

Національний університет кораблебудування
імені адмірала Макарова

Навчально-науковий інститут автоматики та електротехніки

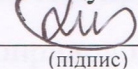
(повна назва інституту/факультету)

Кафедра автоматики

(повна назва кафедри)

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри


(підпис)

І. С. Білюк

«20» 12 2024 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття ступеня магістра

зі спеціальності 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка
(код та назва спеціальності)

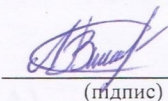
освітня програма Електромеханічні системи автоматизації та електропривод
(назва освітньої програми)

на тему: «Модернізація електропривода промислового конвеєра»

Виконала: студентка групи 6371мз

Воєвода Людмила Денисівна

(прізвище, ім'я, по батькові)

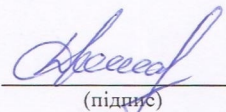

(підпис)

Керівник

доц. каф. автоматики, к.т.н.,

доц. Шарейко Д.Ю.

(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

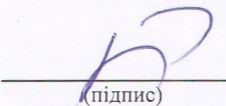

(підпис)

Рецензент

доц. каф. СЕЕС, к.т.н.,

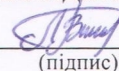
доц. Ставинський Р.А.

(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)


(підпис)

Засвідчую, що у цій кваліфікаційній
роботі немає запозичень з праць інших
авторів без відповідних посилань.

Студент


(підпис)

м. Миколаїв – 2024 року

АНОТАЦІЯ

Кваліфікаційна робота: 101с., 5 р., 23 рис., 5 табл., 1 дод., 17 джерел.

Ключові слова: промисловий конвеєр, вібропривод, комплектний електропривод, структурна схема, функціональна схема, перехідна характеристика, показники якості керування.

Об'єкт дослідження – процеси, які протікають в промисловому конвеєрі з навішаними кільцями у сполучі з віброелектроприводом..

Мета роботи – провести синтез тиристорного електропривода промислового конвеєра з навішаними кільцями з урахуванням вібротехнологій.

Перший розділ присвячений загальному огляду існуючих конструкцій промислових конвеєрів і згідно цього зроблена постановка задачі дослідження. У другому розділі наведен аналіз технологічного процесу та обраний комплектний електропривод. У третьому розділі здійснено розрахунок параметрів електропривода.

У четвертому та п'ятому розділах розглянути питання з охорони праці та довкілля.

Додатки містять слайди мультимедійної презентації (додаток А).

ABSTRACT

Qualification work: 101 p., 5 p., 23 figures, 5 tables, 1 appendix, 17 sources.

Keywords: industrial conveyor, vibration drive, complete electric drive, structural diagram, functional diagram, transient response, control quality indicators.

The object of study is the processes that occur in an industrial conveyor with hinged rings in combination with a vibration electric drive.

The purpose of the study is to synthesize a thyristor electric drive for an industrial conveyor with hinged rings, taking into account vibration technologies.

The first section is devoted to a general review of existing designs of industrial conveyors and, accordingly, the research problem is formulated. The second section analyzes the technological process and selects a complete electric drive. In the third section, the parameters of the electric drive are calculated.

The fourth and fifth chapters consider issues of labor and environmental protection.

The appendices contain slides of a multimedia presentation (Appendix A).

ЗМІСТ

ВСТУП	6
РОЗДІЛ 1 ЗАГАЛЬНИЙ ОГЛЯД ІСНУЮЧИХ КОНСТРУКЦІЙ	
ПРОМИСЛОВИХ КОНВЕЄРІВ ТА ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ	
ДОСЛІДЖЕННЯ	9
1.1 Характеристика типових конструкцій.....	9
1.2 Основні елементи устаткування.....	12
1.2.1 Тягові ланцюги	12
1.2.2 Ходові шляхи.....	15
1.2.3 Каретки.....	16
1.2.4 Системи адресування вантажів	17
1.2.5 Приводні пристрої	17
1.3 Аналіз промислових вібраційних конвеєрів	20
1.4 Технічні вимоги на вібраційні конвеєри	23
1.5 Властивості віброконвеєрів, що визначають їхнє застосування.....	27
1.6 Вплив властивостей вантажів на процес транспортування	31
1.7 Проектована установка.....	33
1.8 Постановка задачі	36
РОЗДІЛ 2 АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ТА ВИБІР	
КОМПЛЕКТНОГО ЕЛЕКТРОПРИВОДА.....	37
2.1 Визначення продуктивності лінії.....	38
2.2 Вибір комплектного електропривода.....	53
2.3 Функціональна схема електропривода.....	57
РОЗДІЛ 3 РОЗРАХУНОК ПАРАМЕТРІВ КОМПЛЕКТНОГО	
ЕЛЕКТРОПРИВОДА.....	60
3.1 Вибір двигуна.....	60
3.2 Розрахунок тиристорного перетворювача.....	63
3.3 Обмеження зрівняльних струмів.....	65
3.4 Сгладжування пульсацій випрямленого струму.....	69

3.5 Розрахунок параметрів об'єкту регулювання.....	70
3.6 Розрахунок та побудова перехідних процесів.....	79
РОЗДІЛ 4 ОХОРОНА ПРАЦІ.....	82
4.1 Аналіз небезпечних і шкідливих виробничих чинників.....	83
4.2 Розрахунок захисного заземлення.....	84
4.3 Розробка заходів щодо зменшення небезпечних і шкідливих дій.....	90
РОЗДІЛ 5 ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА.....	92
5.1 Забруднення навколишнього середовища під час виробничого процесу.....	94
5.2 Заходи щодо запобігання забруднень.....	96
5.3 Пристрої, використовувані для очищення від забруднення.....	97
ВИСНОВКИ.....	99
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ.....	100
Додаток А.....	102

ВСТУП

Актуальність проблеми. У технічному завданні на проектування автоматичної лінії міститься, як правило, мінімальна кількість вихідних даних, що визначають вимоги якості і кількості оброблюваних виробів, а також конкретні умови експлуатації і використання лінії. Метод транспортування навішених кілець у просторі усуває будь-яку можливість застряглих кілець, що імовірна у всіх інших конструкціях систем, де кільця переміщуються кочінням, або ковзанням у лотках, жолобах, підданих забрудненню, зносу, розрегулюванням і т.п. Віброконвеєри отримують все більш широке застосування в самих різноманітних галузях промисловості. Розширюється область застосування, знову створюються вібромашини для здійснення нових технологічних операцій. Це зумовлене конструктивною простотою вібромашин і в багатьох випадках більш високою, ніж у звичайних машин технологічною ефективністю.

Застосування вібраційної техніки в промисловості в ряді випадків дозволяє докорінно удосконалити технологічні процеси. Прикладами може служити вібраційна обробка деталей в машинобудуванні, що дозволила автоматизувати процес і підвищити якість виробів. Актуальністю є область застосування віброконвеєрів в промисловості обумовлюється їх специфічними конструктивними і експлуатаційними особливостями, що істотно відрізняють їх від інших видів безперервного транспорту. Основними перевагами віброконвеєрів є: незначне подрібнення переміщуваного вантажу в процесі транспортування, нікчемний знос вантажонесущого органу, простота конструкцій транспортних установок, майже повна відсутність деталей, що труться і швидко зношуються, легкість обслуговування і відходу, невисока енергоємність, безпека експлуатації, можливість завантаження і розвантаження в будь-якій точці, зростання ефективності при транспортуванні під схил, а головне – орієнтування деталей.

До недоліків транспортної системи відносяться: перекіс ланцюга під дією ваги кілець, навішених з однієї сторони ланцюга на консолях, неминучі неточності виготовлення ланцюга, у результаті чого блокування може не спрацювати і навішати друге кільце на підвіску, що призведе до застрягання кільця і деформації підвіски. Через те, що транспортна система являє собою єдиний розподільчо-складальний пристрій, вихід з ладу будь-якого його вузла може викликати останів усієї системи.

Транспортний пристрій має складну систему електроавтоматики розподілу деталей по верстатах, що потребує подальшого розгляду та аналізу.

Тому метою дослідження є відпрацювання загальних положень щодо створення систем керування електроприводів які сполучають метод транспортування навішених кілець з віброконвеєрами.

Мета і завдання дослідження. На основі існуючих теоретичних досліджень провести синтез тиристорного електропривода промислового конвеєра з навішаними кільцями з урахуванням вібротехнологій.

Для досягнення цієї мети необхідно вирішити наступні задачі:

1. Провести конструктивний аналіз промислового конвеєра з метою визначити можливість його сполуки з віброконвеєром.
2. Провести теоретичні дослідження, щодо технології виготовлення валів на предмет застосування віброконвеєрів.
3. Довести доцільність використання віброконвеєра у складі промислового конвеєра з навішаними кільцями.

Об'єкт дослідження – процеси, які протікають в промисловому конвеєрі з навішаними кільцями у сполуці з віброелектроприводом.

Предмет дослідження – показники якості, що забезпечують швидкодію та плавність протікання перехідних процесів.

Наукова новизна отриманих результатів.

1. Виявлені закономірності зміни частотних характеристик

електроприводу, які відрізняються від відомих кращими показниками якості.

2. Подальший розвиток отримав алгоритм синтезу регуляторів в електроприводі.

Практичне значення одержаних результатів.

1. Система керування електроприводу для промислового конвеєра з урахуванням вібротехнологій.

2. Схеми моделювання перехідних процесів у електроприводі.

Випробувана методологія і схеми моделювання дозволяють покращити показники якості електропривода.

Апробація результатів роботи. Основні результати магістерської роботи доповідалися та обговорювалися на закордонній міжнародній конференції: «Proceedings of the 8 th International Scientific and Practical Conference Scientific trends and trends in the context of globalization», Umeå, Kingdom of Sweden.

Публікації. За результатами досліджень опублікована стаття у збірнику матеріалів закордонної міжнародної конференції: Білюк І.С., Шарейко Д.Ю., Савченко О.В., Єжова О.А., Воєвода Л.Д. «Модернізація п'ятикоординатного обробляючого центру з горизонтальним шпінделем» / Proceedings of the 8 th International Scientific and Practical Conference Scientific trends and trends in the context of globalization Umeå, Kingdom of Sweden: № 51(225) November, 2024. pp 288-304.

Структура та обсяг магістерської роботи. Магістерська робота складається з вступу, 5 розділів, загальних висновків та списку використаних джерел. Робота викладена на 101 сторінках і містить 5 таблиці та 23 рисунків.

РОЗДІЛ 1

ЗАГАЛЬНИЙ ОГЛЯД ІСНУЮЧИХ КОНСТРУКЦІЙ ПРОМИСЛОВИХ КОНВЕЄРІВ ТА ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ ДОСЛІДЖЕННЯ

1.1 Характеристика типових конструкцій

Тип підвішеного вантажопідйомного конвеєра визначається в основному тяговим органом і розрахунковим навантаженням на каретку. Типаж установлює п'ять різновидів цих конвеєрів:

- 1) дуже легкого типу, зі сталевим канатом діаметром 6,2 мм і розрахунковим статичним навантаженням на каретку 125 кг;
- 2) легкого типу, із двошарнірним ланцюгом і розрахунковим статичним навантаженням на каретку 250 кг;
- 3) легкого типу, з розбірним ланцюгом із кроком 80 мм і розрахунковим статичним навантаженням на каретку 250 кг;
- 4) середнього типу, з розбірним ланцюгом із кроком 100 мм і розрахунковим статичним навантаженням на каретку 500 кг;
- 5) важкого типу, з розбірним ланцюгом із кроком 160 мм і розрахунковим статичним навантаженням на каретку 800 кг.

Однак у даний час знаходиться в експлуатації і запроектована значно більша кількість типів. Так, у текстильній промисловості одержали поширення підвісні конвеєри з тяговим органом з відрізків каната і з параметрами, відмінними від типажного конвеєра дуже легкого типу; у текстильній і електромашинобудівній промисловості застосовують конвеєри з круглоланковими звареними ланцюгами. Багато років успішно працюють конвеєри з круглоланковими ланцюгами конструкції Харківського проектно-конструкторського відділення. Застосовують у порівняно невеликих кількостях (наприклад, на велосипедних заводах) конвеєри з пластинчастими ланцюгами й інші типи. Переважне поширення одержали конвеєри з розбірними гарячепечатними ланцюгами. На частку цих конвеєрів

приходилося 96% усього вантажообігу підвісних конвеєрів. Параметри конвеєрів регламентуються ДСТом 5946—66.

Серійне виробництво цих конвеєрів здійснюється на спеціалізованих заводах. Розроблені креслення уніфікованого устаткування конвеєрів з розбірними гарячепечатними ланцюгами, що відрізняється рядом позитивних особливостей.

а) велика універсальність устаткування. Три типи вантажопідйомних конвеєрів з розбірними ланцюгами (із кроком 80, 100 і 160 мм) мають ряд параметрів з досить широкими межами, що в сполученні з великою номенклатурою вузлів дозволяє застосовувати їхній майже в будь-яких галузях промисловості й умовах роботи;

б) по основних параметрах (максимальні швидкості, вантажопідйомності каретки, припустимі зусилля в ланцюзі і т.п.) і конструктивно це устаткування знаходиться на рівні кращих світових зразків. У першу чергу слід зазначити застосування термооброблювальної до високої твердості розбірної гарячепечатного ланцюга, цілком редукторний привод, заводське виготовлення кривих ділянок шляху і т.п.;

в) висока ступінь уніфікації схем, деталей і вузлів устаткування як між різними типами конвеєрів, так і в межах одного типу конвеєра;

г) наявність у складі устаткування ряду допоміжних вузлів, необхідних або для проектування спеціальних схем конвеєрів (наприклад, для багатоприводних конвеєрів передбачаються гусеничні приводи і натяжні пристрої із змінним зусиллям натягу і т.п.), або які дають можливість автоматизувати конвеєр (наприклад, система адресування), а також роблять роботу конвеєра більш надійною і безпечною (наприклад, підхоплювала ходової частини).

Конвеєри легкого типу з пластинчастими двошарнірними ланцюгами зроблені Центральним конструкторським бюро по автоматизації (ЦКБА). Як тяговий орган у цих конвеєрах застосований спеціальний двошарнірний

ланцюг Д-160. Ланцюг випускається металевим, із пластмасовими катками. Конвеєри розраховані на малі радіуси повороту траси і вертикальних підйомів.

Параметри цих конвеєрів приведені в табл.1.1.

Таблиця 1.1– Параметри підвішених вантажопідйомних конвеєрів

Устаткування	Вантажопідйомні конвеєри	
	КПН-250-Д160 (легкого типу)	КПН-125-К-6 (дуже легкого типу)
1	2	3
Тяговий орган: Тип	Двошарнірний ланцюг	Сталевий канат за ДСТ 3070—66
Крок ланцюга, чи діаметр каната у мм	160	3070—66 6,2
Максимальне робоче зусилля у кг	400	350
Каретка: Діаметр ковзанки у мм	50	50
Найбільше наванта- ження на каретку у кг	250	125
Ходовий шлях: Радіус горизонтального повороту в мм	600; 1000	255; 180
Профіль шляху	4кута 32х32х4	Двугавр №10
Радіус вертикального повороту в мм	1000	—
Кут підйому у град	До 90	До 60

Продовж.табл.1.1.

Привод:		
Номінальні швидкості руху ходової частини у м/хв	1—20	1,1; 1,44; 2,2; 3,05; 3,64; 4,38; 4,95; 6,12
Тип редуктора	КДВ-200М1	КДВ-200М1
Потужність електродвигуна у кВт	1,0;1,7	0,6

Подібні параметри має конвеєр, де тяговим органом є спеціальний двошарнірний ланцюг оригінальної конструкції. Найбільше близько по параметрах (див. табл. 1.1) підходить до конвеєрів дуже легкого типу конвеєр з канатною тягою. Особливістю конструкції цього конвеєра є наявність безупинного нерозрізного каната, на якому спеціальними затисками кріпляться каретки.

