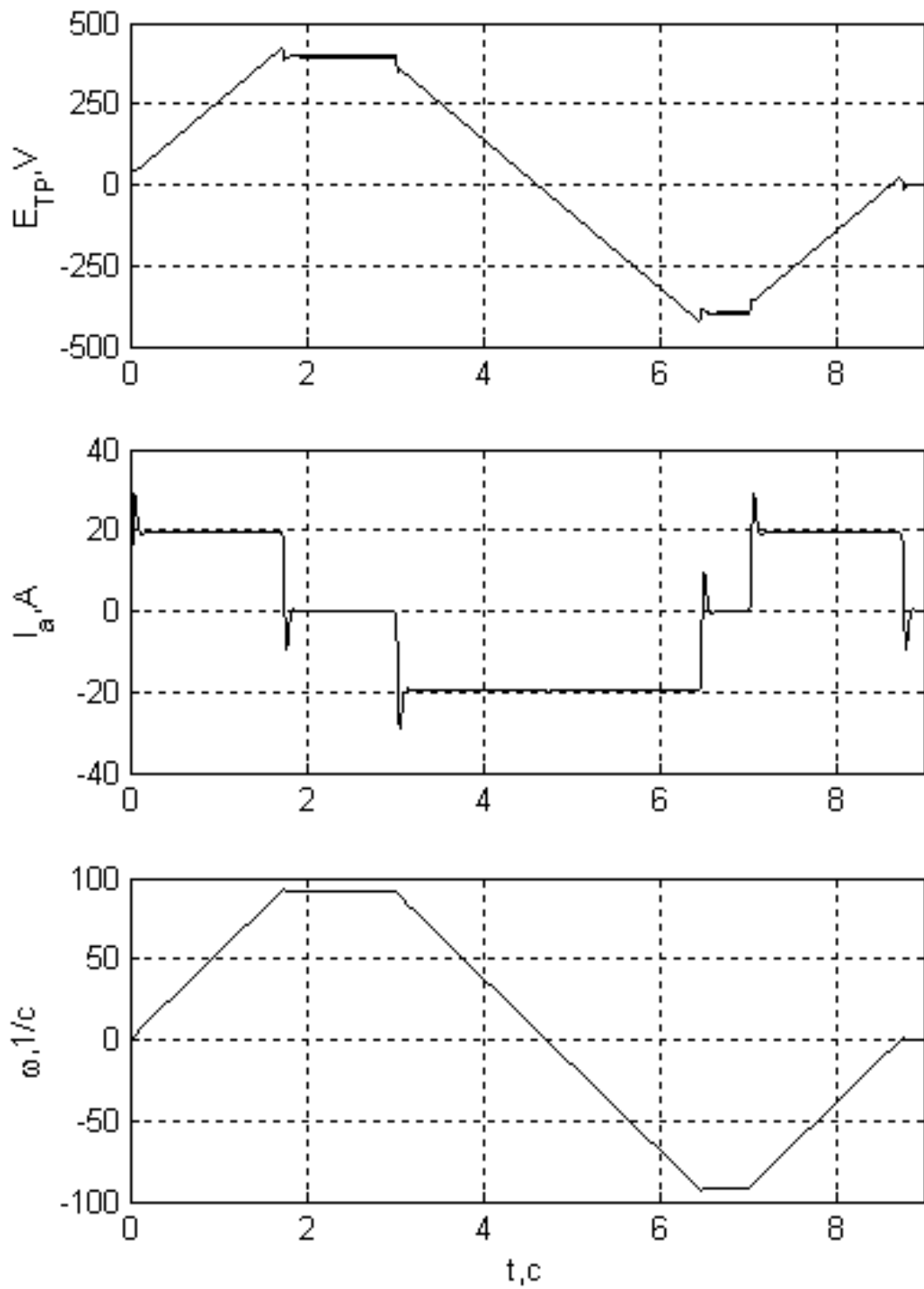


Рисунок 5.5 - Перехідні процеси швидкості і струму двигуна і ЕРС перетворювача при розгоні, реверсі та гальмуванні на холостому ході

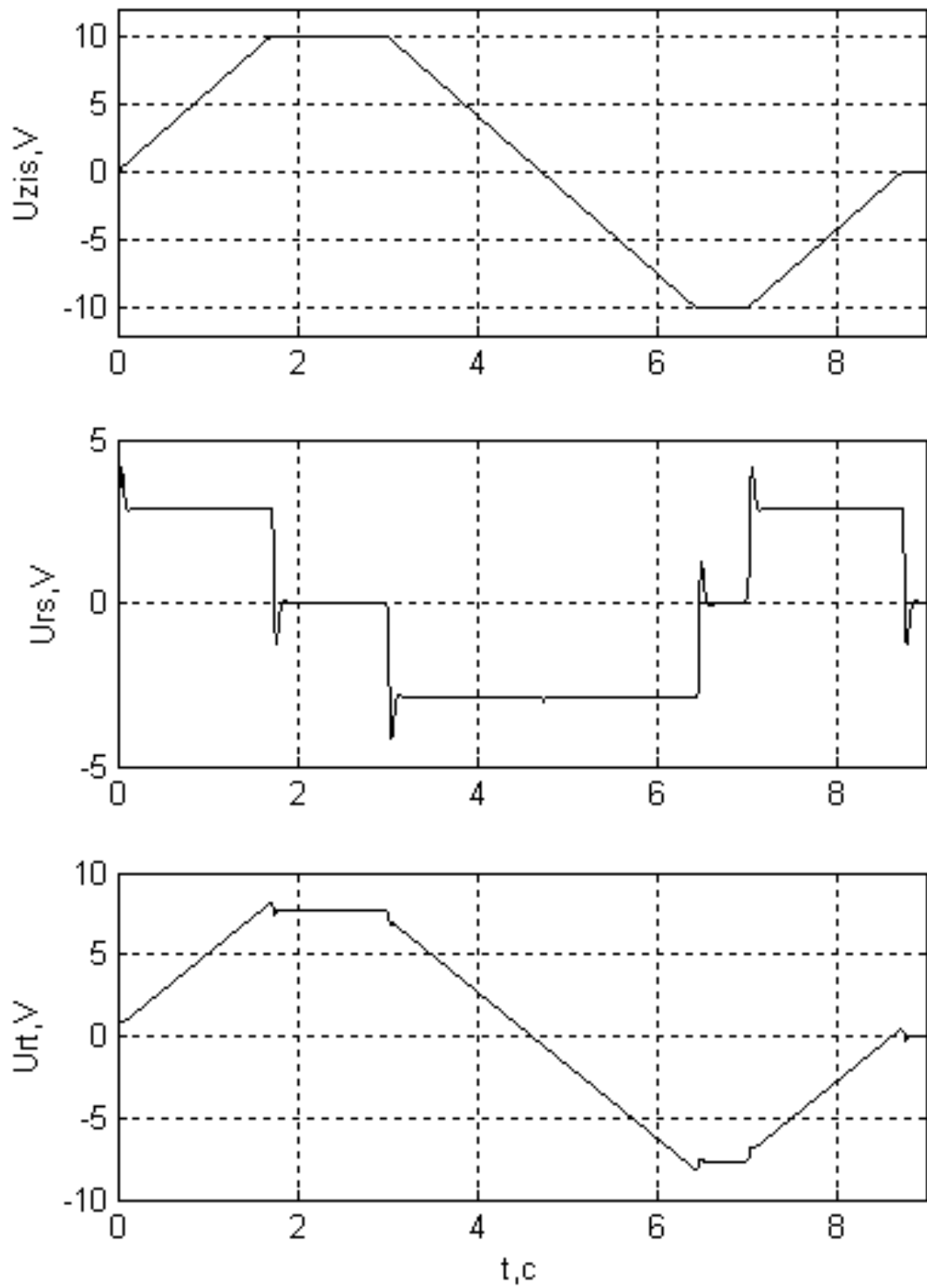


Рисунок 5.6 - Перехідні процеси на виході регуляторів і ЗІС при розгоні, реверсі та гальмуванні на холостому ході

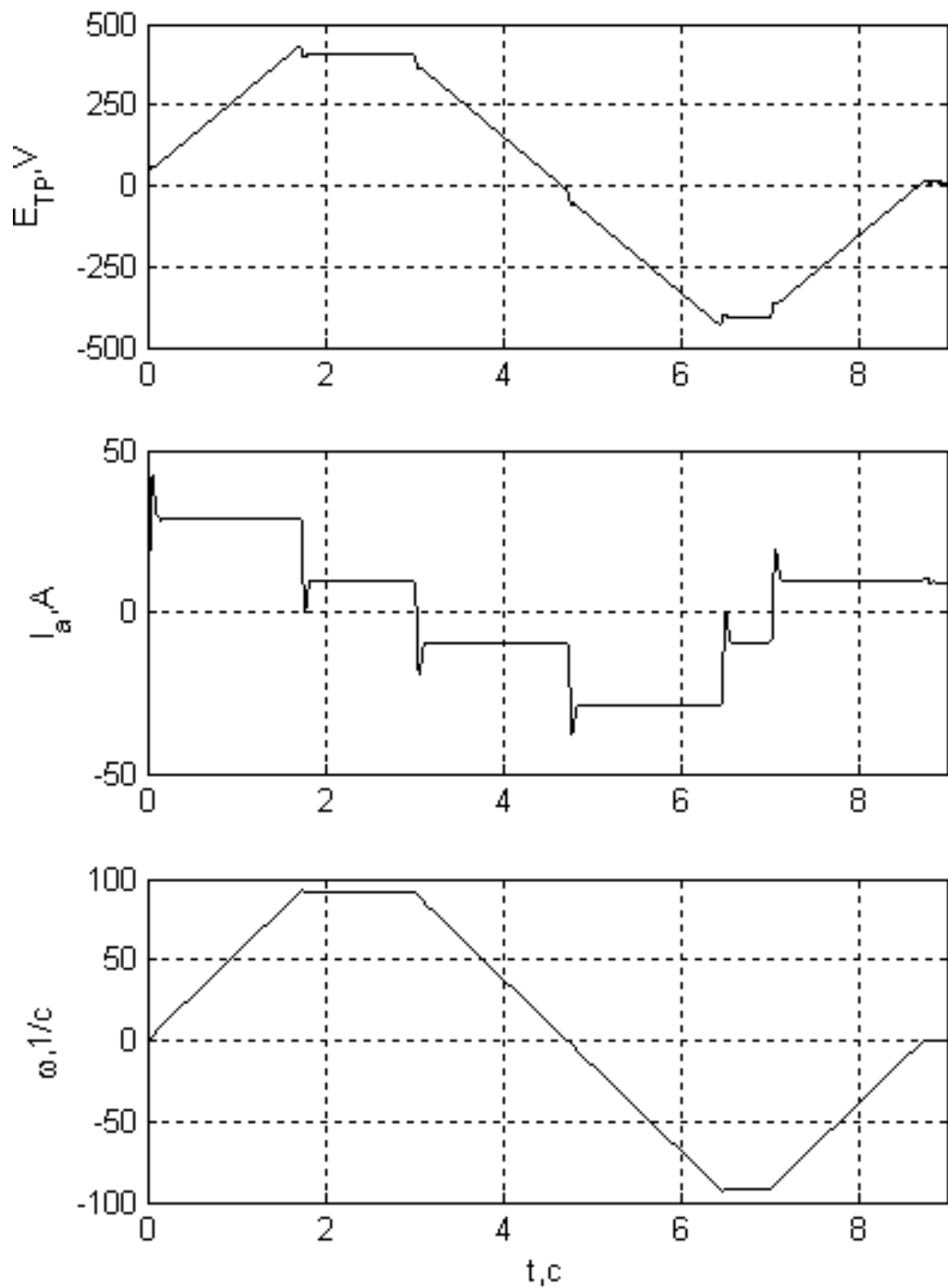


Рисунок 5.7 - Перехідні процеси швидкості і струму двигуна і ЕРС перетворювача при розгоні, реверсі та гальмуванні під навантаженням