1.2 Основні елементи устаткування

1.2.1 Тягові ланцюги. Переважне поширення одержали розбірні гарячепечатні ланцюги (ДСТ 589—64), що пояснюються їх перевагами перед іншими тяговими органами — високим відношенням припустимого зусилля в ланцюзі $S_{\text{доп}}$ до її погонної ваги $q_{\text{ц}}$ простотою монтажу, демонтажу, ремонту і зміни довжини ланцюга (причому для останніх операцій не потрібно ніяких спеціальних деталей); легкістю приєднання каретки до ланцюга; простотою конструкції ланцюга і її обслуговувань. Недолік цих ланцюгів — мала гнучкість у площині осей шарнірів, що викликає необхідність при вертикальних перегибах траси робити їхній порівняно великого радіуса. У підвішених конвеєрах ДСТ 5946—66 передбачається застосування розбірних гарячепечатних ланцюгів із кроком 80, 100 і 160 мм, характеристика яких приведена в табл. 1.2.

Вибір припустимого тягового зусилля в ланцюзі визначається умовами її роботи; крім зусилля, що розтягує, на кривих ділянках траси елементи ланцюга піддаються дії згинальних моментів. Ланцюг найчастіше працює в умовах дуже поганого змащення чи повної її відсутності. Тому питомий тиск у шарнірах щоб уникнути швидкого зносу не повинний перевищувати 300—350 кг/см². Припустимі зусилля залежать також від характеру траси конвеєра: при трасі з малою кількістю горизонтальних і вертикальних поворотів допускаються великі значення з зазначених у табл.1.2., у противному випадку — менші.

Таблиця 1.2 –Характеристика тягових розбірних ланцюгів (за ДСТ 589—64)

Тип ланцюга	P2-80-10,6	P2-100-22	P2-160-40
Крок t у мм	80	100	160
Зусилля, що руйнує у кГ	10600	22000	40000
Робоче навантаження, що рекомендується	800-1000	1250-1600	2750-3150
Мінімальний кут повороту ланки у град	3	3	3
Вага 1 пог. м в кг, не більше	2,8	5,0	9,1

Продовж.табл.1.2.

Розміри:			
t_u	160	200	320
B	29	36	53
b	14,5	18	27
$B_{вн}$	22,5	27,5	41,5
R	14,5	18,0	26,5
d	13	16	24
l_1	45	55	84
s	20	25	38
s_1	12	16	20
s_2	6	8	12

Розроблений розбірний гарячепечатний ланцюг з бочкообразним валиком (тип Р1 за ДСТ 589—64), що дозволяє значно збільшити гнучкість ланцюга в площині осей шарнірів і зменшити радіуси вертикальних поворотів траси. Кут повороту внутрішніх ланок цього ланцюга в площині осей шарнірів не менш 80. Основним недоліком ланцюга типу Р1 є точковий контакт у шарнірі на прямолінійних ділянках траси конвеєрів. Значно менше поширення одержали холоднопечатні з листа розбірні ланцюги, що мають ряд конструктивних недоліків (високі питомі тиски в шарнірах, короткий термін служби і т. п). З інших тягових елементів підвісних вантажонесучих конвеєрів становлять інтерес спеціальні двохшарнірні ланцюги, що дозволяють одержати дуже малі радіуси вигину ланцюга в обох площинах. На рис.1.1 представлений двохшарнірний пластинчастий ланцюг конструкції ЦКБА, а на рис.1.2 – параметри які збігаються з параметрами ланцюга ЦКБА.

80 мм служить двотавр № 10, для конвеєрів з ланцюгом $t = 100$ мм — двотавр № 12 чи 14, а для конвеєрів з ланцюгом $t = 160$ мм — двотавр № 16 чи 18.

Застосування двох двотаврів дозволяє при малих прольотах мати більш легкий шлях, а у випадку неможливості частого закріплення траси — більш твердий і важкий. Крім того, для важконавантажених шляхів застосовують двотаври з нижньою полицею, посиленої приварки смуги, а для конвеєра ГН-160Р — ще і двотавр № 18М. Двотаврові балки рекомендується застосовувати зі сталі 14Г2.

1.2.3 Каретки. Для конвеєрів з розбірними ланцюгами ДСТ 5946—66 установлені три типи кареток: холоста, робоча нормальна і робоча траверсна. Холоста каретка служить для підтримки ланцюга, робоча нормальна — для підтримки ланцюга і транспортування вантажу, робоча траверсна — для переміщення вантажу, вага якого перевершує вантажопідйомність однієї каретки чи який має великі габарити, на двох чи більш каретках. Траверсну підвіску вантажів у випадку, якщо дозволяють умови (висота конвеєра, швидкість руху ходової частини, і ін.). рекомендується здійснювати на гнучких елементах.

Типова конструкція каретки має безребордні ковзанки з нахиленою віссю з загартованої до високої твердості поверхнею катання; ковзанки — на підшипниках кочіння з лабіринтовим ущільненням; найбільше поширення в конвеєрах з розбірними ланцюгами кроком 80 і 100 мм одержали штамповані з листа кронштейни з привареною віссю.

Приведена в табл. 1.1. найбільше навантаження Q_{cm} відповідає вантажонесучій здатності робочої нормальної, каретки в стані спокою на горизонтальній ділянці. У реальних умовах ці навантаження повинні бути знижені в залежності від швидкості ходової частини, тривалості дії навантажень на каретки, кількості і крутості вертикальних перегинів.

Як правило, кроки між каретками бувають не менш 4 і не більш 8—10 кроків ланцюга. Крок кареток, рівним двом крокам ланцюга, застосовують тільки при траверсній підвісці вантажів, крок кареток, рівним 10 крокам

ланцюга — в основному на конвеєрах з горизонтальною трасою. Існують каретки конвеєрів дуже легкого типу з канатною тягою конструкції ЦПКБ. Особливістю цієї каретки є надійне закріплення каната; у той же час на вертикальних поворотах траси канат не переламується навіть при дуже малих радіусах повороту. У конвеєрах із двохшарнірним пластинчастим ланцюгом каретки відсутні, вантаж підвішується безпосередньо до пластин ланцюга.

1.2.4 Системи адресування вантажів. Вантажонесучі конвеєри всі частіше обладнаються системою автоматичного адресування. Застосування цієї системи дозволяє в ряді випадків автоматизувати вантажно-розвантажні операції або тісніші транспортні і технологічні операції в процесі виробництва.

Так, у проекті уніфікованого устаткування підвісних вантажонесучих конвеєрів передбачається система адресування, аналогічна клавішній системі адресування конвеєрів конструкції, що штовхають. При цьому, оскільки вантажонесучий конвеєр не має відгалужень, для того щоб не скинути адресу каретки, застосовують спеціальні схеми адресування або спеціальних настроювачів адреси. Систему адресування застосовують також у підвісних конвеєрах із двохшарнірним ланцюгом конструкції ЦКБА.

Застосування системи автоматичного адресування на вантажонесучих конвеєрах розширює область їхнього застосування й у ряді випадків дозволяє застосовувати замість конвеєрів, що штовхають. Так, розроблено проект шестиприводного конвеєра з розбірним ланцюгом $t = 160$ мм з автоматичним адресуванням вантажів для транспортування заготівель з чавуноливарного і ковальсько-печатних цехів у блок механічних цехів і головний тракторний корпус заводу

1.2.5 Привідні пристрої. Характерною й істотною особливістю сучасних приводів підвісних конвеєрів є використання спеціального редуктора як передатний механізм. Для уніфікованого устаткування підвісних конвеєрів розроблений ряд конічно-циліндричних редукторів типу КДВ-М1 (КДВ-200М1, КДВ-250М1, КДВ-350М1). Ці редуктори замінюють

раніше випускалися редуктори (КДВ, КДВ-М, РКЦО і РКЦН), що мали деякі параметричні і конструктивні недоліки. Редуктори типу КДВ-М1 знайшли також широке застосування в підвісних конвеєрах, що штовхають, підвісних вантажонесучих конвеєрах із двохшарнірними ланцюгами ЦКБА, у конвеєрах з канатним тяговим органом і багатьох інших.

По конструкції редуктор типу КДВ-М1 п'ятиступінчатий, конічно-циліндричний, з вертикальним вихідним валом. Перші три ступіні редуктора циліндричні косозубі, четверта — конічна прямозуба, п'ята — циліндрична прямозуба. Перші три ступіні шестірень змінні, завдяки чому можна в дванадцятьох виконаннях редуктора одержати передаточні числа від 160 до 2124. При цих передаточних числах можна, використовуючи найбільш уживані зірочки, мати швидкості ходової частини від 0,75—0,95 до 23,6 м/хв. Такий діапазон швидкостей забезпечує вимоги більшості випадків практики. Передані вихідними валами моменти, що крутять, мають величину, при якій на тих же зірочках можна одержати максимальні припустимі зусилля в одній з розбірних ланцюгів. Редуктори, що постачаються із запобіжним пристроєм від надмірних перевантажень, що спрацьовує при 1,5-кратному перевантаженню в порівнянні з номінальним навантаженням редуктора і відключає привод. Технічна характеристика редукторів типу КДВ-М1 дана в табл. 1.3. ККД редукторів 0,9—0,92; максимальний момент, що крутить, на тихохідному валу редуктора КДВ-200М1 16 000 кг/см, редуктора КДВ-250М1 40 000 кг/см, редуктора КДВ-350М1 100 000 кг/см. Вага редукторів відповідно 230, 320 і 1150 кг. Особливістю кутових приводів у проекті уніфікованого устаткування підвісних конвеєрів з розбірними ланцюгами (рис.1.3) є те, що вони поставляються зібраними на рамі і з ділянкою шляху.

Крім звичайних кутових приводів розроблений гусеничний привод і привод-натяжка для підвісних конвеєрів. Переваги гусеничного приводу, що роблять його дуже зручним у ряді випадків, полягають у наступному:

- 1) привод можна встановлювати на прямих ділянках траси, що особливо важливо при проектуванні багатоприводних конвеєрів;

- 2) привод з тими ж редукторами дозволяє одержати значно менші швидкості ходової частини, чим привод кутової;
- 3) можливе одержання при тих же редукторах підвищених зусиль у ланцюзі;
- 4) можливе застосування менших редукторів для створення тих же стискуючих зусиль;
- 5) можливе переміщення великогабаритних вантажів, транспортувати які при кутових приводах із зірочками, що мають порівняно малі діаметри, чи важко неможливо.

Таблиця 1.3— Характеристика редукторів типу КДВ-М1

Виконання	Передатне число	Максимальна потужність на швидкохідному валу в кВт					
		при 1500 об/хв			при 1000 об/хв		
		КДВ- 200М1	КДВ- 250М1	КДВ- 200М1	КДВ- 350М1	КДВ- 250М1	КДВ- 350М1
I	2124	0.13	0.32	0.80	0.09	0.22	0.54
II	1815	0.15	0.38	0.95	0.10	0.25	0.63
III	1382	0.20	0.50	1.23	0.13	0.33	0.82
IV	1052	0.26	0.65	1.62	0.17	0.43	1.08
V	801	0.34	0.85	2.14	0.23	0.57	1.42
VI	634	0.43	1.1	2.7	0.28	0.72	1.80
VII	501	0.55	1.4	3.5	0.36	0.90	2.27
VIII	397	0.69	1.7	4.34	0.46	1.15	2.87
IX	350	0.76	1.9	4.9	0.51	1.3	3.26
X	263	1.05	2.5	6.4	0.65	1.7	4.32
XI	203	1.32	3.3	8.44	0.87	2.2	5.6
XII	160	1.96	4.1	10.7	1.1	2.8	7.1

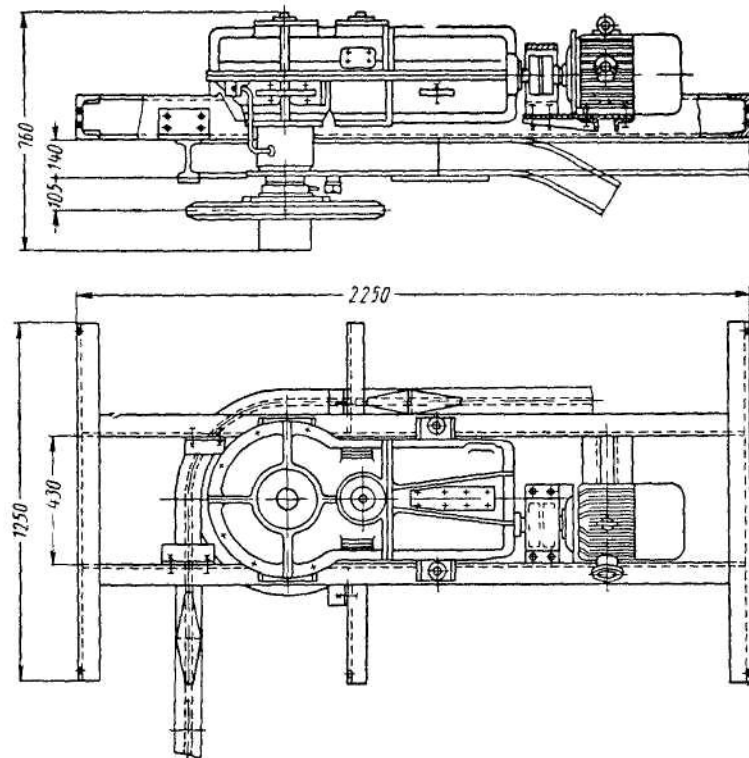


Рисунок 1.3— Кутовий привод конвеєра з розбірним ланцюгом $t = 100$ мм із редуктором КДВ-250М1

1.3 Аналіз промислових вібраційних конвеєрів

Вібраційний конвеєр (ВК) у загальному випадку складається з коливальної системи, що включає деяке число мас і пружних зв'язків і вібропривода того чи іншого виду.

Існує багато типів ВК, які можна класифікувати по різних ознаках:

- 1) по напрямку переміщення вантажу ВК поділяються на горизонтальні, пологонаклонні і вертикальні;
- 2) по способу кріплення вантажонесучого елемента розрізняють ВК на вільних пружних підвісках – амортизаторах (підвішена вільноколивальна конструкція) (рис.1.4.а) і на похилих направляючих стійках (опорна конструкція з похилими направляючими пружними елементами) (рис.1.4.б). В опорній конструкції похилі пружні стійки служать не тільки опорами вантажонесучого елемента але й обумовлюють напрямок його коливань;

3) по числу одночасно коливних мас у коливальній системі, ВК розрізняють як одномасні, двомасні так і багатомасні (рис.1.5);

4) по характеру динамічної врівноваженості ВК розділяють на врівноважені і неуврівноважені;

5) по числу вантажонесучих елементів розрізняють ВК одноелементні (однोजолобні) (рис.1.6.а) і двох елементні (двожолобні) (рис.1.6.б). Одноелементні ВК можуть мати одинарний чи здвоєний вантажонесучий елемент. В останньому випадку вантажонесучі органи жорстко з'єднані один з одним і коливаються як одне ціле. Таку конструкцію застосовують, наприклад, при одночасному транспортуванні різних вантажів;

6) по виробничому призначенню ВК бувають:

- власне віброконвеєри;
- живильники і дозатори, призначені, для транспортування вантажу;
- конвеєри-грохопти для одночасного транспортування і розподілу;
- вантажу за величиною;
- віброгрохопти – для просіювання вантажу.

7) по характеристиці і настроюванню пружної системи розрізняють ВК із резонансної, до резонансної і за резонансним настроюванням пружних опорних елементів:

- при резонансному настроюванні частота сили, що збурюється, вібровозбудителя ω і частота власних коливань пружної системи ВК ω_0 однакові чи приблизно рівні (практично для сталої роботи приймають $0,85 < \omega/\omega_0 < 1,1$);
- при до резонансному настроюванні, частота сили, що збурюється, вібровозбудника значно менше частоти власних коливань ВК ($\omega \ll \omega_0$);
- при за резонансному настроюванні, частота сили, що збурюється, значно вище частоти власних коливань ВК ($\omega \gg \omega_0$).

Резонансне настроювання пружної системи ВК забезпечують малу витрату енергії при сталій роботі ВК., можливість створення ВК високої продуктивності, але вимагає значних пускових зусиль через велику твердість

пружної системи. Резонансне настроювання системи одержало переважне поширення на ВК середнього і важкого типів.

При за резонансному настроюванні пружної системи її твердість невисока, пускові зусилля знижуються, але підвищується витрата енергії при сталому режимі ВК, можлива також тривала робота машини в стійкому режимі при різних змінах навантаження. Основний недолік за резонансного настроювання – можливість значного збільшення напруг у пружних елементах через короткочасне збільшення амплітуди коливань при проходженні через область резонансу при пуску, і головним чином, при зупинці ВК. Для ліквідації цього недоліку розроблений ряд спеціальних пристроїв. Крім цього, мала твердість пружних елементів викликає їхні значні деформації під дією сили ваги, тому за резонансне настроювання застосовують головним чином для підвісних і опорних ВК порівняно легкого типу. Дорезонансне настроювання мало поширене.

Вантажонесучий орган горизонтального вібраційного конвеєра, як правило, робить прямолінійні симетричні гармонійні коливальні рухи із синусоїдальною зміною сили. Відомі ВК і з іншими законами періодичної зміни сили, що збурюється. Використовують також двочастотні коливальні рухи. Вертикальні ВК роблять подвійний горизонтальний коливальний рух: прямолінійне навколо вертикальної осі й обертальне - навколо вертикальної осі.

Вібробудники можуть бути відцентровими, ексцентриковими, електромагнітними, гідравлічними, пневматичними. Найбільше поширення одержали електромагнітні і ексцентрикові вібробудники. Гідравлічні і пневматичні застосовуються рідко, в основному у вибухонебезпечних умовах.

ВК мають порівняно малі амплітуди коливань (1-15мм.) і великі частоти коливань (3000 - 400хв.⁻¹ відповідно значенням амплітуд).

Електровібраційні конвеєри загального призначення поділяються по типу опорної системи на підвісні і опорні, а по конструкції транспортуючого органу на трубчаті і жолобчаті; останні в свою чергу можуть бути відкритого і закритого

типу. Кожна секція жолобчатого або трубчатого електровібраційного конвеєра підвісної конструкції підтримується двома-чотирма пластинчатими або частіше гвинтовими пружинами. Максимальна довжина секцій підвісного конвеєра жолобчатого типу становить 2,5 м, трубчатого – 3 м. Якщо необхідно здійснювати транспортування на більшу відстань, то послідовно один з одним з'єднується потрібна кількість секцій. Для забезпечення герметичності конвеєра секції з'єднують еластичними муфтами. Випускаються також електровібраційні конвеєри значної довжини, в яких на одному транспортуючому органі синхронно працюють декілька вібраторів.

Конвеєри опорної конструкції встановлюються за допомогою пластинчатих або гвинтових пружин на опорній рамі або безпосередньо на несучій конструкції. Такі конвеєри мають велику довжину окремої секції: максимальна довжина секції жолобчатих конвеєрів становить приблизно 5 м, трубчаті досягають 6 м. Окремі секції конвеєрів можуть встановлюватися також на гумових амортизаторах.

1.4 Технічні вимоги на вібраційні конвеєри

До сучасних ВК пред'являються наступні вимоги:

- 1) Мінімальна передача динамічних навантажень на опорні конструкції і можливість установки ВК міжповерхові перекриття.

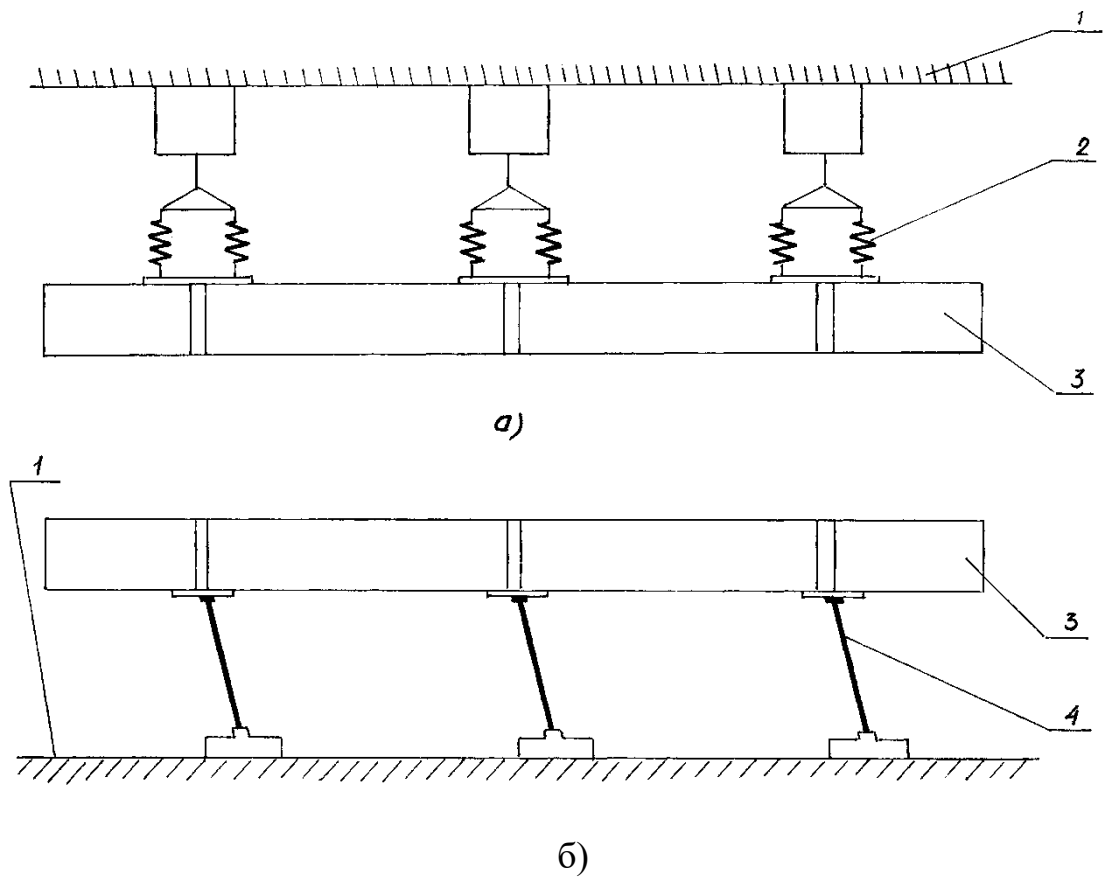


Рисунок 1.4— Способи кріплення жолоба ВК

- 1 – Несучі конструкції.
- 2 – Пружинні амортизатори.
- 3 – Жолоб віброконвейера.
- 4 – Опорні елементи у виді пластинчастих ресор.

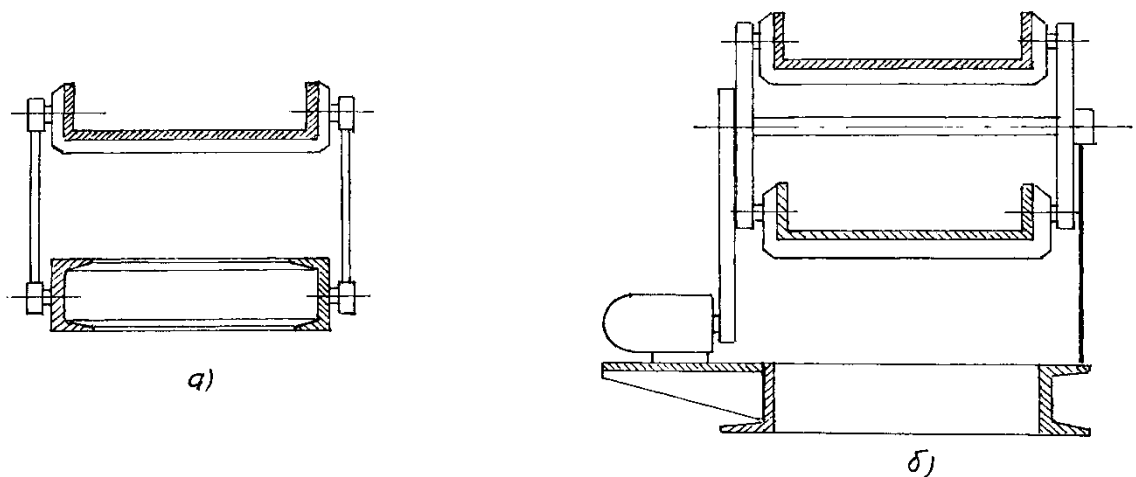


Рисунок 1.5— Одне і двох елементні конструкції ВК

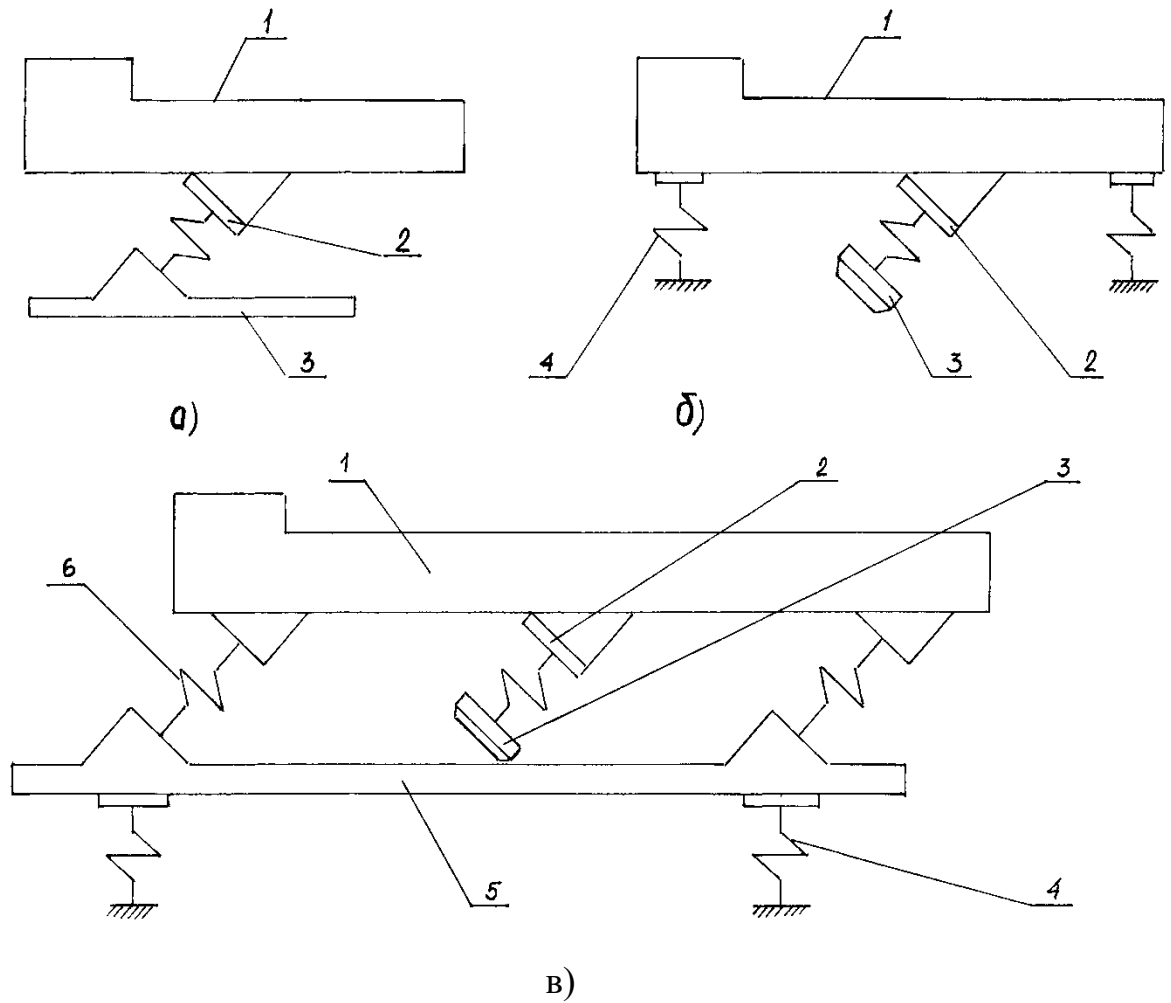


Рисунок 1.6– Структурні схеми ВК

- 1 – Вантажонесучий орган
- 2 – Активна частина віброзбудника
- 3 – Реактивна частина віброзбудника
- 4 – Віброізолятори
- 5 – Додаткова реактивна маса
- 6 – Допоміжні робочі пружні зв'язки

а) Одномасна вібраційна транспортуюча машина.

б) Двомасна машина.

в) Трьохмасний вібротранспортер.

Найбільш простими в конструктивному відношенні є одноприводні віброконвеєри одномасної системи. Установки прості в настройці і не представляють великих труднощів при розрахунку і конструюванні. Однак недоліком конвеєрів цієї системи є вельми обмежена їх довжина, а також динамічна неврівноваженість і внаслідок цього передача значних вібраційних навантажень на несучі конструкції. Найбільше поширення отримали двохмасні системи. Двохмасні інерційні віброконвеєри мають великі можливості у відношенні динамічного урівноваження часткове або повне урівноваження конвеєра забезпечується відповідним підбором ваги коливаючих частин і жорсткості робочих пружин. Це відкриває широкі перспективи створення швидкохідних високопродуктивних віброконвеєрів з інерційним приводом. При цьому внаслідок резонансної настройки і динамічної урівноваженості коливаючих мас значно збільшується довжина вантажонесучого органу на один привод.

- 2) Повна герметичність при транспортуванні, у тому числі, у місцях проміжного і кінцевого завантаження і розвантаження.
- 3) Можливість проміжного завантаження і розвантаження ВК і автоматичного керування цими операціями.
- 4) Найменша загальна маса і маса коливних частин на 1 продуктивності ВК.
- 5) Можливість без перевантажувального транспортування на найбільшу відстань, тобто найбільша довга на один привід.
- 6) Малі габарити по висоті.
- 7) Висока надійність пружних елементів і приводу – коефіцієнт готовності не менш 0,98, ресурс роботи до першого капремонту не менш 8000 годин.
- 8) Малий рівень шуму при роботі ВК (80-85 дБ.).

Технічні вимоги на горизонтальні і порожні-похилі ВК регламентовані ДСТ 11732-78.

1.5 Властивості віброконвеєрів, що визначають їхнє застосування

Область раціонального застосування ВК обумовлюється їх специфічними конструктивними й експлуатаційними особливостями, що істотно відрізняють їх від інших видів технологічних установок.

У відмінності від традиційних транспортних засобів у віброустановках відсутнє переміщення робочого органа разом з переміщуваним вантажем. Робочий орган робить лише коливання, причому незначні, щодо деякого свого вихідного положення. Вібраційна установка відрізняється простотою конструкції (звичайно вона складається з приводу, вантажонесучого органа, пружної системи рами). Такі особливості пристрою і роботи ВК визначають їхні специфічні характеристики. Основними перевагами цих пристроїв, що забезпечують їхнє ефективне застосування, є: відсутність ушкоджень переміщуваного продукту в ході технологічного процесу, незначний знос робочого органа, виключення влучення продуктів зносу в оброблюване середовище, можливість роботи з великими масами, простота конструкції, практично повна відсутність деталей, що труться, що швидко зношуються, можливість завантаження і вивантаження в будь-якій точці столу. Можливість застосування герметичних робочих органів робить ВК незамінними при обробці спеціальних матеріалів, що не підлягають зіткненню з навколишнім середовищем. Основними факторами, що визначають доцільність застосування того чи іншого типу вібраційної транспортно-технологічної установки є наступні:

1) Можливість застосування продуктів з різними фізико-механічними властивостями. ВК доцільно застосовувати при переміщенні і переробці штучних і насипних дрібнодисперсних матеріалів, продуктів, що характеризуються анізотропними властивостями (наприклад риби) і інших вантажів, що важко транспортуються, тому що принцип їхньої роботи і конструктивне виконання, з одного боку, обумовлює низьку інтенсивність зносу робочого органа і пошкоджуваність оброблюваного продукту, і з

іншого боку – дозволяє приймати в особливих випадках спеціальні міри, такі, як установку герметичних чи спеціальних призначених для виконання даного технологічного процесу органів.