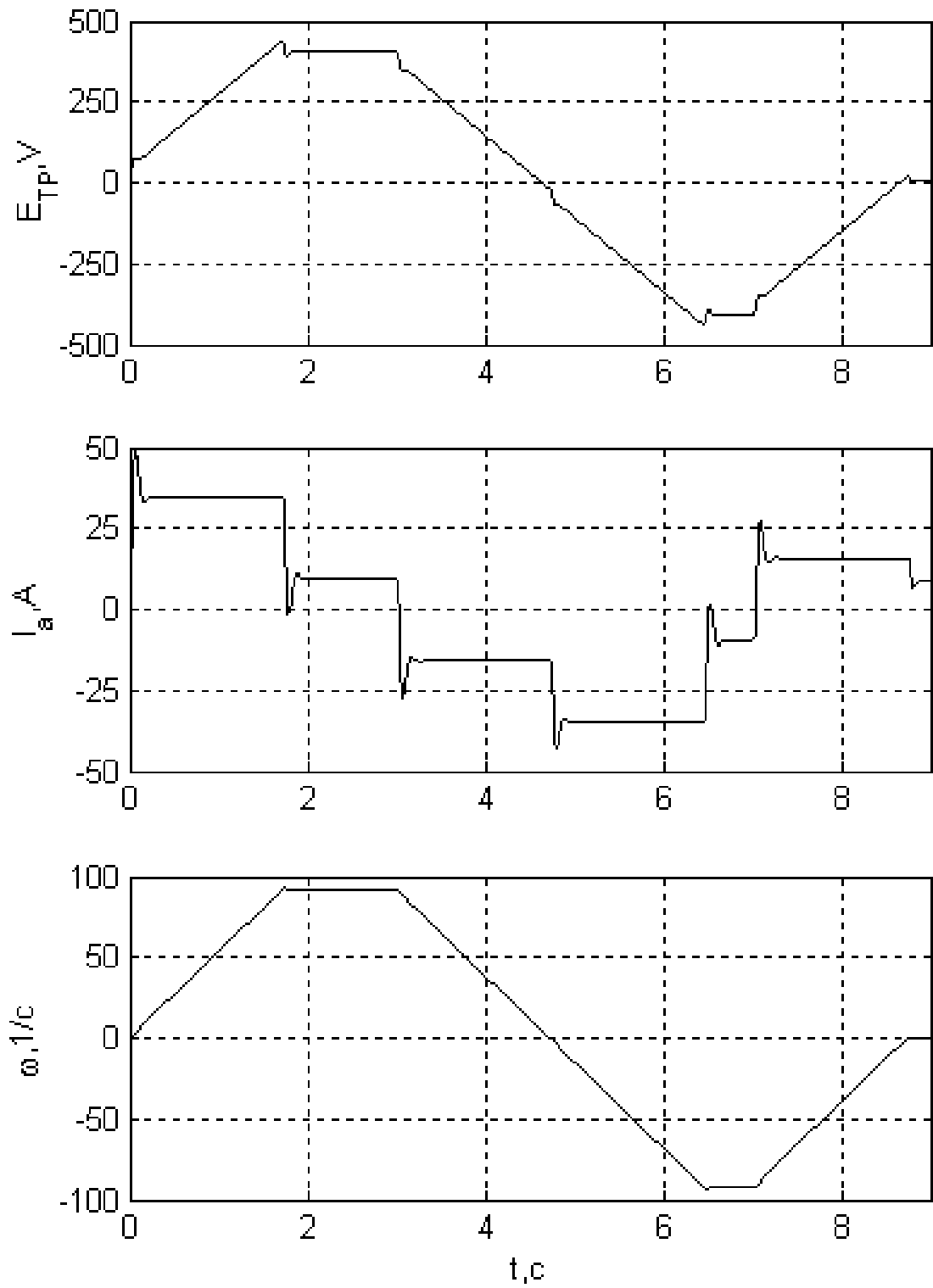


Рисунок 5.8 - Перехідні процеси швидкості і струму двигуна і ЕРС перетворювача при розгоні і $1,3 \cdot J_{\Sigma}$

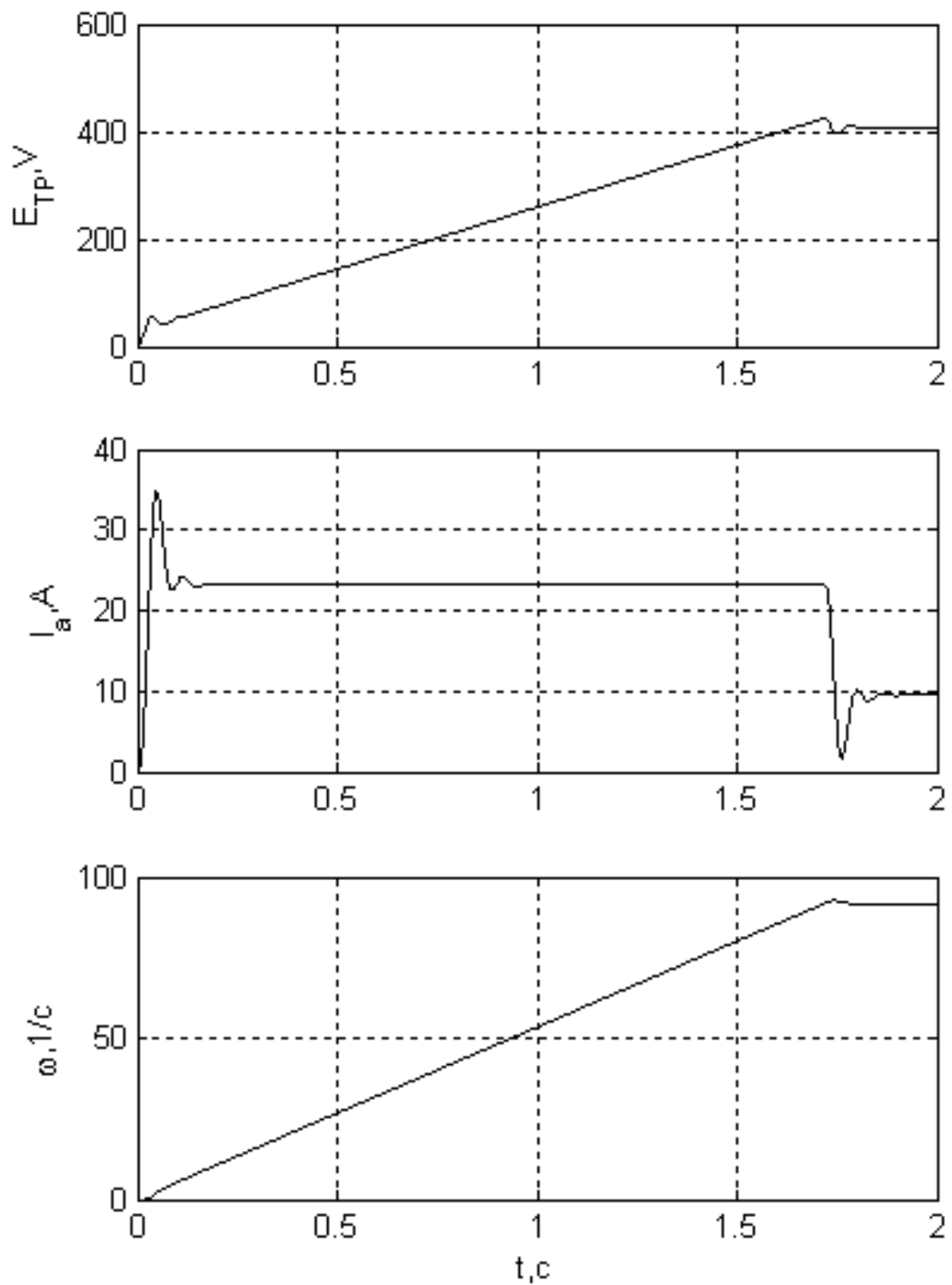


Рисунок 5.9 - Перехідні процеси швидкості і струму двигуна і ЕРС перетворювача при розгоні і $0,7 \cdot J_{\Sigma}$

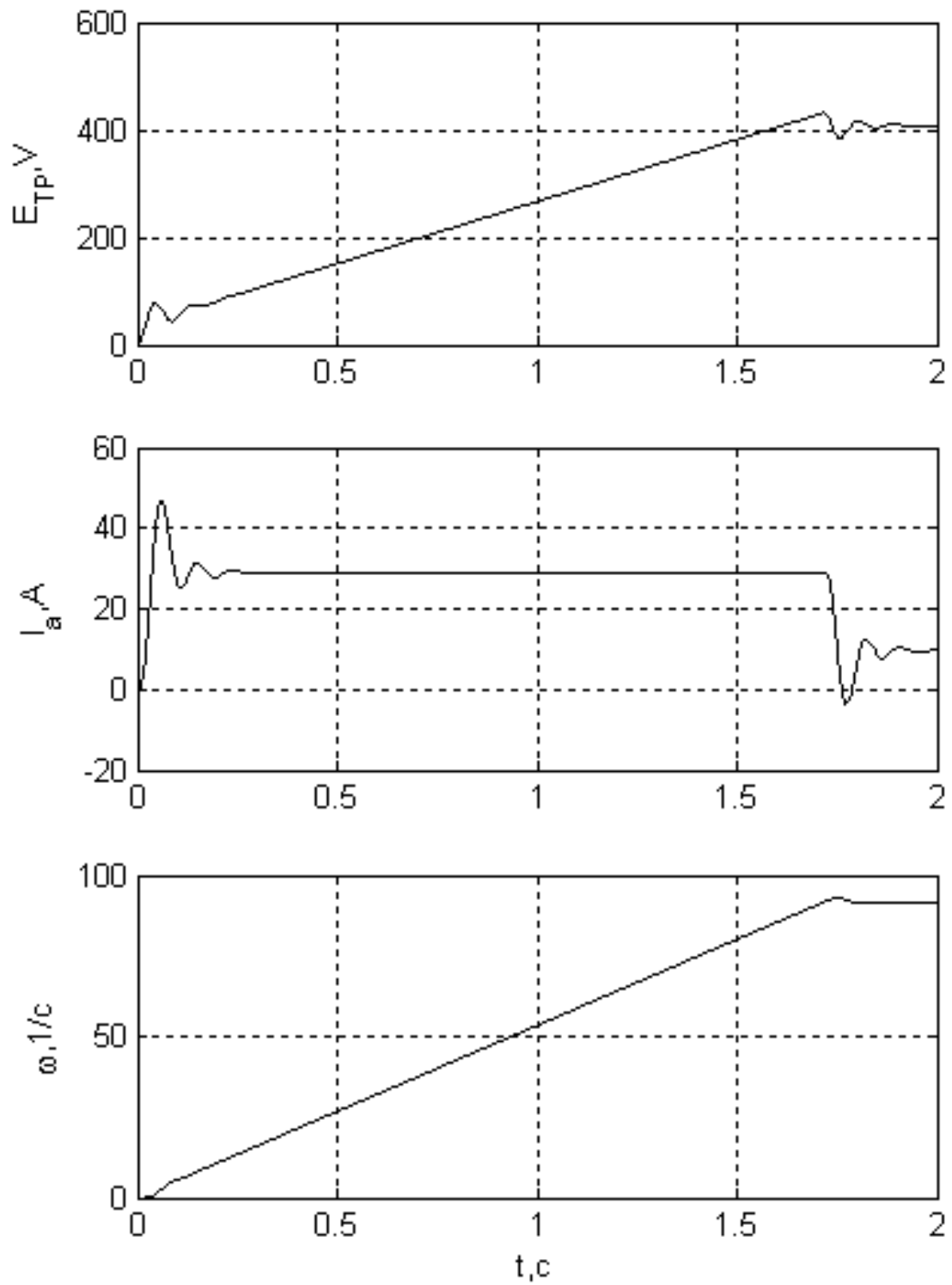


Рисунок 5.10 - Перехідні процеси швидкості і струму двигуна і ЕРС перетворювача при розгоні і $1,5 \cdot T_D$

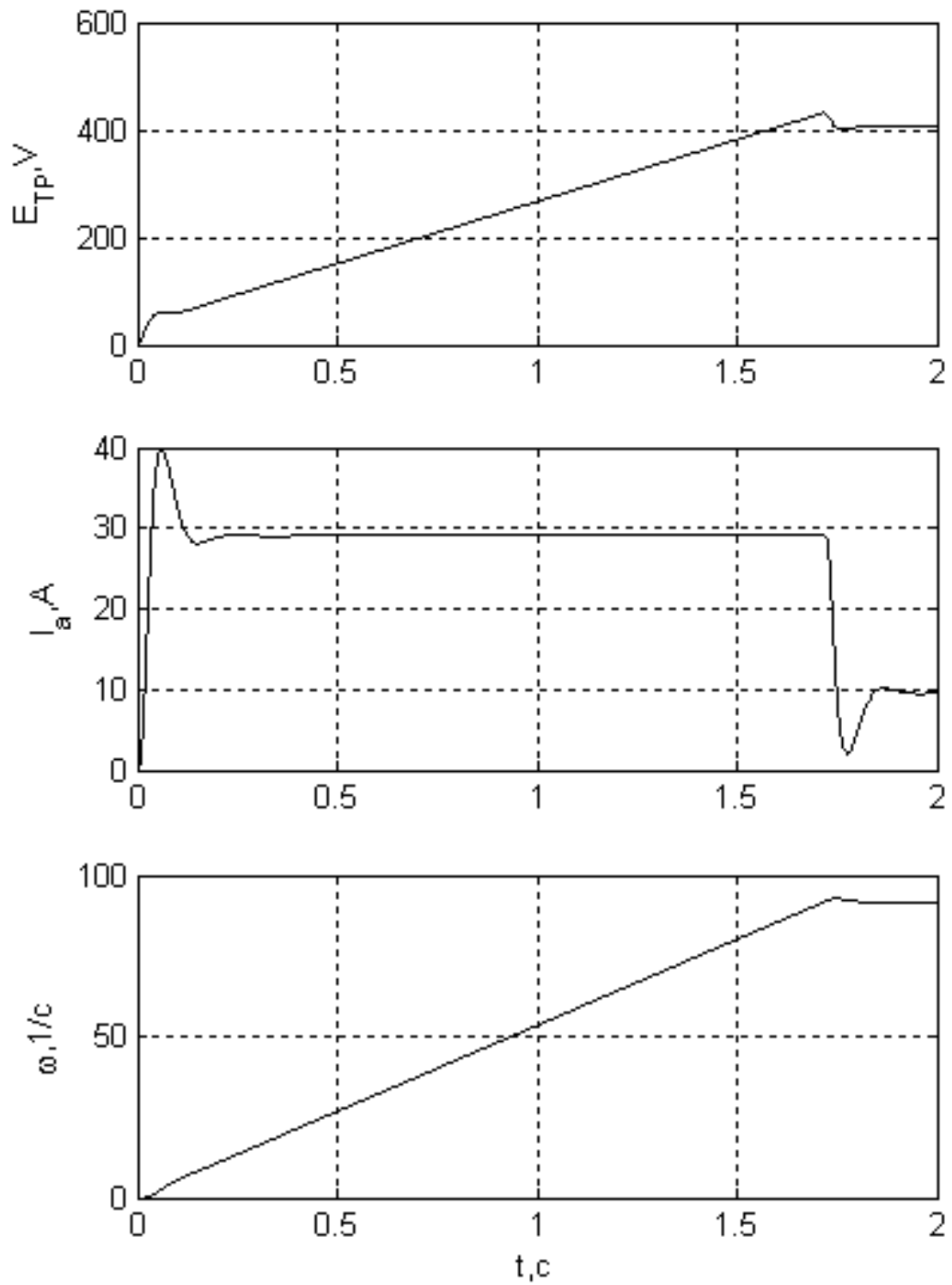


Рисунок 5.11 - Перехідні процеси швидкості і струму двигуна і ЕРС перетворювача при розгоні і $0,7 \cdot T_D$

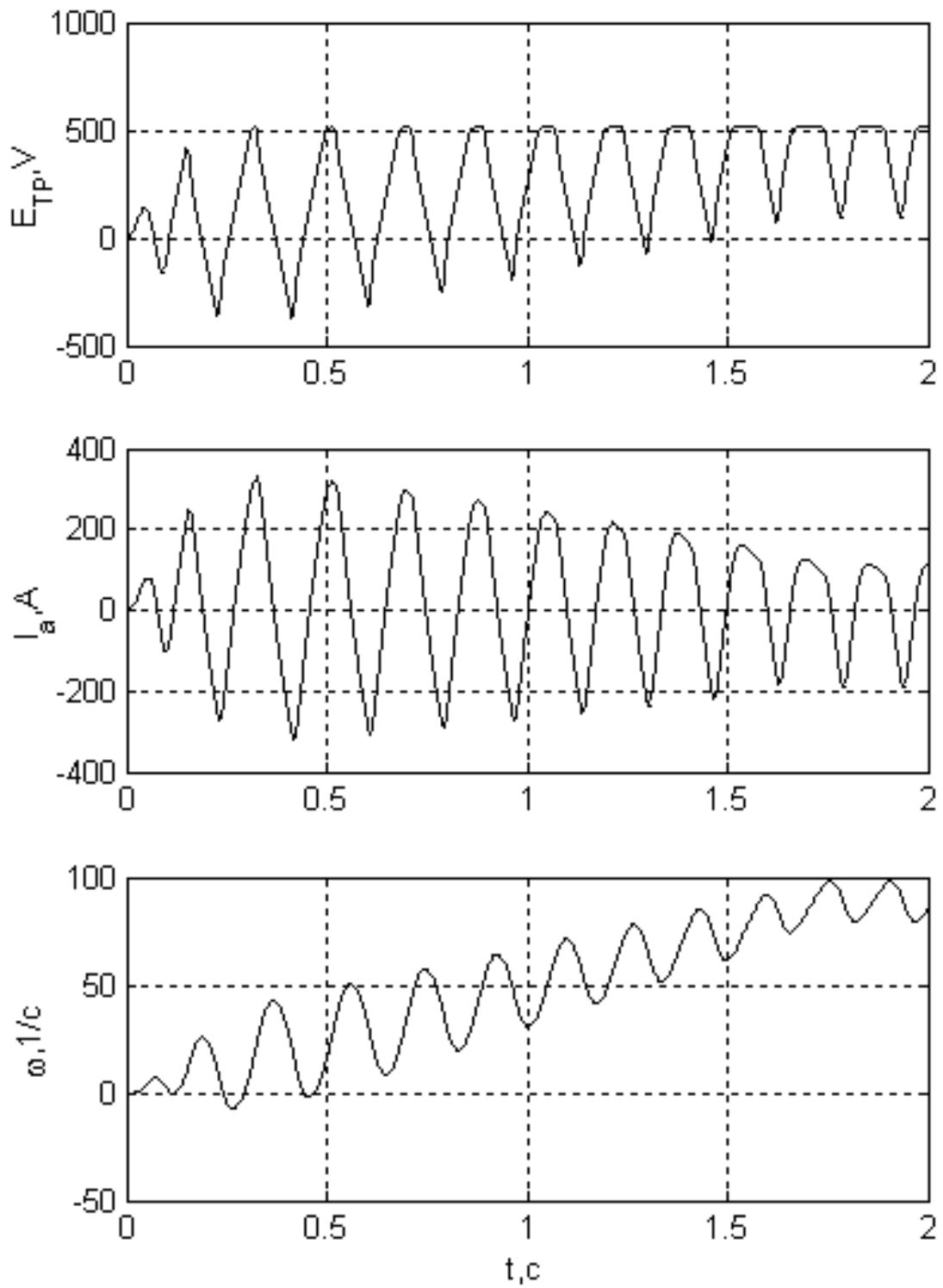


Рисунок 5.12 - Перехідні процеси при обриві зворотного зв'язку за струмом

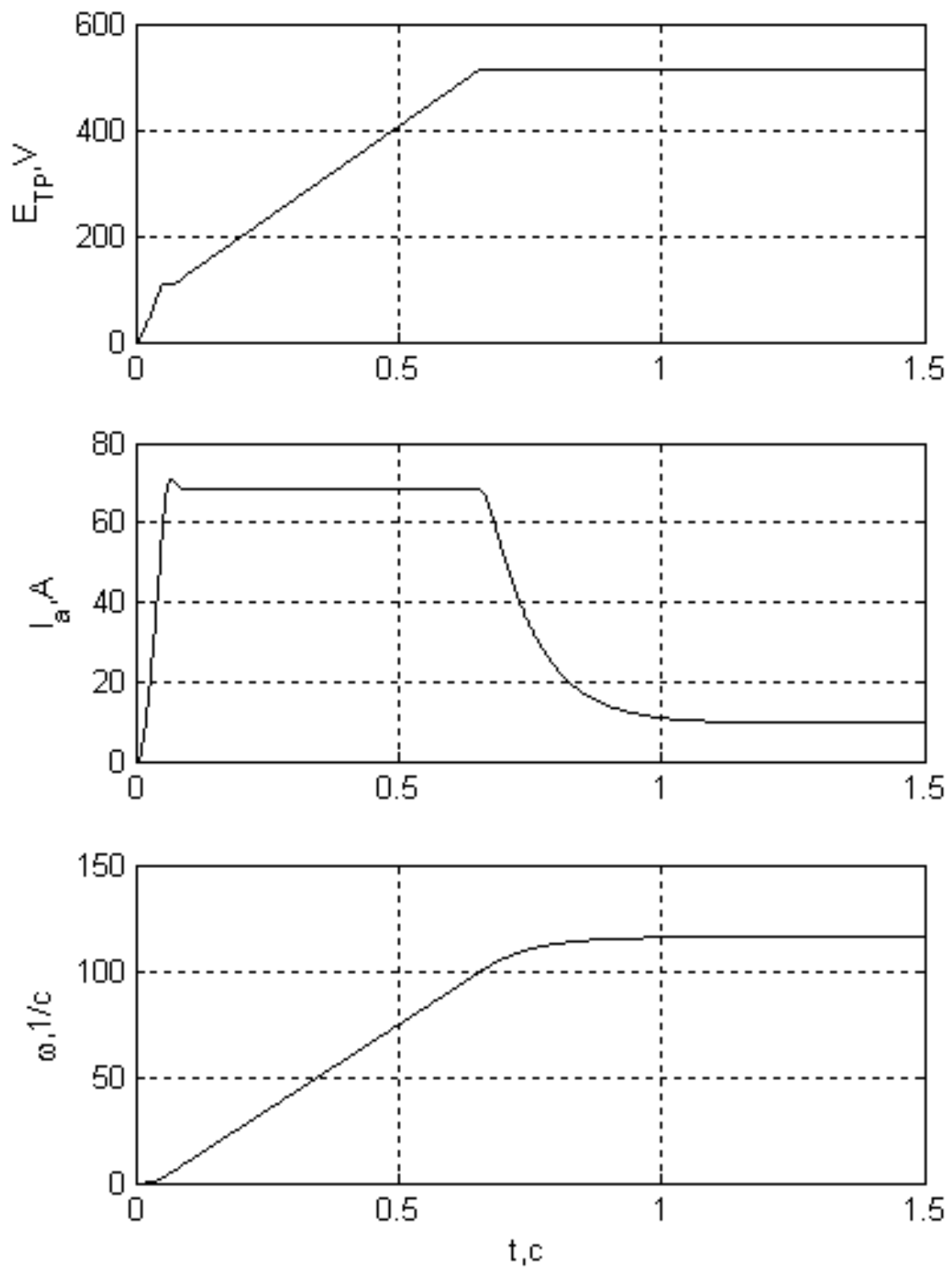


Рисунок 5.13 - Перехідні процеси при обриві зворотного зв'язку за швидкістю

6 ОХОРОНА ПРАЦІ

6.1 Загальні положення

Дана Типова інструкція розроблена на основі НПАОП 0.00-1.03-02 «Правил будови і безпечної експлуатації вантажопідіймальних кранів» (Далі - Правила), затверджених наказом Міністерства праці та соціальної політики України від 20.08.2002 № 409 [17]. Документ поширюється на всі підприємства, організації України незалежно від їх відомчої (галузевої) належності та громадян, які є власниками кранів, визначає загальні права та обов'язки кранівників кранів мостового типу, а також встановлює порядок безпечного проведення робіт з переміщення вантажів кранами.

Дана Типова інструкція визначає вимоги до кранівникам кранів мостового типу (мостових, козлових, напівкозлових) незалежно від виду застосовуваних на них вантажозахоплювальних органів (Крюкова, грейферних, магнітних, мульдо-магнітних, мульдо-грейферних, мульдо-завалювальних, штирьових і інших).

Для управління та обслуговування зазначених кранів власник зобов'язаний призначити кранівників, які мають посвідчення на право керування краном даного типу. При знаходженні крана у приватній власності обов'язки кранівника може виконувати власник за умови, що він пройшов навчання та атестацію як кранівник у порядку, встановленому Правилами.

Для стропування або підвішування вантажу на гак крана призначаються стропальники. Як стропальники можуть допускатися й інші робітники (такелажники, монтажники тощо), пройшли навчання за професією, кваліфікаційною характеристикою якої передбачено виконання робіт зі стропування вантажу.

При знаходженні крана у приватній власності, обов'язки стропальника може виконувати власник за умови, що він пройшов навчання та атестацію як стропальник у порядку, встановленому Правилами.

При роботі двох і більше стропальників один з них призначається

старшим.

У випадках, коли зона, що обслуговується краном, в повному обсязі оглядається з кабіни кранівника і відсутній радіо - або телефонний зв'язок між кранівником і стропальником для передавання сигналів стропальника кранівнику, особою, відповідальною за безпечне проведення робіт з переміщення вантажів кранами, призначається сигнальник.

Для виконання обов'язків кранівника можуть бути призначені робітники, які досягли 18 років. Перед призначенням на роботу вони повинні пройти медичний огляд з метою визначення відповідності їх фізичного стану вимогам, що ставляться до цих професій.