2) Простота автоматизації роботи. Вібраційні установки по своєму принциповому пристрої виявляються надзвичайно пристосованими до автоматизації їхньої роботи. Особливо придатні цієї машини з електромагнітним приводом, що володіють незначною інерційністю і високою швидкістю. Основним елементом автоматизації ВК є автоматичне регулювання їхньої чи продуктивності режиму переміщення оброблюваного вантажу. Так, наприклад, у живильниках здійснюється автоматична підтримка об'ємної чи вагової продуктивності, чи визначена її зміна в ході процесу. При цьому досягається винятково висока точність дозування. У ВК може автоматично регулюватися режим транспортування (швидкість переміщення, інтенсивність підкидання матеріалу і т.д.) відповідно до цієї чи іншої технології виробництва. В автоматизованих і автоматичних обробних лініях ВК використовуються для порціонної дозованої подачі вантажів у технологічні машини.

3) Підвищення ефективності обробки при сполученні процесу транспортування з виконанням різних технологічних процесів. Вібраційний транспорт представляє великі перспективи у відношенні створення комбінованих транспортно-технологічних установок. У таких установках у процесі переміщення виробляється сушіння, охолодження, розсів, зневоднювання й інші операції. Так, наприклад, для завантаження магістральних конвеєрів вібраційні живильники-грохопти розділяють переміщуваний вантаж по крупності, здійснюють підсівку на конвеєрну стрічку, запобігаючи її ушкодження падаючими великими шматками й істотно збільшуючи її термін експлуатації. Може вироблятися відбраковування продукту віброобробки з метою поліпшення споживчих властивостей. Ці установки прості в конструктивному відношенні.

4) Легкість зміни напрямку і відстані транспортування. ВК допускають транспортування по горизонталі, під ухил, з невеликим підйомом і вертикально нагору. ВК застосовуються звичайно для транспортування на невеликі відстані, як правило, що не перевищують 80-100м. Найбільше доцільно використовувати ВК більшості типів для переміщення на відстань до 30-50 м, тому що в цьому випадку можуть бути застосовані більш прості в конструктивному відношенні і більш надійні в експлуатації одноприводні пристрої. Так при твердому з'єднанні послідовно декількох конвеєрів і відповідному забезпеченні синхронної роботи їхніх чи приводів при застосуванні гнучкого з'єднання (у цьому випадку немає необхідності синхронізувати роботу приводів) принципово можливо забезпечити переміщення вібротранспортом на будь-яку відстань. У практиці [1] застосування транспортних систем, складених з декількох ВК. Але при цьому може виявитися, що по сукупності визначальних факторів більш доцільно використовувати який-небудь інший тип транспорту, наприклад стрічковий конвеєр.

Важливим фактором є також напрямок транспортування. Так, наприклад, ВК із гвинтовим жолобом при переміщенні вантажів вертикально вгору на невелику висоту (до 12 м на один привод) у ряді випадків успішно конкурують з елеваторами й іншими установками вертикального переміщення. ВК допускають одночасно роздільний підйом декількох різних вантажів. Застосування вібропідйомників забезпечує велику економію виробничих площ.

Принцип переміщення вантажу у віброконвеєрах з гвинтовим вантажонесучим органом аналогічний звичайному віброконвеєру, оскільки гвинтовий жолоб в розгорненому вигляді являє собою жолоб прямолінійного похилого конвеєра, що транспортує матеріал з підйомом. При цьому кут підйому відповідає куту нахилу гвинтової лінії жолоба.

При виборі кута нахилу жолоба конвеєра необхідно враховувати, що з його зростанням, як відмічалось, падає продуктивність конвеєра, а при

зменшенні кута нахилу для тієї ж висоти підйому зростає довжина жолоба, а отже, і його вага. Зростання довжини жолоба спричиняє в свою чергу збільшення ваги конструкцій і витрати енергії на транспортування. Тому електровібраційний конвеєр призначається тільки для транспортних цілей (в цьому випадку - підйому), то кут нахилу спіралі вибирають виходячи з умови збігу двох основних вимог – досягнення найбільшої швидкості вертикального транспортування матеріалу і найменших довжини і ваги жолоба. У якості вібропривода, що повідомляє гвинтовому віброконвеєру коливальний рух по гвинтовій лінії, застосовують як інерційні, так і електромагнітні вібратори. Широке застосування отримав вібропривод, що складається з двох самосинхронізуючих мотора-вібраторів, розташованих з двох сторін вертикальної осі віброконвеєра. Таке парне розташування мотора-вібраторів на певній відстані один від одного, з розташуванням осей під відповідними кутами до вертикалі забезпечує потрібний гвинтовий коливальний рух. При цьому виходить спрощення як самого приводу, так і системи підвіски конструкції віброконвеєра.

Переваги віброконвеєрів з вертикальним підйомом є:

- велика економія продуктивних площ;
- допускають одночасний роздільний підйом декількох різних вантажів.

Нестача даного вібраційного конвеєра:

- невелика висота підйому (до 12 метрів на один привод).

5) Можливість забезпечення різної продуктивності. Універсальні ВК випускаються на продуктивність від декількох кілограмів у годину (точні дозатори) до 3000т/ч (живильники для завантаження крупнотонажного залізничного рухливого складу і магістральних конвеєрів. Протяжні транспортні машини випускаються на невелику ($10-15\text{ м}^2/\text{ч}$) і середню (до $200\text{ м}^2/\text{ч}$) продуктивність. Це відбувається внаслідок того, що вібраційні транспортуючі машини характеризуються порівняно низькою швидкістю транспортування (у типових конструкціях не вище $0,6\text{ м/с}$) і мають обмеження по величині поперечного перерізу вантажонесучого органа. У

теж час для живильників, де немає обмежень на ширину вантажонесучого органа, продуктивність 300-400м³/ч є звичайної.

б) Можливість задоволення спеціальним вимогам промисловості. Ці вимоги диктуються величиною і формою наявного для установки ВК простору, типом і конструкцією будинку, необхідністю заданого взаємного розташування транспортуючих пристроїв і робочих агрегатів, ступенем запиленості чи вологості робочого приміщення, чи наявністю відсутністю в ньому чи пар газів і т.д. Спеціальні ВК можуть виконуватися порівняно компактною конструкцією і встановлюються в дуже стиснутих умовах. При розміщенні їх у запиленому приміщенні застосовуються установки з герметизованим приводом. ВК зручні також у відношенні завантаження робочих машин, тому що вони допускають розвантаження переміщуваного об'єкта в будь-якій точці робочого органа.

1.6 Вплив властивостей вантажів на процес транспортування

У відмінності від конвеєрів інших типів, ефективність роботи ВК (продуктивність, швидкість транспортування і т.д.) у значній мірі залежить від властивостей вантажу, що транспортується, (головним чином від гранулометричного складу – крупності часток). При однакових параметрах вібрації на тому самому ВК різні насипні вантажі рухаються з різними швидкостями і висотами шаруючи, забезпечуючи різну продуктивність [2]. Найбільший ефект досягається при транспортуванні сухих однорідних порошкоподібних, зернистих і дрібношматкових вантажів (піску, шлаку, вугілля). Швидкість горизонтального транспортування досягає 0,3 м/с і в окремих випадках до 0,6 м/с при найбільш сприятливих режимах вібрації. Менш ефективно використовувати ВК для транспортування неоднорідних насипних вантажів з великою домішкою пилоподібних часток – швидкість їхнього переміщення в 2-3 рази менше. Неефективно транспортуються пилоподібні вантажі з розміром часток менш 0,05мм. Швидкість їхнього

горизонтального переміщення звичайно складає 0,1-0,15 м/с при висоті шару 50-60мм навіть при найбільшій амплітуді коливань. У процесі вібротранспортування пилоподібних вантажів при підкиданні їхніх часток виникають повітряні прошарки і створюється підвищений опір повітря їхньому мікропольоту. Цим обумовлюється мала ефективність транспортування пилоподібних вантажів методом вібрації. Найважливішою проблемою є вибір сприятливого режиму вібрації і конструкції ВК, які б забезпечили ефективне транспортування пилоподібних вантажів. Зі збільшенням амплітуди коливань ефективність транспортування пилоподібних вантажів збільшується, тому для їхнього переміщення використовують ВК розвиваючі амплітуду коливань 12-15мм при частоті 500-400хв⁻¹ відповідно (ексцентриковий вібропривод). На ВК з електромагнітним віброзбудником, що має малу амплітуду (0,5-1,2мм) і велику частоту (3000хв⁻¹) транспортування пилоподібних вантажів практично неефективно.

У похилих ВК із подачею вантажу нагору швидкість переміщення і продуктивність (П) знижуються на 3-5% на кожен градус підйому і, як правило, ВК не виконують з кутом підйому більш 10°. Для пилоподібних вантажів, а також для несорттованих вантажів з великою кількістю пилоподібних часток (більш 60%), кут нахилу ВК при транспортуванні нагору на підйом звичайно не перевищує 5°, тому що при більшому куті транспортування практично припиняється. При подачі по ухилі вниз на спуск (практично під кутом не більш 10°) значно краще транспортуються усі види вантажів. Тому пилоподібні вантажі доцільно по можливості транспортувати при ухилі вниз під кутом 10-15°. Незначна вологість (до 10%) вантажів не володіють липкістю і в'язкістю (чистий пісок, деревні обпилювання), не перешкоджає їхньому переміщенню і навіть в окремих випадках сприяє збільшенню швидкості, однак при деякій підвищенні вологості ефективність транспортування різко знижується. Липкі, вологі зв'язні вантажі (глина) транспортуються дуже погано. Сорттовані крупно і середньошматкові вантажі

при відсутності дрібних часток добре переміщуються віброконвеєром, однак при русі вони видають шум від ударів об дно жолоба і викликають його зношування. Можливо кришення шматків. Для підвищення зносостійкості жолоба його стінки футерують гумою. Різномірні несортовані вантажі мають знижену швидкість транспортування, однак повного поділу часток вантажу по фракціях у загальному шарі не спостерігається, хоча на поверхні шаруючи помічається деяке збільшення швидкості руху більш великих шматків вантажу по більш дрібним. Щільність вантажу помітного впливу, що транспортується, на швидкість переміщення не роблять, наприклад деревні обпилювання і залізна руда мають при рівних умовах, приблизно однакові швидкості транспортування, незважаючи на велику різницю в щільності. Комбінований вантаж із шарів піску, крейди і дробленої цегли однакової крупності транспортується єдиною масою без поділу. Швидкість транспортування однорідних кускових вантажів майже не залежить від висоти шаруючи і практично залишається постійної при коефіцієнті заповнення жолоба $DO = 0,2-0,8$. Легкорухливі пилоподібні і сухі зерністі вантажі при тонким шаром переміщуються з найбільшою швидкістю. З підвищенням висоти шаруючи швидкість зменшується, тому такі вантажі транспортуються при малій висоті шаруючи (50-100мм). У такий спосіб при переміщенні ВК необхідно особливо ретельно враховувати властивості вантажів, що транспортуються.

1.7 Проектована установка

На підставі розглянутого видно, що вібраційні транспортуючі машини займають визначене місце в комплексі транспортуючих машин. Їхнє застосування засноване в першу чергу на таких якостях, як можливість сполучення процесу транспортування вантажу з його технологічною обробкою, можливість автоматизації роботи, одночасне переміщення

декількох різних матеріалів, відсутність зносу транспортуючого й інших органів. Однак на ряді з цими властивостями існує і коло серйозних недоліків. Це в першу чергу, низька продуктивність (при заданих обмежених розмірах вантажонесучого органа), викликана невисокою швидкістю транспортування (до 0,6м/с). У конвеєрів легкого класу, що працюють у за резонансному режимі, спостерігається значне збільшення напруг у пружних елементах через збільшення амплітуди коливань при проходженні через область резонансу при пуску і вибігу. Для усунення з приходиться прибігати до спеціальних гальмових пристроїв. Крім цього в цих конвеєрів через за резонансне настроювання рівень енергоспоживання на одиницю продуктивності дуже високий і складає 0,05-0,44кВт.ч/м³, що є істотним недоліком.

До недоліків серійних конструкцій можна віднести також значний рівень шуму, що виникає при роботі ВК, викликаного в першу чергу, недосконалістю конструкції віброзбудника.

Тому виникла необхідність у ВК, що поряд з перерахованими позитивними якостями, був би вільний від зазначених недоліків. Оскільки промисловістю ВК подібного типу не випускаються, необхідно спроектувати установку для лабораторних експериментів, на якій було б можливо зробити дослідження процесів, що відбуваються в шарі вантажу при транспортуванні і виробити рекомендації з використання установки в промисловості.

На рис.1.7. показана вібраційна розподільчо-складальна транспортна система, оригінальність якої полягає в тому, що кільця переміщуються в підвішеному стані. Вона складається з корпусу, приводного пристрою 9, натяжної станції 14, механізмів знімання 7 кілець 4, механізмів навішення кілець 3, 13, нескінчено-замкненого ланцюга 6 із прикріпленими до неї з постійним кроком підвісками 5, лотків 11, 12 подачі кілець до верстатів 10 і їхнього відводу, лотка 1 для підведення деталей до транспортера з магазина-нагромаджувача 15 і лотка 8 для відводу оброблених виробів від транспортера.

Заготовки, що надходять на обробку, підводяться лотком 1 до механізму 3, зв'язаному з відсікачем 2 поштучні видачі кілець. Механізм 3 кинематично зв'язаний з ланцюгом 6 і навішує кільця на підвіски 5 через кожні два кроки між підвісками. Ланцюг 6 приводиться в рух приводом 9 і переміщує кільця 4, надягнуті на підвіски 5, по верхній гілці транспортера, де змонтовані механізми 7 знімання кілець з підвісок 5, що працюють з ритмом у два кроки.

Потім кільця під дією сили ваги скочуються по лотках 11 до верстата 10. Оброблені кільця надходять з верстатів по лотках 12 до механізмів навішення 13, що навішують їх на підвіски 5 з ритмом два кроки між підвісками, але зі зсувом на один крок щодо підвісок, що несуть неопрацьовані кільця. Оброблені кільця переміщуються на верхню гілку транспортера, знімаються з підвісок механізмом і приділяються від транспортера лотком 8. Змінюючи ритм навішення і знімання кілець на три-чотири і більш кроків між підвісками, можна забезпечити одночасну подачу і відвід кілець двох і більш чи типорозмірів при обробці одного типорозміру адресоване підведення кілець до верстатів, а також відвід їх від верстатів.

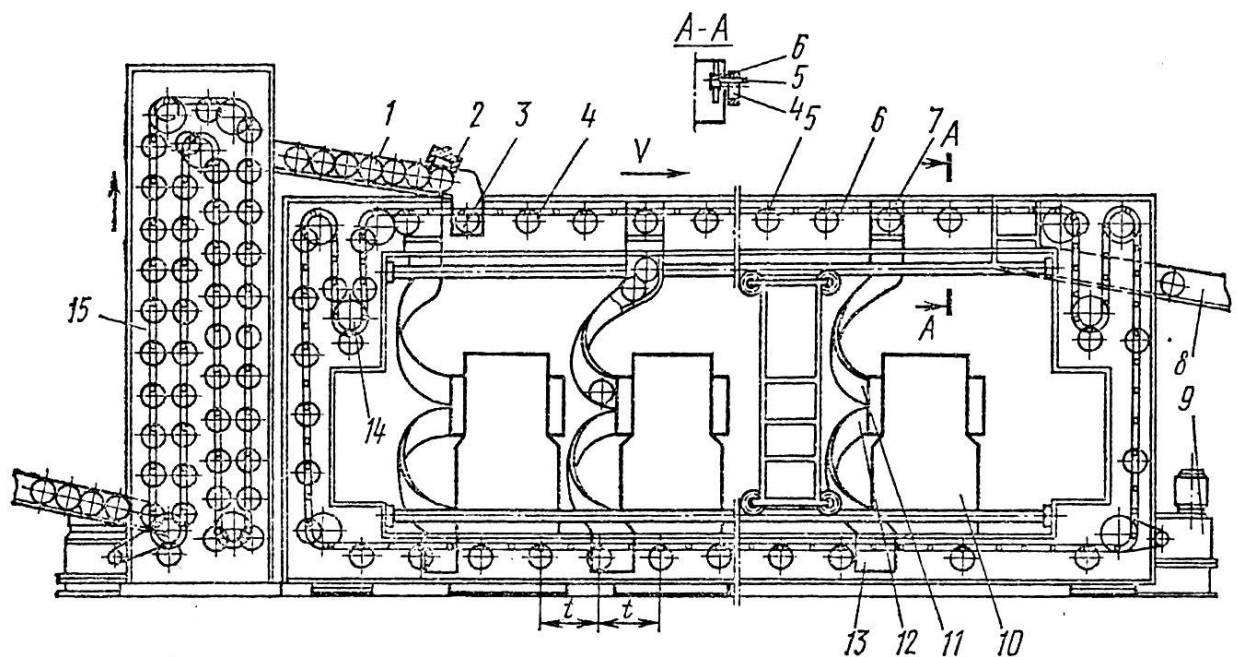


Рисунок 1.7 – Схема транспортної системи з переміщенням деталей у підвішеному стані

Метод транспортування навішених кілець у просторі усуває будь-яку можливість застрягших кілець, що імовірна у всіх інших конструкціях систем, де кільця переміщуються кочінням, або ковзанням у лотках, жолобах, підданих забрудненням, зносу, розрегулюванням і т.п.

До недоліків транспортної системи відносяться: перекіс ланцюга під дією ваги кілець, навішених з однієї сторони ланцюга на консолях, неминучі неточності виготовлення ланцюга, у результаті чого блокування може не спрацювати і навішати друге кільце на підвіску, що призведе до застрявання кільця і деформації підвіски. Через те, що транспортна система являє собою єдиний розподільчо-складальний пристрій, вихід з ладу будь-якого його вузла може викликати останов усієї системи.

1.8 Постановка задачі

Аналіз відомих конструкцій стрічкових конвеєрів та принципів побудови віброконвеєрів, розгляд їх технічних характеристик, визначає постановку задачі магістерської роботи:

- розробити конструкцію стрічкового конвеєру який складався би з трьох складових кожна з яких є стрічковий конвеєр, з'єднання їх здійснити за допомогою лотків віброконвеєру;
- на основі аналізу технологічного процесу обрати комплектний електропривод який якомога більше відповідав йому;
- розрахувати параметри електроприводу конвеєра;
- налагодити параметри регулятора електропривода згідно вихідних даних.

РОЗДІЛ 2

АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ТА ВИБІР КОМПЛЕКТНОГО ЕЛЕКТРОПРИВОДА

Проектування автоматичних ліній є складною задачею, що включає розрахунок і вибір технологічних, структурних, компонованих, конструктивних і експлуатаційних параметрів.

У технічному завданні на проектування автоматичної лінії міститься, як правило, мінімальна кількість вихідних даних, що визначають вимоги якості і кількості оброблюваних виробів, а також конкретні умови експлуатації і використання лінії. До них відносяться:

1) вимоги якості — креслення заготовки й оброблюваної деталі з усіма технічними умовами на точність форми, розмірів і взаємного положення оброблюваних поверхонь;

2) вимоги кількості — задана програма випуску і її нарощування по роках, змінність роботи;

3) додаткові умови — планування цеху, чи ділянки, де намічено змонтувати автоматичну лінію, із вказівкою місць проходів і проїздів, розташування колон; дані про цехову енергосистему і пневмосистему і т.д.

Всі інші параметри — методи, маршрут і режими обробки; кількість робочих і холостих позицій, потоків обробки, діляниць-секцій; кількість і тип між операційних накопичувачів; тип і функції системи керування; компонована схема, тип основного устаткування, механізмів і пристроїв; кількість обслуговуючих робітників, система експлуатації інструмента й інші вибираються в процесі проектування. Обране сполучення перерахованих і інших параметрів повинно забезпечити виконання заданих вимог по якості оброблюваних виробів і продуктивності з найкращими економічними показниками. Проектування автоматичної лінії включає ряд основних етапів:

- 1) розробка технологічного процесу, реалізованого на лінії (методи,
- 2) маршрути і режими обробки);

- 3) вибір принципової схеми лінії (кількість позицій і ділянок, потоків обробки і т.д.);
- 4) вибір компоновочного рішення, розробка планування лінії;
- 5) вибір і розробка системи керування, конструкції механізмів і пристроїв;
- 6) розрахунок і уточнення очікуваних техніко-економічних показників лінії по продуктивності, вартості устаткування, економічної ефективності в порівнянні з базовим варіантом; розробка системи обслуговування й організації експлуатації.

Приведена послідовність є в якомусь ступені умовною, тому що окремі задачі, розв'язувані на різних етапах, взаємозалежні.

2.1 Визначення продуктивності лінії

Найважливішою розрахунковою задачею при проектуванні автоматичної лінії є вибір її принципової схеми, тобто такого структурно-компоновочного варіанта, що забезпечує найкращі техніко-економічні показники системи. Тому з безлічі варіантів побудови лінії, що відрізняються числом позицій, ділянок, потоків обробки, типом накопичувачів, повинний бути обраний один, який забезпечує задану продуктивність і якість обробки при найменших витратах на виробництво виробів.

Вибір оптимального структурно-компоновочного варіанта автоматичної лінії впливає безпосередньо за розробкою технологічного процесу, коли для кожної з оброблюваних поверхонь вже обрані методи і маршрути обробки, виходячи з необхідної якості виробів.

Вибір оптимального варіанта побудови лінії включає:

- 1) формування ланцюжка несполучених операцій обробки виробів, визначення технологічно мінімального числа робочих позицій лінії $q_{\min}$;
- 2) оцінка можливостей подальшої диференціації технологічного процесу, визначення технологічно максимального числа робочих позицій лінії $q_{\max}$, виходячи з забезпечення заданої якості виробів;

- 3) вибір вихідних режимів обробки v_0 , розрахунок тривалості сполучених і несполучених операцій обробки t_{pi} , їхньої сумарної величини Σt_{po} ;
- 4) вибір конструктивно-компоновочного варіанта побудови лінії (типу транспортної маршрутизації, чи наявності відсутності супутників, типу накопичувачів), розрахунок очікуваної тривалості холостих ходів робочого циклу t_x , оцінка очікуваної вартості типових конструктивних елементів K_t ;
- 5) збільшений розрахунок очікуваних показників надійності інструментального оснащення і типових конструктивних елементів, тобто очікуваних позациклічних втрат по інструменту ΣC_i і устаткуванню для однієї позиції t_e , а також втрат на переналагодження $t_{пер}$, організаційних втрат $t_{орг}$ і т.д.;
- 6) розрахунок очікуваної продуктивності Q_i генеральної сукупності технічно можливих варіантів побудови лінії, що відрізняються числом позицій $q (q_{min} \ll q \leq q_{max})$, ділянок-секцій $n_y (n_y = 1, 2, 3, \dots)$, паралельних потоків обробки $p (p = 1, 2, 3, \dots)$; при обраних методах обробки, вихідних режимах v_0 , кількості верстатів, що обслуговуються одним наладчиком Z , місткості накопичувачів E і т. д.;
- 7) вибір з отриманої загальної сукупності декількох конкуруючих варіантів побудови лінії, що задовольняють необхідному діапазону продуктивності;
- 8) оптимізація техніко-економічних показників відібраних конкуруючих варіантів шляхом варіювання (у припустимих межах) величиною режимів обробки на операціях, що лімітують, v_i , місткістю накопичувачів E , кількістю наладчиків; таким чином, для кожного структурного варіанта з фіксованими значеннями q , n_y і p повинна бути знайдена економічно найвигідніша його реалізація при збереженні умови $Q_i > Q_{min}$;
- 9) оцінка можливості додавання в число конкуруючих додаткових структурних варіантів шляхом їхньої оптимізації по параметрах v_i , E , Z і іншим, якщо при цьому очікувана продуктивність виявиться в необхідному діапазоні $Q_{min} \leq Q_i \leq Q_{max}$;

10) розрахунок очікуваних економічних показників C_i відібраних конкуруючих варіантів, що задовольняють вимогам якості і продуктивності; вибір за прийнятим критерієм економічної ефективності оптимального структурно-компоновочного варіанта з найкращим сполученням характеристик q, n_y, p, v_i, E, Z і ін.;

11) уточнений розрахунок очікуваних техніко-економічних показників обраного варіанта проекрованої лінії: продуктивності, надійності в роботі, оцінка економічної ефективності в порівнянні з діючим (базовим) варіантом; при цьому вибір оптимального варіанта проекрованої лінії означає й оптимізацію продуктивності в припустимому діапазоні $Q_{\min} \leq Q_i \leq Q_{\max}$.

Таким чином, методологія вибору оптимального варіанта проекрованої лінії заснована на тому, що спочатку формується генеральна сукупність технічно можливих варіантів за критерієм якості виробів. Потім за критерієм заданої продуктивності відбирається обмежене число варіантів, з яких і вибирається найбільш вигідний за економічними критеріями.

Вимоги якості оброблюваних виробів, приведені в технічних умовах на проектування лінії, забезпечуються в першу чергу шляхом вибору методів і маршрутів обробки, технологічних баз; тому створення автоматичної лінії і починається з розробки технологічного процесу.

Отже, до початку конструктивного пророблення лінії уже відомо сумарний час технологічного впливу на оброблюваний виріб $t_{p.o.}$ (з урахуванням сумісних операцій) і технологічно мінімальне число робочих позицій $q_{\min}$, обумовлене величиною ланцюжка несумісних операцій.

Величина $q_{\min}$, визначає мінімальну ступінь диференціації загальної тривалості обробки $t_{p.o.}$ на окремі частини, виконувані в різних позиціях.

Якщо тривалість обробки можна диференціювати на рівні частини ($t_{pi} = \text{const}$), то тривалість робочого циклу лінії

$$T = t_{p.o.} / q_{\min} + t_x.$$

Якщо тривалість окремих основних операцій неоднакова ($t_{pi} = \text{const}$), то

$$T = t_{p\max} + t_x,$$

де $t_{p\max}$ — максимальна по тривалості основна (несумісна) операція.

Формування ланцюжка несполучених операцій і розрахунок тривалості кожної з них завершує пропрацювання технологічного процесу і дозволяє перейти до рішення наступної задачі — вибору принципової схеми лінії, визначенню числа позицій q , потоків обробки p і ділянок n_y .

Найпростішим структурним варіантом автоматичної лінії, що реалізує заданий технологічний процес, є однопоточна ($p = 1$) однодільнична ($n_y = 1$) лінія з числом позицій, рівним технологічно мінімальному ($q = q_{\min}$).

Очікувана продуктивність автоматичної лінії відповідно до загальної формули

$$Q = 1/(T + \Sigma t_n),$$

де $T = t_p + t_x$ — очікувана тривалість робочого циклу, обумовлена відповідно до обраного технологічного процесу t_p і швидкодією механізмів холостих ходів і керування t_x при їхньому попереднім проробленні; Σt_n — очікувана (прогнозована) величина позациклічних втрат, що на передпроектній стадії визначаються шляхом укрупнених розрахунків.

Тому що на лінії послідовної дії мається один технологічний комплекс інструментів, розосереджений по робочих позиціях, і q комплектів механізмів і пристроїв, сумарні позациклові втрати

$$\Sigma t_n = \Sigma C_i + q t_e,$$

де ΣC_i — позациклічні втрати по інструменту одного технологічного комплексу; t_e — позациклічні втрати по устаткуванню одного комплексу механізмів і пристроїв.

Підставляючи значення T и E_{t_n} у загальну формулу, одержуємо очікувану продуктивність автоматичної лінії при найпростішому структурному варіанті

$$Q = 1/(t_{po} ./q_{min} + t_x + \Sigma C_i + q_{min} t_e).$$

Якщо продуктивність вище чи рівна необхідній відповідно технічному завданню ($Q_{тр} \ll Q_1$), то оптимальним варіантом проекрованої лінії є найпростіший ($q = q_{min}$; $n_y = 1$; $p = 1$) (рис. 2.1., а) як найбільш дешевий і конструктивно простий.

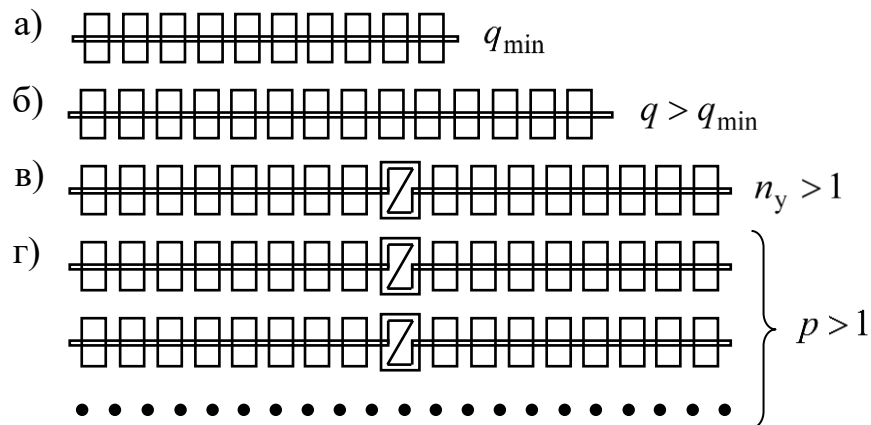


Рисунок 2.1– Структурна побудова автоматичних ліній

Якщо $Q_{тр} > Q_1$, для забезпечення необхідної продуктивності потрібно вибрати більш складні схеми ліній, при цьому задача вибору стає різноманітною.

Збільшення продуктивності лінії ($Q > Q_1$) можна досягти наступним шляхом:

1) інтенсифікацією режимів обробки на операціях, що лімітують, ($v > v_0$); при цьому, однак, значно знижується стійкість інструмента, знижується точність обробки і т.д., тому даний метод має обмежені можливості ($v < v_{max}$);

2) винесенням деяких, найбільш тривалих операцій за межі лінії, з виконанням їх на окремих верстатах; це практикується найбільш часто для попередніх операцій, а також фінішних;

3) дробленням найбільш тривалих операцій на частині шляхом

розподілу довжини обробки на дві-три і більш частини, тим самим збільшується ступінь диференціації технологічного процесу і число робочих позицій лінії понад технологічно мінімальну кількість ($q > q_{\min}$, рис. 6.1., б); однак можливості такої диференціації складених операцій обмежені, тому для кожного конкретного технологічного процесу існують не тільки мінімальне, але і максимальне число робочих позицій ($q_{\min} \leq q \leq q_{\max}$);

4) розподіл лінії на ділянки-секції з установкою міжопераційних накопичувачів ($1 \leq n_y \leq q$) (рис. 6.1., в) для зменшення загальних позациклових втрат Σt_n у порівнянні з лінією зблокованого виконання;

5) застосуванням методу многопоточної обробки, коли за один робочий цикл видається не одне, а p оброблених виробів ($p > 1$); у найпростіших випадках це досягається одночасною обробкою в одному супутнику p виробів з дублюванням інструментів, в інших випадках — шляхом дублювання верстатного устаткування, проектування p незалежних (рис. 2.1., г) чи зв'язаних потоків обробки.

Тому що усі викладені вище структурні і технологічні параметри можуть варіюватися в досить широких межах ($v_0 \leq v \leq v_{\max}$, $q_{\min} \leq q \leq q_{\max}$, $1 \leq n_y \leq q$, $p = 1, 2, 3$), заданим вимогам продуктивності ($Q_{\text{тр}}$) задовольняють не один, а кілька варіантів побудови автоматичної лінії, що відрізняються числом позицій, ділянок, рівнобіжних потоків, режимами обробки і т.д.

Таким чином, перший етап вибору структурно-компоновочного варіанта проекрованої лінії складається в доборі з безлічі технічно можливих варіантів деякого числа варіантів, що задовольняють вимогам продуктивності, викладеним у технічному завданні. На рис. 2.2. приведені графіки залежності продуктивності автоматичних ліній від числа ділянок n_y і рівнобіжних потоків обробки p , а також реального діапазону зміни числа позицій обробки ($q_{\min} \leq q \leq q_{\max}$), побудовані по формулі

$$Q_{a.l} = \frac{P}{t_{p.o} / q + t_x + (\Sigma C + q t_e / n_y) \cdot \omega},$$

де $t_{p.o}$ — загальна тривалість ланцюжка несполучених операцій; t_x — холості ходи циклу лінії; ω — коефіцієнт зростання поза циклових втрат через неповну їхню компенсацію накопичувачами. Як видно, більш високу продуктивність, чим у найпростішого варіанта ($q = q_{min}$; $n_y = 1$; $p = 1$), можна одержати і за рахунок збільшення числа позицій однопоточної лінії з твердим зв'язком (крива $n_y = 1$, $p = 1$), так і за рахунок розподілу лінії (криві $n_y = 2$; 3), а також збільшення числа потоків (криві $p = 2$). У результаті, навіть якщо необхідна продуктивність Q_{TP} задана як строго визначена величина, існує кілька можливих варіантів, що відрізняються числом позицій і ділянок у лінії (рис. 2.2.). Якщо необхідна продуктивність задана в деякому можливому діапазоні $Q_{min} \leq Q_{TP} \leq Q_{max}$, число можливих варіантів побудови лінії збільшується.