Під час роботи кранівник повинен мати при собі посвідчення на право керування краном.

Допуск до роботи кранівників оформляється наказом по цеху (дільниці) або підприємству. Допуск кранівників до обслуговування і ремонту електроустаткування крана може здійснюватися лише з дозволу головного енергетика підприємства в порядку, встановленому Правилами технічної експлуатації електроустановок споживачів.

При знаходженні крана у приватній власності та його обслуговуванні за договором організацією або підприємством, які мають відповідний дозвіл органів Держнаглядохоронпраці, порядок допуску до роботи кранівників визначається договором між власником крана і підприємством, що обслуговує кран (крани).

Перед допуском до роботи керівництво підприємства зобов'язане перевірити у кранівників знання інструкції заводу-виготовлювача з монтажу та експлуатації крана, на якому вони допускаються працювати, і вручити їм під розписку виробничу інструкцію. Крім того, кранівнику повинні бути видані або вивішені у місцях виконання робіт краном графічні зображення (схеми) стропування, обв'язування або зачіплювання вантажів.

Кранівники і їх помічники після перерви в роботі за спеціальністю більше одного року проходять перевірку знань в комісії підприємства і в разі

задовільних результатів допускаються до стажування для відновлення необхідних навичок.

Якщо кран знаходиться в приватній власності й обов'язки кранівника виконує власник, то після перерви в роботі більше одного року він проходить перевірку знань за договором на підприємстві, яке має комісію з атестації кранівників, або в комісії органу Держнаглядохоронпраці. При задовільних результатах перевірки він допускається до стажування за договором на вказаному вище або іншому підприємстві, що має крани такого ж типу і моделі.

Повторна перевірка знань кранівників комісією підприємства проводиться:

Періодично, не рідше одного разу в 12 місяців.

У разі переходу з одного підприємства на інше.

На вимогу інспектора органів Держнаглядохоронпраці (далі - інспектор) або інженерно-технічного працівника, який здійснює нагляд за утриманням та безпечною експлуатацією вантажопідіймальних кранів (далі - ІТП по нагляду).

Повторні перевірки знань проводяться в обсязі даної Типової інструкції та інструкції заводу-виготовлювача з монтажу та експлуатації крана.

Кранівник контролює роботу стропальника (зачіплювача) і відповідає за дії учня, який проходить у нього стажування, а також за порушення ним вимог, викладених у цій Типової інструкції.

Адміністрація підприємства або цеху зобов'язана надати час, необхідний для огляду крана до початку його роботи.

6.2 Обов'язки кранівника перед пуском крана в роботу

Перед початком роботи кранівник повинен:

Ознайомитися зі станом крана за записами у вахтовому журналі, а при прийманні крана, що знаходився до цього в роботі, з'ясувати стан крана у кранівника, який здає зміну.

Оглянути механізми крана, гальма, ходову частину, буферні пристрої і їх кріплення.

Перевірити наявність і справність огорожень механізмів, перехідних майданчиків і галерей.

Перевірити мащення передач, підшипників і канатів, стан мастильних пристосувань і сальників.

Перевірити стан канатів та їх кріплення на барабані, а також укладку канатів у струмках блоків і барабанів.

Оглянути гак і його кріплення в обоймі, ланцюги і кільця підвіски вантажопідйомного магніту (на магнітних кранах) та інші змінні вантажозахоплювальні органи.

Провести зовнішній огляд (без зняття кожухів і розбирання) електричних апаратів (рубильників, контакторів, контролерів, пускових опорів, гальмових електромагнітів, кінцевих вимикачів, командоконтролерів, магнітних контролерів і кабелів, якщо кран живиться від мережі за допомогою кабелю).

Перевірити наявність і справність робочого та ремонтного освітлення шляхом включення світильників, а також звукового сигнального пристрою.

Перевірити наявність діелектричних килимків та рукавичок і переконатися в їх придатності (відсутність проколів, поривів і інше).

Переконатися у відсутності на крані сторонніх предметів, що можуть при русі крана впасти вниз.

Переконатися у відсутності на крані і на кранових коліях ремонтного персоналу або сторонніх осіб.

Кранівник зобов'язаний разом зі стропальником (зачіплювачів) перевірити справність знімних вантажозахоплювальних пристроїв і тари та наявність на них бірок або клейм.

Огляд крана, який працював в попередній зміні, проводиться разом з кранівником, який здає зміну.

Кран оглядається лише при непрацюючих механізмах і вимкненому рубильнику в кабіні кранівника, гнучкий кабель - при вимкненому рубильнику, що подає напругу на кабель.

При огляді крана в разі недостатності освітлення необхідно

використовувати лампою напругою не вище 42 В.

Після огляду, перед пуском крана в роботу, необхідно все його механізми випробувати на холостому ході і зробити про це запис у вахтовому журналі.

При виявленні несправностей, що заважають безпечній роботі крана, кранівник, не приступаючи до роботи, повинен зробити відповідний запис у вахтовому журналі і доповісти про це особу, відповідальну за утримання вантажопідіймальних кранів в справному стані, і особи, відповідальної за безпечне проведення робіт з переміщення вантажів кранами .

Робота крана забороняється за наявності таких несправностей:

Тріщин і деформацій металоконструкції крана.

Тріщин в елементах змінних вантажозахоплювальних органів (гаку, траверсі і інших), якщо відсутні шплінти, затискачі або ослаблені елементи кріплення канатів.

Крюк не обертається в обоймі; гайка, що кріпить гак, не має пристрою, що запобігає її самовідгвинчування.

Вантажний канат має обірвану пасмо, місцеве пошкодження або спрацювання, що перевищує встановлену норму (дані по бракуванню канатів наведені в пріл.10 до Правил).

Деталі гальм механізмів підйому вантажу мають пошкодження.

Відсутня огорожа механізмів і голих струмоведучих частин електроустаткування.

Ненадійно закріплені редуктори, гальмівні шківи, підшипники, електродвигуни та інше устаткування крана.

Корпуси контролерів та іншого електрообладнання, а також металоконструкція крана перебувають під напругою.

Тролеї, розташовані на мосту крана, стикаються між собою або з металоконструкціями крана; струмозйомники стикаються з суміжними тролеями; гнучкі тролі сильно провисають; ізоляція електропроводки пошкоджена; заземлюючі провідники обірвані.

6.3 Обов'язки кранівника під час роботи крана

Кранівник повинен входити на кран і сходити з нього тільки через посадочний майданчик.

Входити на крани, у яких передбачений безпосередній вхід в кабінку, або на настил галереї без посадочного майданчика (козлові крани), а також сходити з них дозволяється лише в спеціально відведених для цього місцях.

Перед виходом на настил галереї кранівник повинен вимкнути рубильник у кабінці й повісити на нього плакат з написом "Не вмикати. Працюють люди". На кранах, у яких рейки візка розташовані на рівні настилу, кранівник перед виходом на галерею повинен встановити візок посередині моста, за винятком випадків, коли він виходить для огляду самого візка; в таких випадках слід встановити візок у безпосередній близькості від виходу на настил.

Під час роботи крана кранівник повинен стежити за тим, щоб робоче місце під краном було освітлено.

Під час роботи крана кранівнику і його помічнику забороняється відволікатися від своїх обов'язків, а також чистити і змащувати механізми.

При обслуговуванні крана двома особами - кранівником і його помічником - жоден з них не має права відлучатися з крана, не попередивши про це один одного.

Перед включенням механізмів крана кранівник повинен подати попереджувальний звуковий сигнал. Ця вимога має виконуватися також і тоді, коли в роботі крана була перерва.

Кранівник повинен зупинити кран за сигналом "Стоп", незалежно від того, ким він подається.

Під час вимушеної зупинки мостового крана не біля посадочного майданчика і за відсутності вздовж кранової колії прохідної галереї спуск кранівника з крана повинен бути організований за його сигналом адміністрацією цеху і проводитися відповідно до порядку, встановленого для даного цеху.

Кранівник може почати роботу на крані після його ремонту лише з

дозволу особи, відповідальної за утримання вантажопідіймального крана в справному стані. Цей дозвіл має бути записаний у вахтовому журналі.

Кранівнику забороняється:

Виконувати самостійно ремонт крана, його механізмів або електроустаткування, огляд і ремонт головних тролей і струмознімачів, а також заміну запобіжників (плавких вставок).

Виконувати огляд і очищення крана при ввімкненому рубильнику в кабіні кранівника.

Включати рубильник і керувати механізмами крана при перебуванні на його галереї людей; виключення допускаються для слюсарів і електромонтерів при огляді ними механізмів крана; в цьому випадку кранівник виконує команди лише особи, яка проводить огляд, і може включити рубильник і механізми крана за його командою, якщо він знаходиться в зоні видимості кранівника.

Залишати на настилі галереї або на візку крана інструмент, а також незакріплене устаткування або деталі.

Скидати будь-з крана вниз.

Входити на кран і сходити з нього під час його руху.

Виходити на кранові колії, перелазити з одного крана на інший, а також переходити з однієї галереї моста на іншу через візок.

Виробляти заклинювання контакторів, виводити з дії гальма, кінцеві вимикачі, блокувальні контакти і електричний захист.

Перш ніж здійснити будь-який рух краном, кранівник повинен переконатися, що в зоні дії крана відсутні сторонні люди, а його помічник і стажист перебувають в безпечному місці.

Перед виконанням кожної операції, а також при знаходженні людей на шляху руху вантажу кранівник повинен подавати попереджувальний звуковий сигнал; якщо люди не відходять з шляху переміщення вантажу, то кранівник повинен припинити рух.

Включення механізмів крана кранівник повинен виконувати тільки за сигналами стропальника; якщо останній дає неправильний сигнал, то кранівник

не повинен його виконувати; за пошкодження і травми, завдані краном через подачу неправильно поданого сигналу, несуть відповідальність як кранівник, так і стропальник, який подав неправильний сигнал.

На кранах з двома і більше механізмами підймання які не використовуються в роботі гаки повинні бути звільнені від знімних вантажозахоплювальних пристроїв і підняті у верхнє положення.

Чи не дозволяється одночасно проводити краном більше двох операцій, наприклад, пересувати кран і візок, а також виробляти підйом вантажу. Виняток допускається тільки для спеціальних кранів: завалювальних, посадочних та інших, а також в разі необхідності запобігти аварії або нещасному випадку.

Перед підйомом вантажу кранівник повинен переконатися, що вантажні канати крана перебувають у вертикальному положенні і що вантаж, що піднімається не може під час підймання за що-небудь зачепитися.

При підйомі вантажів, вага яких близький до граничної вантажопідйомності крана, кранівник повинен попередньо підняти вантаж на висоту 200-300 мм і переконатися в надійності дії гальма, а також правильності стропування вантажу.

При підйомі вантажу кранівник повинен стежити за тим, щоб вантаж, що піднімається не вперся в нижні пояси ферми крана.

При переміщенні вантажу в горизонтальному напрямку кранівник повинен попередньо підняти його не менше ніж на 0,5 м вище що зустрічаються на шляху і стежити, щоб під піднятим або вантажем, що переміщується не було людей.

Опускати переміщуваний краном вантаж дозволяється лише на призначене для цього місце, що виключає можливість падіння, перевертання або сповзання встановлюваного вантажу.

При навантаженні або розвантаженні залізничних вагонів, кранівник повинен попередньо переконатися у відсутності в них людей.

Гак підйимального механізму необхідно встановлювати точно над вантажем, що підлягає підйому.

При роботі поблизу колони, штабеля вантажу, залізничного вагона та інших місцях кранівник повинен попередньо переконатися у відсутності стропальника та інших осіб між підіймається, переміщується або опускається, і цими предметами, а також в тому, що вантаж не зачепить за колону, штабель вантажу і інше .

Перед підйомом вантажу з колодязя або котловану, а також перед опусканням вантажу в них кранівник повинен попередньо переконатися, опустивши порожній (ненавантажений) гак, в тому, що при його нижчому положенні на барабані лебідки залишається не менше ніж 1,5 витка каната, не враховуючи витків, що знаходяться під затискним пристроєм.

При установці на одному крановому шляху декількох кранів кранівник з метою уникнення їх зіткнень повинен стежити за тим, щоб відстань між габаритами кранів або габаритами вантажів, що піднімаються було не менше 1 м.

При двохярусному розташуванні кранів кранівники не повинні допускати, щоб нижній кран міг наїхати на опущений вантажний канат верхнього крана.

При підйомі і переміщенні вантажу кранівнику забороняється:

Піднімати вантаж, вага якого перевищує вантажопідйомність крана; якщо вага вантажу не відомий, то кранівник повинен отримати ці відомості від особи, відповідальної за безпечне проведення робіт з переміщення вантажів кранами.