Другим етапом є вибір з числа можливих варіантів, що задовольняють необхідної продуктивності, одного оптимального за економічними критеріями (строки окупності, ефективність капіталовкладень, приведені витрати).

Тому що на даному етапі кількість конкуруючих варіантів побудови ліній значно звужено, вибір оптимального варіанта може провадитися не за допомогою функціональних залежностей, а безпосереднім підрахунком очікуваних капіталовкладень K_i і експлуатаційних витрат C_i (чи I_i) для усіх варіантів, з наступним їхнім порівнянням за допомогою обраного критерію економічної ефективності. Якщо необхідна продуктивність при цьому задана в діапазоні, виникає і зважується додаткова задача оптимізації продуктивності проектованої лінії в припустимих межах ($Q_{min} < Q_{TP} < Q_{max}$).

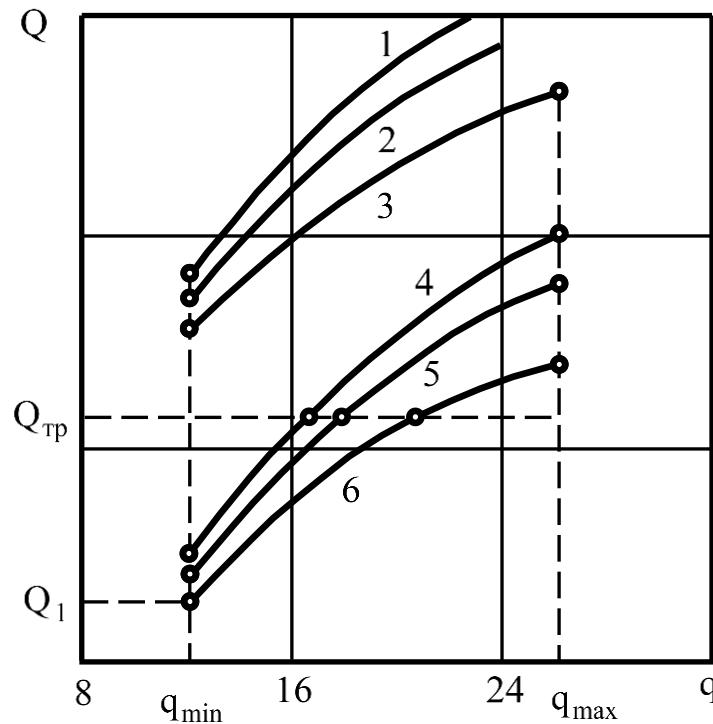


Рисунок 2.2— Графіки залежності продуктивності автоматичних ліній від чисел позицій q , ділянок n_y і паралельних потоків обробки p :

$$1 - p=2, n_y=3; 2 - p=2, n_y=2; 3 - p=2, n_y=1;$$

Зрозуміло, у залежності від конкретних умов у число конкурентних варіантів можуть бути внесені і такі, котрі мають більш високу очікувану продуктивність, ніж $Q_{\max}$. Так, для деяких виробів, оброблюваних на пристосуваннях-супутниках, одним з найдешевших способів збільшення продуктивності є збільшення числа деталей, оброблюваних одночасно на одному супутнику. Тут зблокована лінія з мінімальним числом позицій $q_{\min}$, де на кожному супутнику обробляються дві деталі, має майже вдвічі більш високу продуктивність, ніж Q_1 . Якщо $Q_{\text{тр}} \gg Q_1$, збільшення вартості супутників менш значно, чим додаткові витрати на вбудовані накопичувачі, ускладнення транспортної системи, додаткові верстати і т.д.

Розглянемо розрахунок і вибір оптимального варіанта побудови автоматичної лінії обробки ступінчастого вала (рис. 2.3.). Типовий технологічний маршрут обробки виходячи з забезпечення необхідної точності складають наступні процеси: 1 — фрезерування торців; 2 — зацентрування торців; 3 — чорнова токарська обробка всіх шийок; 4 —

чистова токарська обробка тих же шийок; 5 — прорізка канавок; 6 — зняття фасок.

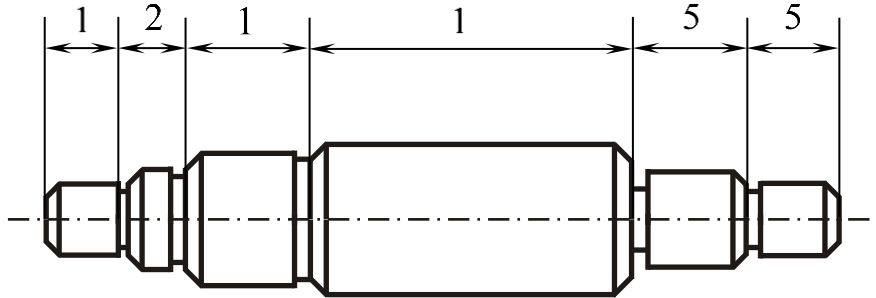


Рисунок 2.3— Типова оброблювана деталь —
ступінчастий вал (1 – 6 номери оброблюваних

Час виконання всіх операцій з диференціацією по елементах при обраних режимах обробки приведено в табл. 2.1. Необхідна продуктивність лінії $Q_{\text{ТР}} = 420$ шт/см (збільшення до 15%).

За умовами обробки (збереження довговічності верстатів) виконання чорнової і чистової обробок на одному верстаті не рекомендується. І, навпаки, відомі конструкції типового верстатного устаткування дозволяють виконувати в одній позиції повну обробку обох торців (послідовно фрезерування і зацентрування). Аналогічно можуть бути виконані в одній позиції всі операції прорізки канавок і зняття усіх фасок комплектом прорізнних і фасочних різців з поперечного супорта. Токарську обробку передбачається виконувати на токарних гідрокопіювальних напівавтоматах, придатних для вбудовування в лінію. Максимальна тривалість недиференційної операції — чистового обточування шийки $t_{\text{рі}} = 0,35$ хв.

Таблиця 2.1– Час виконання всіх операцій

Операції	t_{pi}	Операції	t_{pi}
Фрезерування торців	0,30	Чорнова токарська обробка:	
Зацентрування торців	0,10	а) шийки № 1	0,25
Чорнова токарська обробка:		б) шийки № 2	0,15
а) шийки № 1	0,15	в) шийки № 3	0,35
б) шийки № 2	0,10	г) шийки № 4	0,45
в) шийки № 3	0,30	д) шийки № 5	0,30
г) шийки № 4	0,35	е) шийки № 6	0,20
д) шийки № 5	0,20	Прорізка канавок	0,30
е) шийки № 6	0,15	Зняття фасок	0,15

Відповідно до обраних методів і маршруту обробки мінімальне число позицій лінії $q_{\min} = 4$. При цьому операцією, що лімітує, є чистове обточування всіх шийок, тривалість якого складає $t_{\max} = 0,25 + 0,15 + 0,35 + + 0,45 + 0,30 + 0,20 = 1,70$ хв.

Диференціюючи загальний обсяг обробки вала на число позицій (верстатів) більше чотирьох, одержуємо скорочення тривалості робочих ходів циклу. Як приклад на рис. 2.4.а, приведена технологічна схема обробки по позиціях при шестипозиційному ($q = 6$) варіанті лінії — для кожної з позицій I—VI показані оброблювані поверхні. Так, на позиції I виробляється фрезерування і зацентрування торців, на позиції II— чорнова токарська обробка шийок № 4, 5, 6 і т.д.

На рис.2.4. позначено: а — розподіл технологічного процесу по позиціях при диференціації на шість частин ($q=6$); б — розподіл технологічного процесу по позиціях при диференціації його на десять частин ($q=10$); в —

залежність часу робочих ходів циклу від ступеня диференціації технологічного процесу.

На рис. 2.4.,б, показана технологічна схема обробки при десятипозиційному ($q = 10$) варіанті лінії (позиції I—X). Як видно, на позиції I також виробляється фрезерування і зацентрування (ця обробка не лімітує цикл, $t_{p1} + t_{p2} = 0,40$ хв), а на позиції II виробляється тільки чорнове обточування шийок № 5 і 6, а шейку № 4 обробляється на позиції III. Максимальне число позицій визначається неможливістю дроблення довжини обробки шийки №3 (рис. 2.3.) при чистовому обточуванні $q_{\max} = 13$. Таким чином, для обробки вала, приведеного на рис. 2.3., навіть при найпростішій структурній побудові однопотокової обробки ($p_y = 1$) і жорсткого міжагрегатного зв'язку ($n_y = 1$) автоматичну лінію можна побудувати по 10 структурних варіантах, з числом позицій $q = 4, 5, 6, 7, 8$ і т.д. Чим більше число позицій (ступінь диференціації технологічного процесу), тим менше час робочих ходів лінії — при $q = 4$ $t_p = 1,70$ хв; при $q = 13$ $t_{p\max} = 0,35$ хв (рис. 2.4.,в).

Як правило, кожен структурний варіант лінії (з фіксованим числом верстатів і ділянок) можна реалізувати по декількох компоновочних схемах. Для лінії обробки східчастих валів такі варіанти відрізняються взаємним розташуванням верстатів і траси транспортування виробів, траєкторією переміщення виробів, типом транспортних механізмів і ін.

Відповідно до викладеного вище, мінімально можливе число робочих позицій лінії $q_{\min} = 4$. При цьому загальний обсяг обробки по окремих позиціях розподіляється відповідно до табл. 2.1. у такий спосіб:

фрезерування і центрування торців

$$t_p = 0,30 + 0,10 = 0,4 \text{ хв};$$

чорнова токарська обробка всіх шийок вала з переверотом вала для забезпечення роботи копіювального супорта

$$t_p = 0,15 + 0,10 + 0,304 - 0,35 + 0,20 + 0,15 = 1,25 \text{ хв};$$

чистова токарська обробка всіх шийок вала (також з його переверотом)

$$t_p = 0,25 + 0,15 + 0,35 + 0,45 + 0,30 + 0,20 = 1,70 \text{ хв};$$

прорізка канавок і зняття фасок $t_p = 0,30 \text{ хв}$.

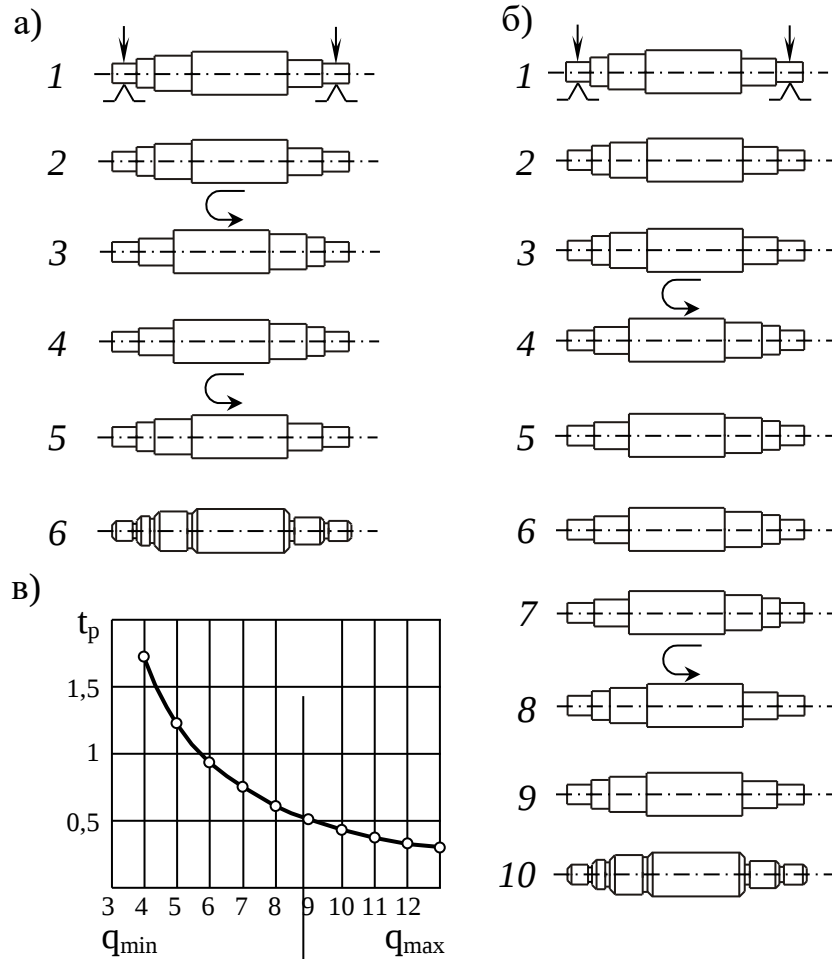


Рисунок 2.4– Варіанти побудови технологічного процесу обробки східчастого вала

Таким чином, при найпростішому варіанті побудови лінії ($q_{\min} = 4$; $n_v = 1$; $p = 1$) $t_{p\max} = 1,70 \text{ хв}$ і очікувана продуктивність

$$Q_1 = \frac{1}{1.7 + 0.25 + 0.12 + 0.02} = 0,47 \text{ шт/хв} = 225 \text{ шт./зм}.$$

Тому що продуктивність при такому варіанті значно менше необхідної ($Q_1 \ll Q_{Tp}$); послідовно виконуємо розрахунок очікуваної продуктивності при різному ступені диференціації технологічного процесу, тобто при збільшенні числа позицій $q > q_{\min}$ при жорсткому зв'язку і з розподілом лінії.

Метод розрахунку полягає в тому, що тривалість обробки на операції, що лімітує, дробиться на дві нерівні частини, що розподіляються вже на двох позицій.

Отже, черговий варіант має вже $q + 1$ позицій, час робочого ходу є час наступної по тривалості операції; відповідно змінюється і величина зовнішньоциклічних втрат $t_e(q + 1)$.

Так, що впливає по ступені диференціації варіант $q = q_{\min} + 1 = 4 + 1 = 5$ позицій виходить шляхом розподілу; чистової токарської обробки на дві позиції. Розподіл технологічного процесу по позиціях:

позиція I — фрезерування і центрування, $U = 0,40$ хв;

позиція II — чорнова обробка, $t_p = 1,25$ хв;

позиція III — чистова обробка шийок 4, 5, 6, $t_p = 0,95$ хв;

позиція IV — чистова обробка шийок 1, 2, 3, $t_p = 0,75$ хв;

позиція V — прорізка канавок і зняття фасок, $t_p = 0,30$ хв.

Операцією циклу, що лімітує, є чорнова обробка на позиції II, $t_{p\max} = 1,25$ хв. Продуктивність при варіанті $q = 5$

$$Q_5 = \frac{1}{1.25 + 0.25 + 0.12 + 0.02 \cdot 5} = 0,58 \text{ шт/хв} = 290 \text{ шт/зм.}$$

При $q = 6$ чорнова обробка диференціюється на дві частини. Розподіл технологічного процесу по позиціях (див. рис. 2.4.,б):

позиція I — фрезерування і центрування, $t_p = 0,4$ хв;

позиція II — чорнова обробка шийок 1, 2, 3, $t_p = 0,55$ хв;

позиція III — чорнова обробка шийок 4, 5, 6, $t_p = 0,70$ хв;

позиція IV — чистова обробка шийок 4, 5, 6, $t_p = 0,95$ хв;

позиція V — чистова обробка шийок 1, 2, 3, $t_p = 0,75$ хв;

позиція VI — прорізка канавок і зняття фасок, $t_p = 0,30$ хв.

Операція, що лімітує чистова обробка шийок 4, 5, 6; $t_{p\max} = 0,95$ хв; очікувана продуктивність

$$Q_6 = \frac{1}{0.95 + 0.25 + 0.12 + 0.02 \cdot 6} = 0,69 \text{ шт/хв} = 330 \text{ шт/зм.}$$

При $q = 7$ чистова обробка правої сторони вала (рис. 6.3.) дробиться на дві частини, що лімітуючою операцією є чистова обробка лівої сторони вала, $t_{ршах} = 0,75$ хв.