Штовхати краном сусідній кран.

Користуватися кінцевими вимикачами як робочі органи для автоматичної зупинки механізмів.

Відривати гаком або грейфером вантажі, засипані землею, закладені іншими вантажами, прикріплені болтами, залиті бетоном, а також вантажі, що примерзли до землі.

Звільняти краном защемлені вантажем знімні вантажозахоплювальні пристрої.

Розгойдувати вантажі (опоки, виливниці та інші) або стрімко їх опускати і ударяти з метою вибивання залишилися в них землі, металу та іншого, якщо

кран на таку роботу не розрахований.

Піднімати вантаж, що знаходиться в нестійкому положенні, або підвішений за один риг дворого гака, а також в тарі, заповненій вище її бортів або вище встановленої позначки заповнення. Підтягувати вантаж по землі, підлозі або по рейках гаком крана при косому натягу каната, а також підтягувати гаком залізничні вагони, платформи, вагонетки і т.д. без застосування спеціальних напрямних блоків, які забезпечують вертикальне положення вантажного каната. Допускати до стропування і зачіплювання вантажу осіб, які не мають посвідчення стропальника або зачіплювача, а також застосовувати вантажозахоплювальні пристрої без клейма або бирки. Укладати вантаж на електричні кабелі та трубопроводи, а також на краю укосу чи канави, якщо при цьому він може сповзти або перевернутися. Піднімати вантаж з розташованими на ньому людьми, а також вантаж, що підтримується руками. Допускати на кран і передавати керування краном стороннім особам, допускати до самостійного керування краном учнів та стажистів без спостереження за ними. Вести навантаження і розвантаження автомашини, якщо шофер перебуває в кабіні. Переміщати вантаж над людьми. При силі вітру понад 6 балів кранівник крана, що працює на відкритому повітрі, повинен припинити роботу краном і вжити заходів щодо запобігання уgonу крана вітром відповідно до інструкції заводу-виготовлювача або інструкцією, розробленою адміністрацією підприємства.

6.4 Додаткові вимоги при роботі козлових кранів

Кранівник козлового крана повинен при його переміщенні стежити, щоб на кранових коліях не було людей або будь-яких предметів.

При виході з кабіни кранів, яка переміщається спільно зі змінним вантажозахватним органом, попередньо переконатися в тому, що остання знаходиться біля посадочного майданчика.

6.5 Обов'язки кранівника після закінчення роботи крана

Після закінчення зміни або роботи крана кранівник повинен:

Звільнити від вантажу гак або інший вантажозахоплювальний орган; залишати вантаж в підвішеному положенні не дозволяється.

Кран поставити біля посадочного майданчика або на місце, призначене для його стоянки.

Крюк підняти в верхнє положення, а підймальний електромагніт, грейфер або інший вантажозахоплювальний орган опустити на землю на відведеній для цього ділянці.

Штурвали і рукоятки усіх контролерів і командоконтролерів перевести в нульове положення і вимкнути рубильник у кабіні крана.

Оглянути кран, очистити всі його обладнання і зробити запис про стан крана у вахтовому журналі.

Кран, що працює на відкритому повітрі, надійно зміцнити за допомогою протиугінних захоплень.

При роботі крана в кілька змін кранівник має право залишити кран після закінчення свого робочого часу лише після передачі крана змінника. При невихід змінника на роботу кранівник, який закінчив зміну, може піти з крана тільки з дозволу особи, якій він підпорядкований.

Кранівник, який здав зміну, повинен повідомити своєму змінника про всі несправності в роботі крана, що спостерігалися за минулу зміну.

Коли в прольоті встановлений лише один кран, то при роботі його в одну або дві зміни кранівник після закінчення роботи крана зобов'язаний відключити головні тролєї та замкнути на замок шафу з рубильником.

6.6 Обслуговування крана

Кранівник відповідає за правильне обслуговування крана, при цьому він повинен:

Утримувати механізми та обладнання крана в чистоті і справності.

Своєчасно робити змащування всіх рухомих механізмів крана і канатів,

згідно з вказівками інструкції заводу-виготовлювача.

Мастильні і обтиральні матеріали зберігати в закритій металевій посуді. Використаний обтиральний матеріал необхідно прийняти з крана.

Стежити за тим, щоб на крані не було будь-яких незакріплених предметів, а також інструменту в місцях, не призначених для його зберігання.

Знати терміни і результати проведення слюсарями та електромонтерами профілактичних оглядів крана та його окремих механізмів і вузлів за записами в журналі періодичних оглядів.

Усунення несправності, що виникла під час роботи крана, здійснюється за заявкою кранівника. Інші види ремонту крана здійснюються в установлені адміністрацією строки.

Під час оглядів електроустаткування крана необхідно вимкнути джерело його, а рубильник в місці підключення крана у вимкненому стані повинен бути замкненим протягом всього часу огляду.

Пробний пуск крана після ремонту (планового, аварійного) кранівник зобов'язаний здійснювати лише в присутності слюсаря або електромонтера, який ремонтував кран, і приступати до роботи тільки за письмовим розпорядженням особи, відповідальної за утримання вантажопідіймального крана в справному стані.

6.7 Відповідальність кранівника

Кранівник крана мостового типу, навчений і атестований згідно з Правилами, несе особисту відповідальність за порушення вимог, викладених у цій Типовій інструкції, відповідно до чинного законодавства України.

6.8 Електробезпека при роботі з кранами

Машиністам кранів з електричним приводом присвоюється кваліфікаційна група з електробезпеки не нижче II, а допущеним до огляду і регулюванню електрообладнання не нижче III (ПТЕ). Електромонтерами та електрослюсарів, що проводить ремонт, наладку та випробування

електроустаткування і електропроводки вантажопідйомних машин, присвоюється відповідна їх знанням і навичкам кваліфікаційна група з техніки безпеки, але не нижче III (ПТЕ). Ці робітники повинні знати будову та електричну схему вантажопідйомної машини, до обслуговування якої вони допущені. Кожному робітникові, що успішно пройшов перевірку знань з електробезпеки, видається встановленої форми посвідчення із зазначенням в ньому присвоєної групи з електробезпеки (ПТЕ).

Стропальникам, робочим основних професій, допущеним до управління кранами з підлоги, присвоюється I кваліфікаційна група з техніки безпеки, що фіксується в особливому журналі. Посвідчення про перевірку знань з електробезпеки їм не видається. Правила технічної експлуатації електроустановок споживачів не поширюється на автомобільні, пневмоколісні, гусеничні і залізничні крани. У зв'язку з цим необхідність присвоєння персоналу, пов'язаного з експлуатацією таких кранів, кваліфікаційної групи з електробезпеки визначається на підставі додаткових вказівок міністерств і відомств.

СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА

Динаміка встановленого руху вантажного візка з урахуванням пружного елемента ходового колеса мостового крана

При врахуванні гнучкого підвісу вантажу ми будемо мати трьохмасову схему (рис. 4.1).

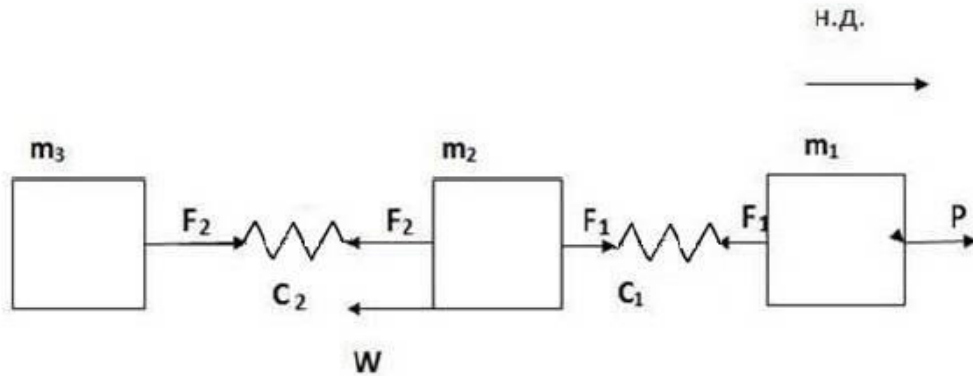


Рис. 4.1 Трьохмасова схема

де m_1 – маса частин, які обертаються (маса мотора двигуна та інших частин, в основному моторної муфти і гальмівного шківів);

m_2 – приведена маса частин, які поступально рухаються;

m_3 – маса вантажу;

C_1 – коефіцієнт жорсткості тихохідного трансмісійного валу;

C_2 – жорсткість іншого пружного зв'язку.

Привод механізму пересування вантажного візка розташований, як правило, посередині колії візка. Рух на ведучі колеса передається за допомогою трансмісійного валу. При детальному дослідженні динаміки механізму пересування можливо використовувати розрахункову схему з трьома масами і двома пружними зв'язками. Можна привести всі параметри до ходової частини візка і вантажу, тоді ми отримаємо схему поступового руху (рис. 4.1), де m_1 - маса частин, які обертаються (маса ротора двигуна і інших частин, в основному моторної муфти і гальмівного шківів), m_2 - приведена маса частин, які поступово рухаються, m_3 - маса вантажу, C_1 - коефіцієнт жорсткості тихохідного трансмісійного валу, C_2 - жорсткість другого пружного зв'язку.

Після підстановки рівнянь (4.2) у систему (4.1) отримаємо [88]

$$\begin{cases} m_1 \ddot{x}_1 = P - W - C_1 (x_1 - x_2) \\ m_2 \ddot{x}_2 = C_1 (x_1 - x_2) - C_2 (x_2 - x_3) \\ m_3 \ddot{x}_3 = C_2 (x_2 - x_3) \end{cases} \quad (4.10)$$

Після вирішення системи (4.10) отримаємо диференціальне рівняння [89]

$$\ddot{\ddot{x}}_1 + a_1 \ddot{x}_1 + a_2 x_1 = a_3, \quad (4.11)$$

де

$$a_1 = \frac{m_1}{2} \left(\frac{C_1}{m_1} + \frac{C_1 + C_2}{m_2} \right) + \frac{m_1 (C_1 + C_2)}{2m_2},$$

$$a_2 = \frac{C_1}{2} \left(\frac{2C_1}{m_1} + \frac{2C_2 + C_1}{m_2} \right),$$

$$a_3 = \frac{P - W}{2} \left(\frac{C_1 + C_2}{m_2} - \frac{C_1}{m_1} \right).$$

Рішення рівняння (4.11) будемо шукати у вигляді

$$x_1 = A_1 \sin k_1 t + A_2 \cos k_2 t + A_3 \sin k_3 t + A_4 \cos k_4 t + x_{1\text{hast}}, \quad (4.12)$$

де $x_{1\text{hast}} = \frac{a_3}{a_2},$

$$k_{1,2,3,4} = \pm \sqrt{-\frac{a_1}{2} \pm \sqrt{\frac{a_1^2}{4} - a_2}}.$$

Коефіцієнти A_1, A_2 визначаємо, використовуючи початкові умови

$$x_1(0) = 0, \dot{x}_1(0) = 0,$$

$$\ddot{x}_1(0) = 0, x_2(0) = 0.$$

Знаходимо коефіцієнти

$$A_3 = A_4 = 0,$$

$$A_1 = -\frac{a_3 k_2^2}{a_2 (k_2^2 - k_1^2)}, \quad A_2 = \frac{a_3 k_1^2}{k_2^2 - k_1^2}.$$

Після цього рівняння (4.12) приймає вид

$$x_1 = \frac{a_3}{a_2} \left[1 - \frac{1}{k_2^2 - k_1^2} (k_2^2 \cos k_1 t - k_1^2 \cos k_2 t) \right]. \quad (4.13)$$

Рівняння руху для другої і третьої мас будуть складати

$$x_2 = \frac{a_3}{a_2} \left\{ 1 + \frac{1}{k_2^2 - k_1^2} \left[k_2^2 \left(\frac{m_1 k_1^2}{C_1} - 1 \right) \cos k_1 t - k_1^2 \left(\frac{m_1 k_1^2}{C_1} - 1 \right) \cos k_2 t \right] \right\} - \frac{P - W}{C_1}. \quad (4.14)$$

$$x_3 = \frac{a_3}{a_2} \left\{ \begin{aligned} &1 - \frac{k_2^2}{k_2^2 - k_1^2} \left[\left(1 + \frac{C_1}{C_2}\right) \left(\frac{m_1 k_1^2}{C_1} - 1\right) - \frac{k_1^2 m_2}{C_2} \left(\frac{m_1 k_1^2}{C_1} - 1\right) + \frac{C_1}{C_2} \right] \cos k_1 t + \\ &+ \frac{k_1^2}{k_2^2 - k_1^2} \left[\frac{m_2 k_2^2}{C_2} \left(\frac{m_1 k_2^2}{C_1} + 1\right) - \left(1 + \frac{C_1}{C_2}\right) \left(\frac{m_1 k_2^2}{C_1} - 1\right) + \frac{C_1}{C_2} \right] \cos k_2 t \end{aligned} \right\} \left(1 + \frac{C_1}{C_2}\right) \frac{P - W}{C_1} \quad (4.15)$$

Знаходимо зусилля в пружних зв'язках [90]

$$F_1 = P - \frac{a_3 k_1^2 k_2^2}{a_2 (k_2^2 - k_1^2)} (\cos k_1 t - \cos k_2 t), \quad (4.16)$$

$$F_2 = \frac{C_1 a_3}{a_2 (k_2^2 - k_1^2)} \left\{ k_2^2 \left[\left(\frac{m_1 k_1^2}{C_1} - 1\right) \left(2 + \frac{C_1 - m_2 k_1^2}{C_2}\right) + \frac{C_1}{C_2} \right] \cos k_1 t + k_1^2 \left[\left(\frac{m_1 k_2^2}{C_1} - 1\right) \left(\frac{m_2 k_2^2 - C_1}{C_2} - 2\right) + \frac{C_1}{C_2} \right] \cos k_2 t \right\} + P - W \quad (4.17)$$

Проведемо розрахунок для мостового крану вантажопідйомністю 5 т прогоном 22,5 м, висотою підйому 8 м, режимом роботи 7 К. Результати розрахунків наведені на рисунках 4.2 – 4.11. Ряд 2,4,6,8 – штатне ходове колесо, а ряд 3,5,7,9 – ходове колесо з пружним кільцем.

Коефіцієнт динамічності штатного ходового колеса 1,65, а ходового колеса з пружною вставкою 1,1.

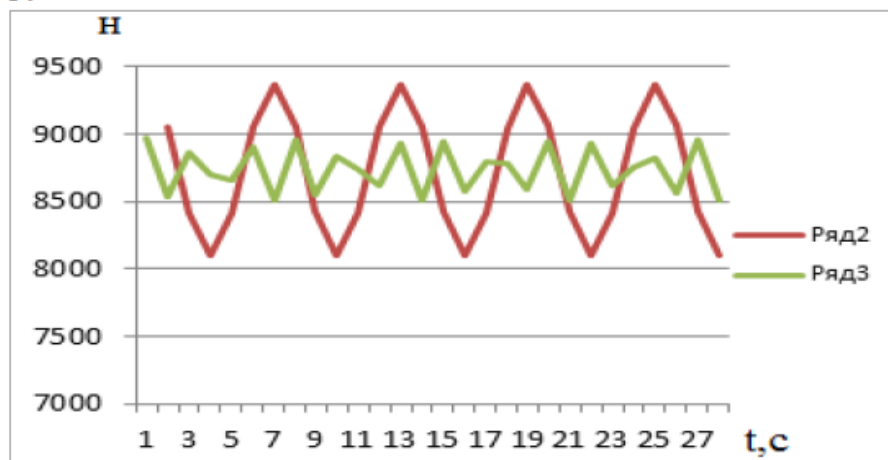


Рис. 4.2 Графіки сил F_1

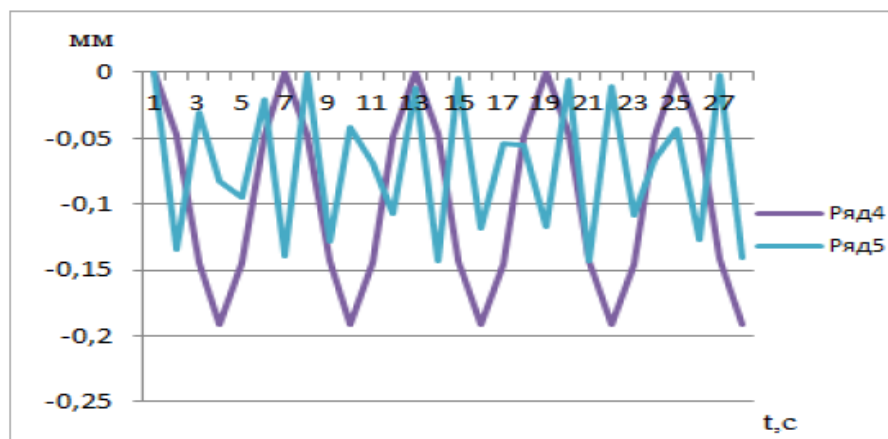
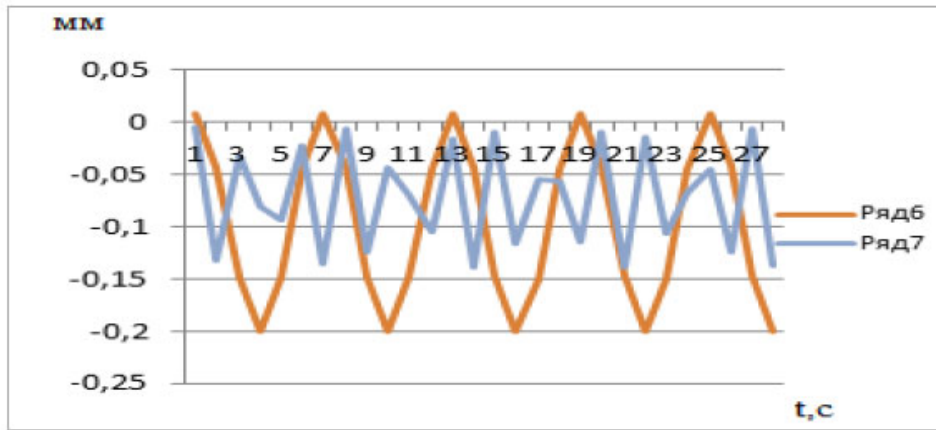
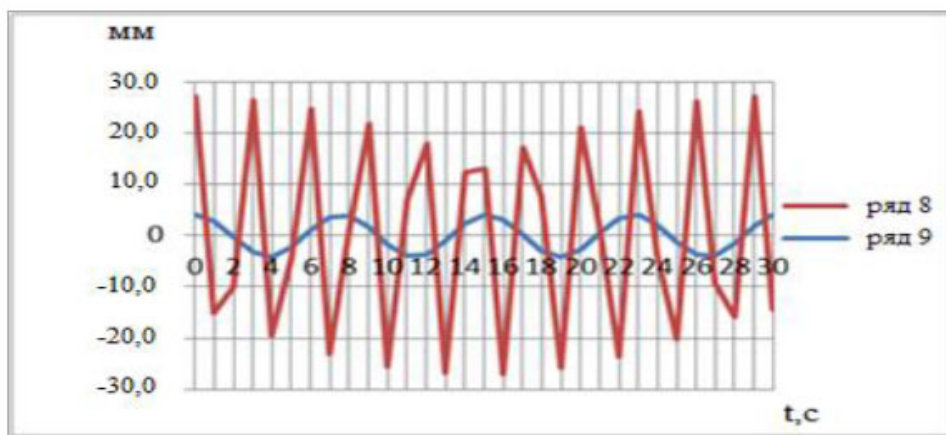
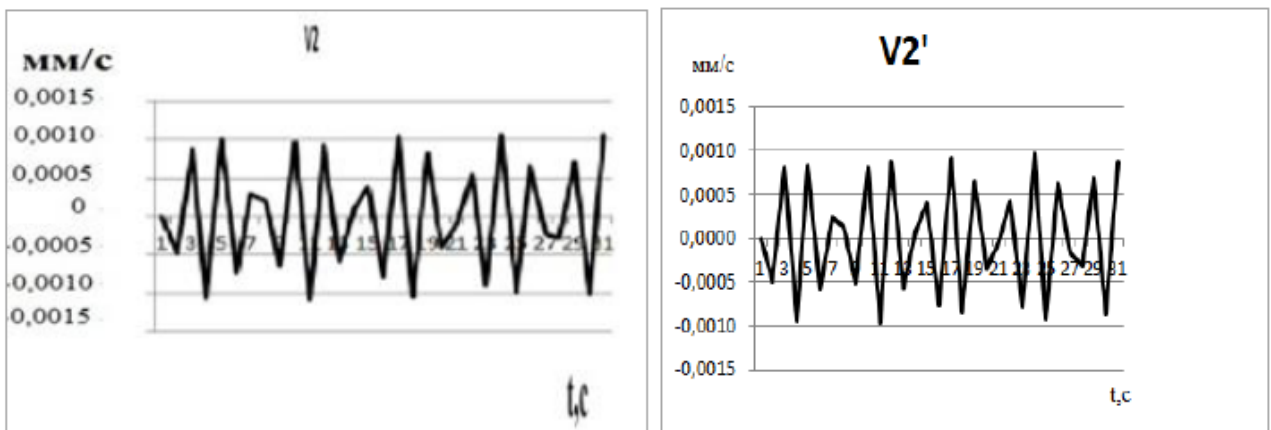


Рис. 4.3 Графік коливання x_1

Рис. 4.4 Графік коливання x_2 Рис. 4.5 Графік коливання x_3 

а

б

Рис. 4.6 Швидкість коливання металокопструкції
(а – штатне ходове колесо; б – ходове колесо з пружною вставкою)

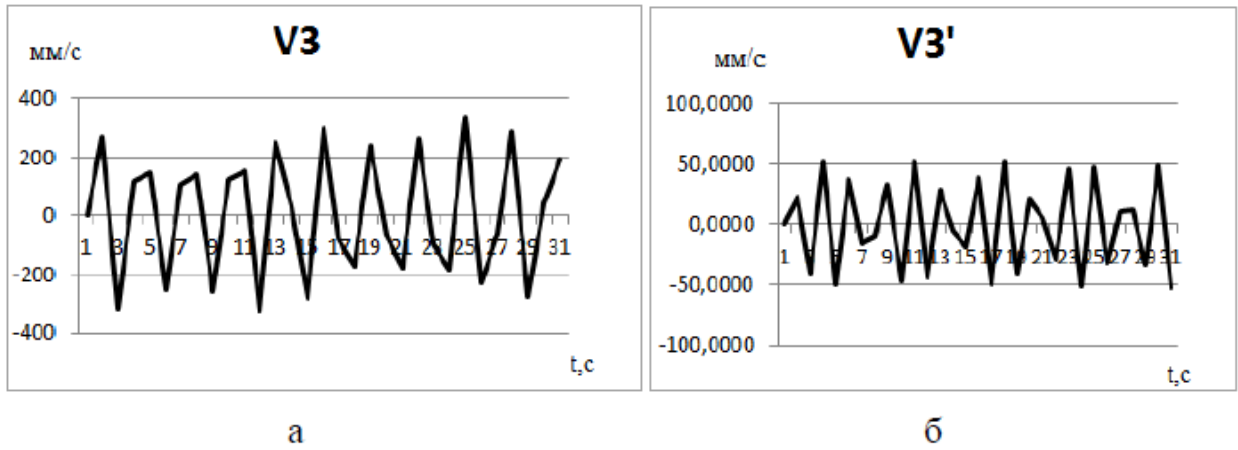


Рис. 4.7 Швидкість коливання вантажу
(а – штатне ходове колесо; б – ходове колесо з пружною вставкою)

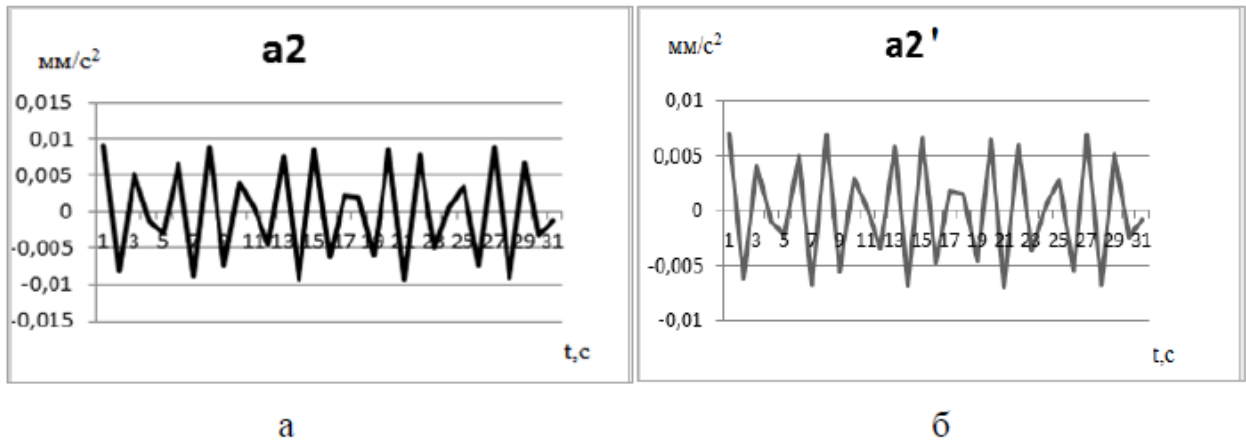


Рис. 4.8 Прискорення коливання металоконструкції
(а – штатне ходове колесо; б – ходове колесо з пружною вставкою)