Продуктивність

$$Q_7 = \frac{1}{0.75 + 0.25 + 0.12 + 0.14} = 0,79 \text{ шт/хв} = 380 \text{ шт/зм.}$$

Результати послідовних розрахунків для $q = 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13$ зведені в табл. 2.2. і приведені на рис. 2.5.

При $q \leq 12$ процес диференціації йде шляхом рознесення по різних позиціях елементарних операцій (зокрема, обробки різних шийок). При $q = 13$ необхідно розділити на дві частини довжину чистової обробки шийки 4, що допускається. Після цього найбільш тривалою операцією виявляється чистова

обробка шийки 4, $t_p = 0,35$ хв, що не допускається. Тому будь-які варіанти подальшої диференціації технологічного процесу ($q > 13$) не приведуть до підвищення продуктивності, тому що операція, що лімітує, як і раніше має

$t_{рmax} = 0,35$ хв. Таким чином, технологічно максимальне число позицій ліній $q_{max} = 13$; тільки при жорсткому міжагрегатному зв'язку лінія може бути побудована по 10 варіантах ($4 \leq q \leq 13$). При діленні лінії на ділянки ($n_y = 2, 3, 4$) лінія при тому же числі позицій має більш високу продуктивність завдяки зменшенню сумарних позациклових втрат. Результати розрахунків приведені в таблиці 2.2. та на рис. 2.5.

Таблиця 2.2–Результати розрахунків

Число робочих позицій q	$T_{pmax,ХВ}$ ·	$Q_q, \text{шт/см}$			
		$n_y=1$	$n_y=2$	$n_y=3$	$n_y=4$
4	1,70	225	232	—	240
5	1,25	290	—	—	—
6	0,95	330	360	380	—
7	0,75	370	—	—	—
8	0,70	390	435	435	475
9	0,55	430	—	520	—
10	0,50	445	510	—	—
11	0,45	460	—	—	590
12	0,4	475	535	610	510
13	0,35	490	—	—	—

Якщо не розглядати ділення лінії на число ділянок більш чотирьох (через малий приріст продуктивності), то в загальному підсумку однопотокову автоматичну лінію для обробки вала при тих самих методах, маршруті і режимах обробки можна побудувати по 21 структурному варіанті.

Якщо ж врахувати, що мається сім компоновочних варіантів побудови лінії, незалежно від числа позицій, то всього для обробки вала (рис. 2.3.) можливо $21 \times 7 = 147$ структурно-компоновочних варіантів побудови автоматичної лінії. Кожний з цих варіантів має неповторюване сполучення таких показників, як тривалість обробки t_p , робочого циклу T , продуктивності Q (на рис. 2.5. відзначені кружечками), вартості, кількості обслуговуючих робітників, експлуатаційних витрат і т.д.

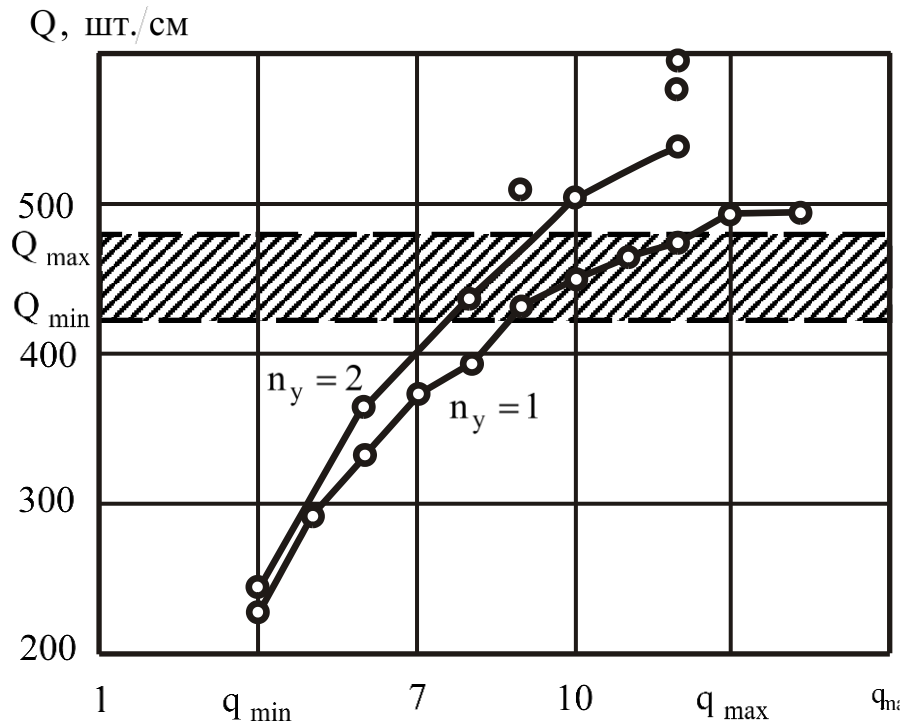


Рисунок 2.5– Продуктивність автоматичних ліній обробки
східчастого вала при різних структурних варіантах компоновання

Порівнюючи характеристики різних варіантів по продуктивності з необхідною величиною, можна бачити, що заданому діапазону $Q_{TP} = 420—480$ шт./зм. відповідають шість можливих варіантів побудови лінії (на рис 2.5. попадають у заштриховану зону).

2.2 Вибір комплектного електропривода

Згідно продуктивності та кількості послідовних перемикачів координат задля забезпечення технологічного процесу більше всього підходить комплектний електропривод «КЕМЕК». Особливо привабливо у цьому електроприводі наявність адаптивного регулятора, що можна використовувати для рівномірної транспортовки різних заготовок з різним вантажом. Комплектні електроприводи типу «КЕМЕК» виробництва Болгарії призначені для промислових робіт з послідовною роботою координат (по осях). З 1987р. приводи типу «КЕМЕК» випускаються у варіанті використання їх у приводах

подач верстатів із ЧПК. Всі основні схемотехнічні рішення аналогічні приводам, призначеним для роботів.

У комплект привода входять напівпровідниковий перетворювач, трансформатор, комутатор і три електродвигуни одного типу.

Технічні характеристики привода цілком задовольняють вимогам «*Интерелектро*», діапазон регулювання частоти обертання складає 1:10000, сумарна похибка на мінімальній частоті не перевищує 4 % .

Конструкція перетворювача і схемні рішення його інформаційної електроніки максимально уніфіковані із широко розповсюдженою серією електроприводів типу «КЕМРОН». Усі комплектуючі вироби, за винятком двигуна, мають ступінь захисту IP00. Двигун має ступінь захисту IP44. Перетворювач призначений для умонтування в станцію керування.

Блок електроніки оформлений як «зошит» з чотирьох плат, три з яких обертаються навколо горизонтальної осі. Умовні найменування плат, що входять у блок електроніки, що впливають:

- живлення і керування тиристорів;
- фазове керування;
- логіка і захисти;
- регулятори.

У комплект привода входять:

- шестиімпульсний реверсивний тиристорний перетворювач типу 2РЕВ16;
- багатомоментні електродвигуни серії 1П12.11 – 4,7 Н·м (3 шт.);
- силовий трансформатор типу Т1ЕВ – 1,7 кв·А;
- комутатор переключення координат.

Робочі умови:

- температура навколишнього повітря (без двигуна) 5 – 45 °;
- температура навколишнього повітря для двигуна 5 – 40 °;

- відносна вологість повітря не більш 80 % при 30 ° ;
- висота над рівнем моря до 1000 м;
- навколишнє середовище – вибухобезпечна, без струмопровідного пилю й агресивних газів і пар у концентраціях, що руйнує метали й ізоляцію.

Технічні дані:

До складу привода входять три електродвигуни постійного струму типу 1П12.11 з вбудованими тахогенератором і резольвером. Електродвигун є чотириполюсним. Статор складається зі сталеві станини і постійних магнітів з феррита стронцію. Якір складений з роторного пакета, обмотки, вала і колектора. У двигун вкладені провідникові й ізоляційні матеріали ізоляційного класу «F». Якір тахогенератора розташований на одному валу з якорем електродвигуна і притискається аксиально за допомогою гайки і шайб. На задньому підшипниковому щиті розташований штепсельний з'єднувач для живлення електродвигуна. Штепсельний з'єднувач для виходів тахогенератора і резольвера розташований на кришці.

Схема штепсельних з'єднувачів показана на рис. 2.6:

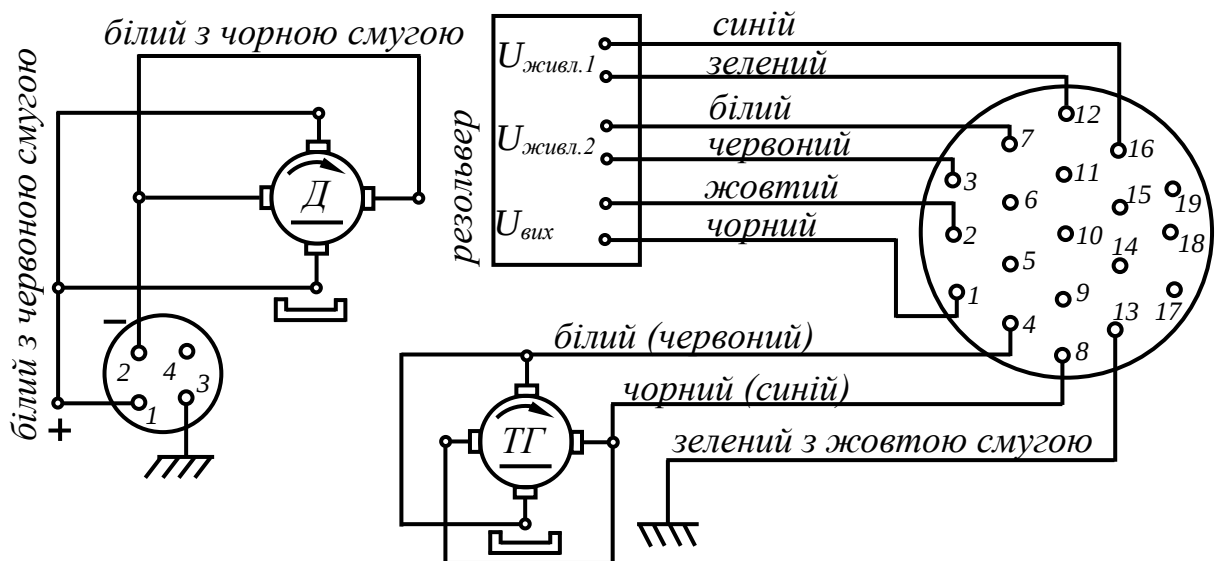


Рисунок 2.6—Схема штепсельних з'єднувачів

Тахогенератор має наступні технічні дані:

- крутість вихідної характеристики – 20 В/1000 Об/хв;
- термічно припустимий струм – (50 мА)

Вбудований резольвер:

- тип – РБ-2;
- зубцева пара у відношенні 5:1.

Електродвигун має наступні основні параметри:

- тип – 1П12.11;
- тривалий момент – 4,7 Н·м;
- номінальна частота обертання – 1000 хв. ⁻¹;
- максимальна частота обертання – 2000 хв. ⁻¹;
- номінальна напруга – 60 В;
- номінальний струм – 12 А;
- момент інерції – $5,4 \cdot 10^{-3}$ кг·м²;
- динамічна характеристика:
 - момент – 19 Н·м;
 - струм – 65 А;
- режим роботи – S1;
- ступінь захисту – IP44;
- маса – 13,8 кг.

Тиристорний перетворювач:

- тип – 2РЕВ16;
- номінальний струм – 20 А;
- максимальний струм (200 мс) – 80 А;
- керуюча напруга – 10 В;
- вхідний імпеданс (20 кОм);
- маса – 6,5 кг.

Силовий трансформатор:

- тип – Т1ЕВ-Dzn 380/105/32 – 1,7 кВ·А;
- виконання – трифазне;
- номінальна потужність – 1,7 кВ·А;
- номінальна первинна напруга – 380 В;
- номінальна вторинна напруга – 105 В;
- номінальний струм первинної обмотки – 2,7 А;
- номінальний струм вторинної обмотки – 9,8 А;
- маса – 18 кг.

Електропривод:

- тип – ТП – ДПТ (2РЕВ16 – 3 х 1П12.11);
- номінальний момент – 4,7 Н·м;
- максимальна частота обертання – 2000 хв.⁻¹;
- діапазон регулювання швидкості > 2000 хв.⁻¹;
- живляча напруга – 3 х 380 В +10 %, –15 %;
- частота живильного напруги – 50 Гц ±2 %;
- керуюча напруга – ±10 В;
- номінальний режим роботи – тривалий.

2.3 Функціональна схема електропривода

Перетворювач виконаний по трифазній реверсивній мостовій схемі випрямлення. Використано класичну схему підпорядкованого двоконтурного регулювання (рис. 2.7) з ПІ-регуляторами швидкості і струму. Контур струму є внутрішнім. Регулятор швидкості має адаптивне регулювання коефіцієнта підсилення і постійної часу інтегрування в залежності від частоти обертання. Керування – роздільне, без зрівняльних

струмів. Нелінійне струмообмеження забезпечує обмеження максимальне припустимого струму якоря у функції частоти обертання. Система імпульсно-фазового керування (СІФК) виконана по вертикальному принципі з можливістю регулювання початкового струму якоря при зміні лінійної опорної напруги. СІФК складається з трьох ідентичних каналів для кожної з фаз живильної ланцюга. Задаюча напруга від регулятора струму проходить через вузол завдання початкового кута. Блок логіки здійснює контроль за станом привода і захист від аварійних режимів. У приводі мається ряд захистів і індикацій світлодіодами, що знаходяться на платі логіки і фазового керування. Безпотенційний сигнал про готовність привода здійснюється нормально відкритим контактом герконового реле (0,5 А; 150 В; 12 Вт). При спрацьовуванні якої-небудь із захистів миттєво блокується подача керуючих імпульсів до тиристорів і відкривається контакт реле. Крім зазначених захистів перетворювач захищений від токових перевантажень і короткого замикання швидкодіючим автоматичним вимикачем типу АТ00/16 А. У такий спосіб розгалужений ланцюг електронних захистів і сигналізації забезпечує зручність експлуатації і швидкість усунення можливих несправностей.

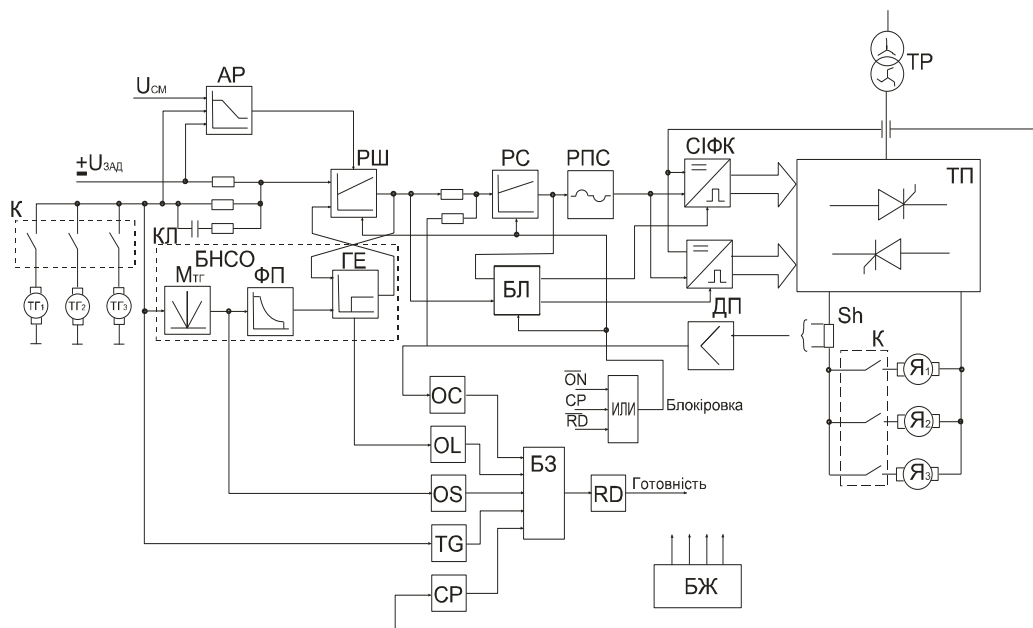


Рисунок 2.7– Функціональна схема електропривода

На схемі введені наступні позначення:

- РШ – регулятор швидкості;
- РС – регулятор струму;
- АР – адаптивний регулятор;
- КЛ – коригувальне ланка;
- МТГ – схема виділення модуля напруги тахогенератора;
- ФП – функціональний перетворювач;
- ГЕ – граничний елемент;
- БНСО – блок нелінійного струмообмеження;
- РПС – регулятор початкового струму якоря;
- БЛ – блок логіки роздільного керування;
- СІФК – система імпульсно-фазового керування;
- ТР – силовий трансформатор;
- Я – двигун;
- ТГ – тахогенератор;
- Sh – шунт;
- ПС – диференціальний підсилювач струму;
- ОС – захист від перевантаження по струму;
- OL – захист від тривалого перевантаження;
- OS – захист від перевищення максимальної частоти обертання;
- TG – захист від обриву ланцюга тахогенератора;
- СР – захист від неправильного підключення;
- RD – готовність;
- ON – сигнал «Робота» (Деблокування);
- БЗ – блок захисту;
- К – комутатор;
- БЖ – блок живлення.