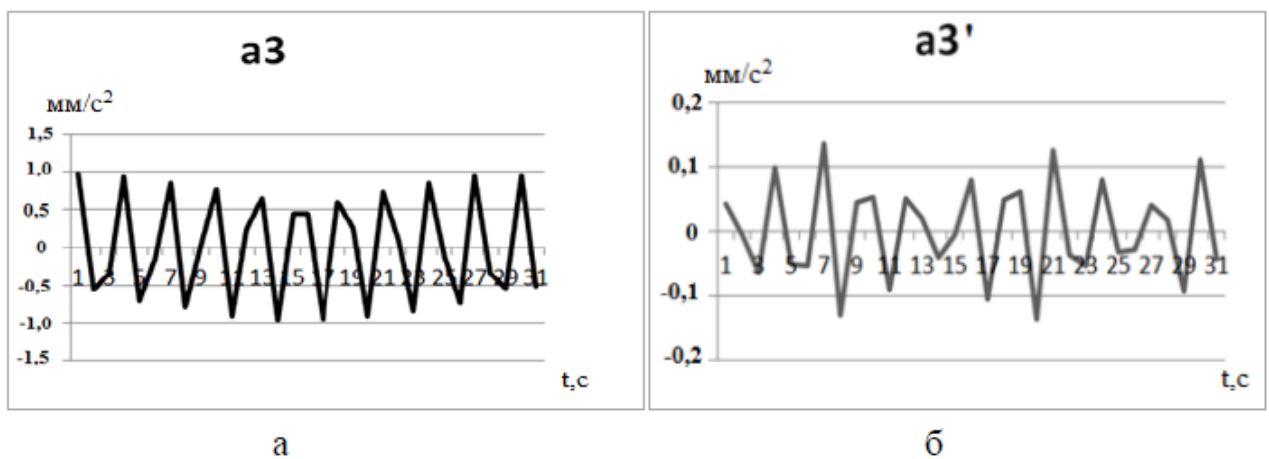


Рис. 4.9 Прискорення коливання вантажу
(а – штатне ходове колесо; б – ходове колесо з пружною вставкою)

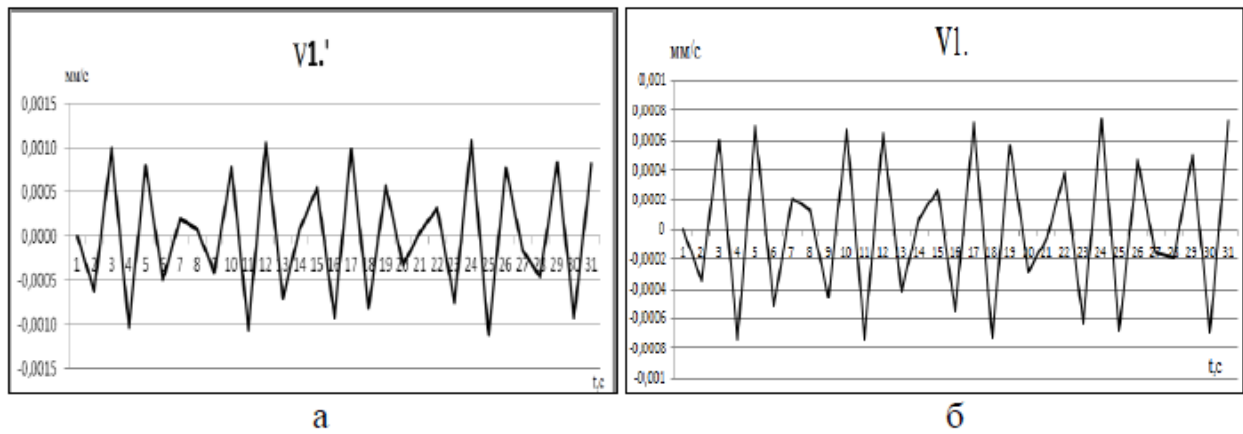


Рис. 4.10 Швидкість коливання механізму пересування вантажного візка (а – штатне ходове колесо; б - ходове колесо з пружною вставкою)

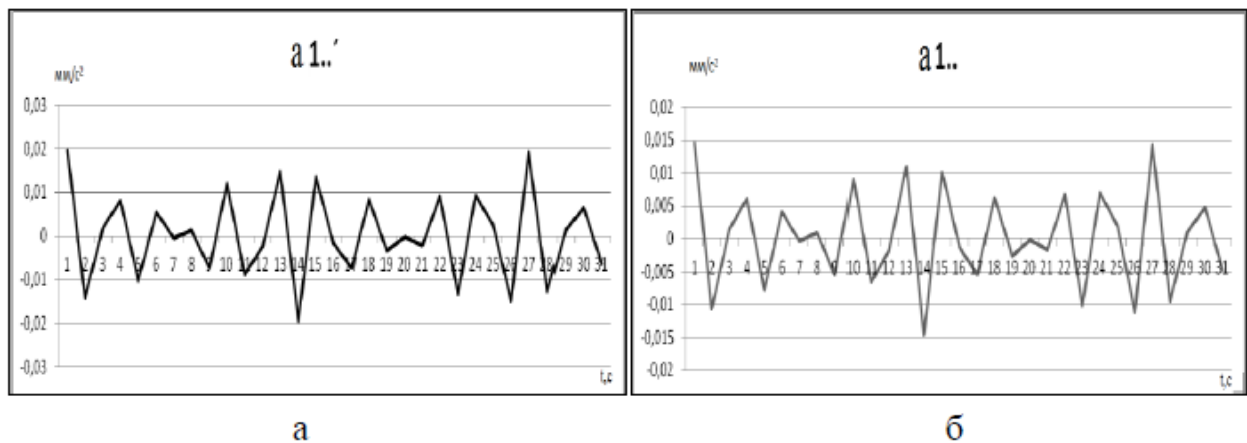


Рис. 4.11 Прискорення коливання механізму пересування вантажного візка (а – штатне ходове колесо; б - ходове колесо з пружною вставкою)

Як бачимо, при застосуванні ходових коліс з пружним кільцем на вантажному візку швидкість коливань вантажу зменшується в 4,8 рази, прискорення – в 6.0 разів, швидкість коливань металоконструкцій зменшується в 1,2 рази, прискорення в 1,43 рази. Отримані рішення трьох масової системи дає можливість точно визначати параметри динамічних складових навантажень при пересуванні ходових кранових коліс вантажних візків кранів мостового типу.

11.1 Розрахунок механізму пересування візка

11.1.1 Визначення опору пересування візка

Опір пересування візка з номінальним вантажем при встановленім режимом роботи

$$W_{ct} = (Q + G_b) \frac{fd + 2\mu}{D_k} k_p + W_{yk} + W_b,$$

де D_k – діаметр ходового колеса.

Приймаємо двохребордні колеса з циліндричним ободом, діаметром 400 мм.

Де $f = 0,015$ – коефіцієнт тертя в підшипниках коліс;

$\mu = 0,03$ см – коефіцієнт тертя кочення колесу по плоскій рейці;

$k_p = 2,5$ – коефіцієнт, який враховує опір від тертя реборд коліс з рейками;

W_{yk} – опір пересування від нахилу рейок.

$$W_{yk} = (Q + G_b) \alpha,$$

де G_b – вага візка;

$\alpha = 0,001$ – розрахунковий нахил підкранових рейок;

W_b – опір пересування від дії вітрового навантаження, приймаємо, що мостовий кран знаходиться в закритому приміщенні. Тому $W_b = 0$.

$$W_{ct} = (2211 + 5000) \cdot 9,81 \left(\frac{0,015 \cdot 0,05 + 2 \cdot 3 \cdot 10^{-4}}{0,2} \cdot 2,5 + 0,002 \right) = 1335,2 \text{ Н.}$$

11.1.2 Розрахунок потужності двигуна і вибір редуктора

Визначаємо опір пересування завантаженого візка в пусковий період $W_0 = W_{ct} + (1,1 \dots 1,3)(G_t + Q) \alpha = 1335,2 + 1,2(2211 + 5000)0,2 = 3065,8 \text{ Н.}$

Визначаємо потужність двигуна $N_p = \frac{W_0 V_t}{1020 \eta_m \varphi_{cp}}$,

де φ_{cp} – середня кратність пускового моменту.

$$\varphi_{cp} = \frac{\varphi_{\max} + \varphi_{\min}}{2}.$$

Приймаємо $\varphi_{\min} = 1,2$; $\varphi_{\max} = 2$; $\varphi_{cp} = 1,6$.

$$N_p = 1,43 \text{ кВт.}$$

По каталогу приймаємо електродвигун з фазовим ротором МТКФ-011-6 з $N_p = 1,7$ кВт, $n = 835$ об/хв., $M_{\max} = 42$ Нм, $J_p = 0,02$ кгм².

$$\text{Номінальний момент двигуна } M_n = 9550 \frac{N_p}{n} = 19,4 \text{ Нм.}$$

$$\text{Визначаємо частоту обертання коліс } n_k = \frac{V}{\pi D} = 60,5 \text{ об/хв.}$$

$$\text{Розрахункове передаточне число редуктора } u_p = \frac{n}{n_k} = 13,8 \text{ об/хв.}$$

По каталогу приймаємо редуктор типу ВКН-320 з передаточним числом 12,5.

$$\text{Фактична частота обертання колеса } n_{kf} = \frac{835}{12,5} = 66,8 \text{ об/хв.}$$

Фактична швидкість пересування коліс

$$V_f = \frac{\pi D_k n_{kf}}{60} = \frac{3,14 \cdot 0,2 \cdot 60,5}{60} = 0,63 \text{ м/с.}$$

Зведений до валу електродвигуна статичний момент сил опору пересування візка $M_{ct.n} = \frac{W_{ct} D_k}{2u_p \eta_m} = 12,6$ Нм.

При підйомі вантажу $0,5Q$

$$W_{ct} = (2211 + 2250) 9,81 \left(\frac{0,015 \cdot 0,05 + 2 \cdot 3 \cdot 10^{-4}}{0,2} 2,5 + 0,002 \right) = 826 \text{ Н.}$$

$$M_{ct.n} = 2211 \cdot 9,81 \left(\frac{0,015 \cdot 0,05 + 2 \cdot 3 \cdot 10^{-4}}{0,2} + 2,5 + 0,002 \right) = 409,4 \text{ Нм.}$$

При пересуванні холостого візка

$$M_{ct.n} = 2211 \cdot 9,81 \left(\frac{0,015 \cdot 0,05 + 2 \cdot 3 \cdot 10^{-4}}{0,2} + 2,5 + 0,002 \right) = 409,4 \text{ Н.}$$

$$M_{ct.x} = \frac{409,4 \cdot 0,2}{2 \cdot 12,5 \cdot 0,85} = 3,25 \text{ Нм.}$$

Визначимо середній пусковий момент двигуна для розгону ненавантаженого візка із умови відсутності буксування приводних коліс та необхідного запасу зчеплення

$$M_{n.cp} = M_{ct.nx} + \frac{J_{np.x} w}{t_{nx}}.$$

Зведені до валу електродвигуна моменти інерції рухомих мас візка під час пуску та гальмуванні візка з вантажами масами Q , $0,5Q$ і $Q=0$

$$J_{np.x} = \delta(J_p + J_{p.m}) + m \frac{R_k^2}{u_m \eta_m},$$

де $J_{p.m}$ - момент інерції ротора двигуна і муфт в тому числі з гальмівним шківом, $J_{p.m} = 0,1062$ кгм;

$$w - \text{кутова швидкість двигуна, } w = \frac{\pi n}{30} = 82 \frac{1}{c}.$$

$$\text{Тоді } M_{n.cp} = 10,4 + \frac{0,6 \cdot 82}{0,72} = 78,3 \text{ Нм.}$$

$$\text{Розрахункова потужність } N = \frac{M_{n.cp} \cdot n}{9550 \varphi_{cp}} = 4 \text{ кВт.}$$

$$\text{Середній пусковий момент двигуна } M_{n.cp} = \varphi_{cp} M_n = 61 \text{ Нм.}$$

Фактичний час пуску двигуна ненавантаженого візка

$$t_{n.x} = \frac{J_{np.x} w}{M_{n.cp} - M_{ct.n.x}} = 0,97 c.$$

Фактичний коефіцієнт запасу зчеплення приводних коліс з рейками

$$k_c = \frac{G_c \phi}{W_{ct.x} + G_t \left(\frac{V_t}{t_n g} - \frac{h_{np}}{h_k} f \frac{d}{D_k} \right)} = 2,5 \geq 1,2.$$

Фактичне прискорення при розгоні ненавантаженого візка

$$a_{n.x} = \frac{0,52}{0,97} = 0,54 \text{ м/с.}$$

11.1.3 Розрахунок гальмівного моменту та вибір гальма

Визначимо допустиме максимальне прискорення при гальмуванні візка без вантажу при якому забезпечено запас зчеплення коліс з рейками

$$a_t = \left[\frac{G_c}{G_t} \left(\frac{\phi}{k_c} - \frac{fd}{D_k} \right) + \frac{fd + 2\mu}{D_k} - \frac{W_b}{G_t} \right] g.$$

При $W_b = 0$, $a_t = 0,85 \text{ м/с.}$

Час гальмування візка без вантажу $t_t = \frac{V_t}{a_t} = 0,61 c.$

Допустима величина гальмівного шляху $S_t = \frac{V_t^2}{5400} = 0,18 \text{ м.}$

Мінімально допустимий час гальмування $t_t = \frac{2S_t}{V} = 0,69 c.$

Визначимо гальмівний момент $M_t = \frac{J_{np.t} W}{t_t} - M_{ct.t}$.

Де $M_{ct.t}$ - статичний момент опору руху візка при гальмуванні, приведений до валу двигуна $M_{ct.t} = \frac{W_{ct.x} R_k \eta_m}{u_p} = 1,5 \text{ Нм}$.

Де

$$W_{ct.x} = G_t \left(\frac{fd + 2\mu}{D_k} - \alpha \right) = 282 \text{ Н. } J_{np.t} = \delta J_{p.m} + \frac{m_t R_k^2 \eta_m}{u_p^2} = 0,47 \text{ кгм.}$$

$$M_t = \frac{0,47 \cdot 82}{0,61} - 1,5 = 61,7 \text{ Нм.}$$

Приймаємо околочні гальма з гідро штовхачем ГТ-160 з найбільшим гальмовим моментом 100 Нм, діаметром гальмового шківка 160 мм, шириною колодки 75 мм, тип гідро штовхача ТЄГ-16 з тяговим зусиллям.

11.2 Вирішення системи (4.10)

З першого рівняння системи отримаємо $x_2 = \frac{m_1 \ddot{x}_1}{C_1} - \frac{P-W}{C_1} + x_1$, після

диференціювання $\ddot{x}_2 = \frac{m_1 \ddot{\ddot{x}}_1}{C_1} + \ddot{x}_1$.

З другого рівняння $x_3 = \frac{m_2 \ddot{x}_2}{C_2} - \frac{C_1}{C} x_1 + \frac{C_1 + C_2}{C_2} x_2 = \frac{m_2}{C_1} \left(\frac{m_1}{C_2} \ddot{\ddot{x}}_1 + \ddot{x}_1 \right) - \frac{C_1}{C_2} x_1 + \frac{C_1 + C_2}{C_2} x_2$.

Підставляємо ці значення в друге рівняння систем (4.10) і отримуємо рівняння (4.11).

11.3 Визначення приведених мас і коефіцієнтів жорсткості

$$m_1 = \frac{(GD^2)_p + (GD^2)_m}{g} \left(\frac{u_m}{2r_k} \right)^2 \eta_m = \frac{0,25 + 0,75}{0,2^2} 12,5^2 \cdot 0,85 = 3320,3 \text{ кг.}$$

$$F_k = \frac{m_t + Q}{4} = \frac{2211 + 2500}{4} = 1177,5 \text{ кг, } m_{bp} = 2 \frac{F_k g}{g} = 1177,5 \cdot 2 = 2355 \text{ кг.}$$

$$m_2 = (2211 + 2355) 2 = 9132 \text{ кг.}$$

$$C = \frac{GJ_p}{l}, \text{ колесо суцільне: } C_1' = \frac{0,8 \cdot 10^3 \cdot 3,14 (200^4 - 50^4)}{32 \cdot 80} = 156386720000 \text{ нмм} = 156386,72 \text{ кН/м,}$$

Колесо з пружною вставкою:

$$C_1'' = \frac{0,8 \cdot 10^3 \cdot 3,14 (200^4 - 150^4 + 100^4 - 50^4)}{32 \cdot 80} = 116568280000 \text{ нмм} = 116582,8 \text{ кН/м.}$$

$$C_{1np}'' = \frac{156386,72}{0,1^2} = 15638672 \text{ кН/м, } C_{1np}' = \frac{116568,28}{0,1} = 11656828 \text{ кН/м.}$$

$$C_{np} = \frac{Q}{L} = \frac{2500 \cdot 9,81}{8} = 3065,6 \text{ Н/м} = 3,066 \text{ кН/м.}$$

11.4 Методика розрахунку ходового колеса з пружним кільцем

Визначити поперечну силу

$$Q_{\phi} = - \left[\frac{k}{R} \xi(x) - \frac{D_t R}{D_{adv} k} \frac{d^2 \xi(x)}{dx^2} \right],$$

де $\xi(x) = C_1 e^{k_n x} \cos k_n x + C_2 e^{-k_n x} \sin k_n x + \xi_{hast}$.

$$C_1 = - \frac{\frac{k}{k_n^4} p_0 \left[1 - a \left(\frac{L}{2} \right)^2 \right]}{\cos k_n \frac{L}{2} e^{k_n \frac{L}{2}}} \left[1 + \frac{(1 - e^{-k_n L}) e^{-k_n \frac{L}{2}}}{e^{k_n \frac{L}{2}} + e^{-k_n L}} \right], \quad C_2 = \frac{\frac{k}{k_n^4} p_0 \left[1 - a \left(\frac{L}{2} \right)^2 \right] \left[1 - \frac{1}{e^{k_n L}} \right]}{\sin k_n \frac{L}{2} \left(e^{k_n \frac{L}{2}} + e^{-k_n L} \right)}.$$

$$\xi_{hast} = \frac{k}{k_n^4} p_0 (1 - ax^2), \quad k_n^4 = \frac{\frac{2,28}{G_{zap} R^2 F} - \frac{33,44}{D_t}}{4ER \left(\frac{33266,89}{G_{zap}^2 R^4 F^2} - \frac{58923}{D_t^2} \right)}, \quad k = \frac{\left(\frac{103,2}{D_t} - \frac{39,71}{G_{zap} R^2 F} \right)}{2\pi R^2 E \left(\frac{33266,89}{G_{zap}^2 R^4 F^2} - \frac{58923}{D_t^2} \right)}.$$

Знаходимо зусилля в пружних зв'язках

$$F_1 = P - \frac{a_3 k_1^2 k_2^2}{a_2 (k_2^2 - k_1^2)} (\cos k_1 t - \cos k_2 t),$$

$$F_2 = \frac{C_2 a_3}{a_2 (k_2^2 - k_1^2)} \left\{ k_2^2 \left[\left(\frac{m_1 k_1^2}{C_1} - 1 \right) \left(2 + \frac{C_1 - m_2 k_1^2}{C_2} \right) + \frac{C_1}{C_2} \right] \cos k_1 t + k_1^2 \left[\left(\frac{m_1 k_2^2}{C_1} - 1 \right) \left(\frac{m_2 k_2^2 - C_1 - 2}{C_2} \right) + \frac{C_1}{C_2} \right] \cos k_2 t \right\} + P - W$$

де
$$a_1 = \frac{m_1}{2} \left(\frac{C_1}{m_1} + \frac{C_1 + C_2}{m_2} \right) + \frac{m_1 (C_1 + C_2)}{2m_2}, \quad a_2 = \frac{C_1}{2} \left(\frac{2C_1}{m_1} + \frac{2C_2 + C_1}{m_2} \right),$$

$$a_3 = \frac{P - W}{2} \left(\frac{C_1 + C_2}{m_2} - \frac{C_1}{m_1} \right), \quad k_{1,2} = \sqrt{-\frac{a_1}{2} \pm \sqrt{\frac{a_1^2}{4} - a_2}}.$$

ВИСНОВОК

В ході проектування була розглянута технологія роботи, призначення і особливості роботи електроприводу пересування козлового крана ККС-10. Була розрахована потужність двигуна і проведена його перевірка по перевантажувальній здатності. В результаті розрахунку було обрано двигун краново-металургійної серії Д806.

Для живлення двигуна обраний комплектний тиристорний електропривод КТЕ, призначений для живлення електродвигунів постійного струму.

У проекті розраховані параметри двоконтурної системи підпорядкованого управління, з зовнішнім контуром швидкості і внутрішнім контуром струму.

На основі структурної схеми електропривода була розроблена математична модель в середовищі моделювання динамічних систем Matlab / Simulink. Проведено моделювання роботи ЕП при вихідних параметрах об'єкта управління і при їх зміні в межах $\pm 50\%$, що може бути викликано, наприклад, недообліком опору силових кабелів, сезонними коливаннями температури зовнішнього середовища, загустіння мастила і т.п.

Отримані перехідні процеси свідчать про правильність проектування системи електроприводу. Досліджуваний електропривод з синтезованою системою керування повністю задовольняє технологічним вимогам, що висуваються до електроприводу при вихідних параметрах об'єкта керування та доступні їх відхиленнях.

У дипломі так само розглянуті заходи з охорони праці.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Яуре А. Г., Певзнер Е. М. Крановый электропривод: Справочник. – М.: Энергоатомиздат, 1988. – 344 с, ил.
2. Справочник по кранам: В 2 т. Т.1. Характеристики материалов и нагрузок. Основы расчета кранов, их приводов и металлических конструкций. Под общ. ред. М. М. Гохберга. – Л.: Машиностроение. Ленингр. отд-е, 1988. – 536с.
4. А.Б. Царницкий, А.П. Шабатов. Мостовые краны общего назначения. М., 1968.
5. Электрооборудование и системы управления подъемно-транспортными машинами: Учебное пособие / П.А. Сорокин, Д.М. Крапивин М.Н. Хальфин, А.В. Редькин, В.П. Папирняк. – Тула: Изд-во ТулГУ, 2003. – 380 с.
6. Иванченко Ф.К. и др. Расчеты грузоподъемных и транспортирующих машин.— Киев, издательское объединение «Вища школа», Головное издательство, 1978, 576 с.
7. Коцюбинский В. С. Выбор мощности электропривода общепромышленных механизмов: Учебное пособие. – Алчевск: ДГМИ, 2004, – 150 с.
8. Справочник по электрическим машинам. Под общей редакцией И. П. Копылова и Б. К. Клокова. Т.1. – М.: Энергоатомиздат, 1988 – 465 с.: ил.
9. Комплектные тиристорные электроприводы: Справочник / Евзеров И.Х., Горобец А.С. Под ред. Прельмутера В.М. – М.: Энергоатомиздат, 1988
10. Капунцов Ю.Д., Ильяшенко Л.А., Елисеев В.А. Электрооборудование и электропривод промышленных установок. – М.: Высшая школа, 1979
11. Система автоматизованого електропривода виробничих установок: Навч. посібник / І. С. Шевченко. – К.: ІСДО, 1994 – 256 с.
12. Казак С.А., Дусье В.Е., Кузнецов Е.С. и др. Курсовое проектирование грузоподъемных машин: Учеб. пособие для студентов машиностр. спец. вузов. – М.: Высш. шк., 1989. – 319с.

13. Т.Н. Краузе. Редукторы. Справочное пособие. 1965.
14. Александров М.П. Подъемно-транспортные машины. Изд. 4-е. Учебник для вузов. М.: Высшая школа, 1972 .
15. Путевые машины и механизмы, отраслевой каталог. Часть 1. Москва 1982. – 87 с.
16. Ковалев А.П. Обеспечение экономичности разрабатываемых изделий машиностроения. – М.: Машиностроение, 1986.
17. НПАОП 0.00-1.03-02. Правила устройства и безопасной эксплуатации грузоподъемных кранов.
18. Механізми пересування мостових кранів: монографія / Є.Д. Слепужніков, Н.М. Фідровська, І.С. Варченко. – Харків: НУЦЗУ, 2019. – 124 с.
19. Ковальский Б.С. Грузоподъемные краны. Передвижение кранов / Б.С. Ковальский – Харьков, ХВКИУ, 1963 – 216 с.
20. Иванов В.Н. О перекосе крановых ходовых колес и способе устранения его в условиях эксплуатации крана / В.Н. Иванов // Подъемно-транспортное оборуд.: – К. : Техника, 1980. – № 11. – С. 10–13.