РОЗДІЛ 3

РОЗРАХУНОК ПАРАМЕТРІВ КОМПЛЕКТНОГО ЕЛЕКТРОПРИВОДА

3.1 Вибір двигуна

Первісним етапом розрахунку привода є вибір виконавчого двигуна. Від правильного вибору двигуна залежать забезпечення всіх технологічних режимів обробки і необхідних динамічних характеристик, а також конструкція механічної частини привода. Виключення силового редуктора обумовило зниження загального моменту інерції механізму і збільшення припустимого для привода за умовами механічної міцності прискорення. Це забезпечило скорочення часу перехідних процесів, збільшення продуктивності конвеєра, поліпшення якості роботи внаслідок підвищення швидкодії всієї електромеханічної системи привода подачі як по керуванню, так і по навантаженню.

Частота обертання двигуна визначається по швидкості переміщення робочих органів конвеєра і передатного відношення механічної передачі:

$$n_{дв} = V(i/h)[об/хвл],$$

де h - крок гвинта; V - лінійна швидкість переміщення робочого органа; i - передатне число редуктора.

$$n_{Б.Х.} = \frac{V_{Б.Х.} \cdot i}{t_b} = \frac{4800}{2,4} = 2000 \text{ об/хв.};$$

$$n_{раб.мин} = \frac{V_{раб.мин} \cdot i}{t_g} = \frac{4,8}{2,4} = 2 \text{ об/хв.};$$

Визначення моментів інерції.

Момент інерції вузла, що поступально переміщається, приведений до валу двигуна:

$$J'_{\max} = (m_{yz} + m_d) \cdot \left(\frac{t_{\epsilon}}{2 \cdot \pi}\right)^2 \cdot \frac{1}{i_p^2} = 36 \cdot \left(\frac{0,0024}{2 \cdot \pi}\right)^2 \cdot \frac{1}{1^2} = 5,25 \cdot 10^{-6} \quad \text{кг} \cdot \text{м}^2;$$

Момент інерції сталевго гвинта :

$$J'_{\epsilon} = 7,7 \cdot 10^2 \cdot D_{cp}^4 \cdot \frac{L}{i_p^2} = 7,7 \cdot 10^2 \cdot 0,02^4 \cdot 1,3 = 0,00016 \quad \text{кг} \cdot \text{м}^2,$$

де D_{cp} - середній діаметр гвинта, м; L - довжина гвинта, м;

Момент інерції зубцюватої передачі, приведень до вала двигуна:

Сумарний момент інерції механізму

$$J'_{\Sigma} = J'_{\max} + J'_{\text{в}} + J'_{\Pi} = 5,25 \cdot 10^{-6} + 0,00016 + 0 = 0,000165 \quad \text{кг} \cdot \text{м}^2.$$

Момент на двигуні від сили навантаження:

$$M_{\text{рез}} = \frac{F_Z \cdot t_{\text{в}}}{2 \cdot \pi \cdot i_p \cdot \eta_1 \cdot \eta_2} = \frac{7000 \cdot 0,0024}{2 \cdot \pi \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,9} = 2,97 \quad \text{Н} \cdot \text{м}.$$

Момент від сили тертя в направляючих:

$$M_{\text{тр}} = \frac{(m_{yz} + m_d) \cdot g \cdot f_{\text{тр}} \cdot t_{\text{в}}}{2 \cdot \pi \cdot i_p \cdot \eta_1 \cdot \eta_2} = \frac{36 \cdot 9,81 \cdot 0,03 \cdot 0,0024}{2 \cdot \pi \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,9} = 0,0045 \quad \text{Н} \cdot \text{м}.$$

Статичний момент при опрацюванні:

$$M_{\text{ст}} = M_{\text{рез}} + M_{\text{тр}} = 0,0045 + 2,97 = 2,98 \quad \text{Н} \cdot \text{м}.$$

Статичний момент з урахуванням ПВ:

$$M_{\text{ст}} \cdot ПВ = 2,98 \cdot \frac{80}{100} = 2,38 \quad \text{Н} \cdot \text{м}.$$

Вибираємо двигун ПБСТ-32МУ;

$$P_{\text{ном}} = 0,8 \text{ кВт};$$

$$P_{\text{мах}} = 1,1 \text{ кВт};$$

$$U_{\text{н}} = 110 \text{ В};$$

$$n_{\text{ном}} = 1000 \text{ об/хв};$$

$$n_{\max} = 2500 \text{ об/хв};$$

$$\eta = 75\%;$$

$$R_{\text{я}} = 0,61 \text{ Ом};$$

$$R_{\text{дп}} = 0,61 \text{ Ом};$$

$$L_{\text{я}} = 8 \text{ мГн};$$

$$J_{\text{я}} = 0,024 \text{ кг} \cdot \text{м}^2;$$

$$M_{\text{н}} = 7,8 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Сумарний момент інерції привода:

$$J'_{\text{np}} = J'_{\Sigma} + J'_{\text{дв}} = 0,00016 + 0,024 = 0,024 \text{ кг} \cdot \text{м}^2;$$

$$M_{\text{дин}} = M_{i\max} = 7,3 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Динамічний момент $M_{\text{дин}}$ на двигуні:

$$\xi = \frac{M_{\text{дин}}}{J_{\text{np}}} = \frac{7,3}{0,024} = 322,8 \text{ с}^{-2};$$

Прискорення привода при розгоні до $n_{\text{б.х.}}$.

Година розгону до $V_{\text{б.х.}}$:

$$t_{\text{III}} = 0,2 \cdot V_{\text{б.х.}} \cdot \frac{i_p}{\xi \cdot t_{\text{с}}} = 0,2 \cdot \frac{4800}{60 \cdot 322,8 \cdot 2,4} = 0,02 \text{ с}.$$

Шлях розгону (гальмування):

$$t_{\text{разг}} = \frac{V_{\text{б.х.}} \cdot t_{\text{III}}}{2} = \frac{4800 \cdot 0,02}{2} = 48 \text{ мм}.$$

У даний час при проектуванні електроустаткування одним із найбільше раціональних способів є використання комплектних електроприводів, що задовольняють задані технологічні вимоги.

Вибір комплектного електропривода для приводу стрічкового конвеєра

по :

1) $I_{\text{нп}}$ – номінальному струму електропривода (КЕМЕК).

2) $U_{\text{нп}}$ – номінальній напрузі електропривода $U_{\text{н.п.}} > U_{\text{Max/эд}}$,

де $U_{\max \text{ эд}}$ – максимальна напруга на двигуні, необхідна для забезпечення $n_{\max}$ при швидкому переміщенні робочого органа. Для двигунів із збудженням від постійних магнітів $U_{\max}$ визначити зі співвідношення :

$$U_{\max} / n_{\max} = U_H / n_H.$$

$$U_{\max} = \frac{n_{\max} \cdot U_H}{n_H} = \frac{110 \cdot 4000}{2200} = 200 \text{ В.}$$

Приймаємо $U_{\text{нп}} = 220 \text{ В}$;

Тоді номінальний струм комплектного ЕП $I_{\text{нп}} = 4 \text{ Інд}$;

$$I_{\text{нп}} = \frac{P_H}{U_H} = \frac{800}{110} \cdot 4 = 29,1 \text{ А.}$$

Беремо $I_{\text{нп}} = 100 \text{ А}$.

Діапазон регулювання обертів D , що необхідно врахувати при виборі привода.

$$D \geq \omega_{\max} / \omega_{\min} \geq 1000,$$

де $\omega_{\max}$ $\omega_{\min}$ – максимальна і мінімальна частоти обертання двигуна при швидкостях швидкого переміщення і мінімальна робоча подача.

Вибираємо комплектний електропривод „КЕМЕК”.

3.2 Розрахунок тиристорного перетворювача

Приймаємо $E_{1\phi} = 220 \text{ В}$.

Розраховуємо $E_{\text{оп}} = 1,1 \cdot U_{\text{нп}} = 302 \text{ В}$.

Для приводу „КЕМЕК” приймається трифазна мостова схема ($m=6$), для якої:

Визначаємо коефіцієнт трансформації:

$$E_{2\phi} = \frac{E_{\text{оп}}}{2,34} = 129 \text{ В}; \quad q = \frac{E_{1\phi}}{E_{2\phi}} = \frac{220}{129} = 1,7.$$

Для „КЕМЕК” потужність трансформатора S_T визначити по потужності

$P_{H.OП}$ у ланцюзі випрямного току у відповідності зі схемою вмикання тиристорів при номінальному навантаженні ЕД.

$$P_{H.OП} = U_{HП} \cdot I_{HП} = 245 \cdot 29 = 8000 \quad \text{Вт};$$

$$S_T = P_{OП} \cdot K = 1,04 \cdot 8000 = 8320 \quad \text{Вт},$$

де K – коефіцієнт у залежності від схеми випрямувача;

Розраховуємо номінальні струми первинної та вторинної обмоток трансформатору:

$$I_{1H} = S_T / 3E_{1\phi} = \frac{8320}{3 \cdot 220} = 12.6 \quad \text{А};$$

$$I_{2H} = S_T / 3E_{2\phi} = \frac{8320}{3 \cdot 129} = 21.45 \quad \text{А},$$

Ія дані на конкретний трансформатор відсутні, то параметри P_{K3} та U_{K3} визначаємо приблизно для трансформатору тієї ж потужності.

$$P_{K3} = 1100 \text{ Вт};$$

$$U_{K3} = 5,5\%;$$

$$R = \frac{P_{K3}}{3 \cdot I_{2H}^2} = \frac{1100}{3 \cdot 21.45^2} = 0,797 \quad \text{Ом},$$

Активний опір фаз трансформатору:

$$R'_\phi = \frac{R}{2 \cdot q^2} = \frac{0,797}{2 \cdot 1.7^2} = 0,138 \quad \text{Ом};$$

$$R_\phi = 2 \cdot R'_\phi = 2 \cdot 0,138 = 0,276 \quad \text{Ом}.$$

$$\text{Визначаємо: } U = U_{K3} \cdot E_{1\phi} = 0,055 \cdot 220 = 11,44 \text{ В}.$$

$$\text{Визначаємо: } Z = \frac{U}{I_{1H}} = \frac{11.44}{12.6} = 0,9 \quad \text{Ом}.$$

Знаходимо: $X = \sqrt{Z^2 - R^2} = \sqrt{0,9^2 - 0,797^2} = 0,865 \quad \text{Ом.}$

Визначаємо індуктивний опір фази трансформатора:

$$X_{x\phi} = \frac{X}{2 \cdot q^2} = \frac{0,865}{2 \cdot 1,7^2} = 0,14 \quad \text{Ом.}$$

Визначаємо індуктивний опір мережі:

$$X_A = 2 \cdot X_{x\phi} = 2 \cdot 0,149 = 0,299 \quad \text{Ом.}$$

Тоді еквівалентний внутрішній опір тиристорного перетворювача дорівнює:

$$R_{\text{ЭП}} = \frac{m}{2 \cdot \pi} \cdot X_A + R_{\phi} = \frac{6 \cdot 0,299}{2 \cdot \pi} + 0,276 = 0,561 \quad \text{Ом;}$$

$$I_{\text{НП}} = \frac{I_{2H}}{0,82} = \frac{21,45}{0,82} = 26,16 \quad \text{А.}$$

Визначаємо номінальний струм ЕП.

Падіння напруги на тиристорах $U = 1 \text{ В.}$

Уточнюємо: $E_{\text{ОП}} = U_{\text{НП}} + U_{\text{В}} + R_{\text{ЭП}} \cdot I_{\text{НП}} = 275 + 1 + 0,561 \cdot 26,16 = 297 \quad \text{В.}$

Уточнюємо: $E_{2\phi} = \frac{E_{\text{ОП}}}{2,34} = 124 \quad \text{В.}$

$$L_{\text{ЭП}} = \frac{X_A}{2 \cdot \pi \cdot f} = \frac{0,299}{2 \cdot \pi \cdot 50} = 0,00095 \quad \text{Гн.}$$

Частота мережі $f = 50 \text{ Гц.}$

3.3 Обмеження зрівняльних струмів

Зрівняльні реактори застосовуються для обмеження зрівняльних токів при спільному керуванні вентиляними групами. У комплектному приводі застосоване роздільне керування. При роздільному керуванні індуктивність токообмежених реакторів дорівнює нулю:

$$L_{\text{ур}} = 0.$$

Вибираємо низькочастотні тиристори по граничним значенням параметрів режиму:

- по максимальному значенню середнього струму у відкритому стані:

$$I_B = 0,33 \cdot I_{HP} = 0,33 \cdot 26,16 = 8,63 \quad \text{А.}$$

$$I_{oc} > I_B; \quad I_{oc} > 8,6 \text{ А};$$

- по напрузі в закритому стані:

$$U_{обр.мах} = 1,05 \cdot E_{OP} = 1,05 \cdot 302 = 317,2 \text{ В};$$

$$U_{зпс} > U_{обр.мах}; \quad U_{зпс} > 317,2 \text{ В.}$$

Виходячи з даних вибираємо тиристор Т112-10-4; $I_{oc,удр.} = 150 \text{ А.}$

При однофазному перекиданні інвертора в мостовій схемі якір двигуна закорочен через вентилі. Індуктивність, необхідна для обмеження аварійного току на годину спрацьовування захисту, визначається по наближеній формулі:

$$L_{\Sigma}^{OP} \approx \frac{0,01 R_{OP}}{\ln \left(\frac{\frac{E_{HACH}}{R_{OP}} - I_{HACH}}{\frac{E_{HACH}}{R_{OP}} - I_{DOП}} \right)},$$

де R_{OP} – опір якірного ланцюга при струмі перекидання;

$\beta_T = 1,24$ – температурний коефіцієнт;

$$R_{OP} = \beta_T \cdot (R_{я} + R_{дп}) \cdot 1,5 = 1,24 \cdot (0,61 + 0,61) \cdot 1,5 = 2,26 \text{ Ом};$$

ЕРС двигуна перед перекиданням:

$$E_{нач} = C_{ов} \cdot n_{б.х.} \cdot \frac{\pi}{30} = 0,998 \cdot \frac{2000 \cdot \pi}{30} = 209 \quad \text{В.}$$

$$\text{Струм двигуна перед перекиданням:} \quad I_{нач} = I_H = 7,27 \quad \text{А.}$$

$$\text{Допустимий струм:} \quad I_{доп} = I_{oc,удр.} = 150 \quad \text{А.}$$

$$L_{\Sigma}^{\text{ОП}} \approx \frac{0,01R_{\text{ОП}}}{\ln \left(\frac{\frac{E_{\text{НАЧ}}}{R_{\text{ОП}}} - I_{\text{НАЧ}}}{\frac{E_{\text{НАЧ}}}{R_{\text{ОП}}} - I_{\text{ДОП}}} \right)} = \frac{0,01 \cdot 2,26}{\ln \left(\frac{\frac{209}{2,26} - 7,27}{\frac{209}{2,26} - 150} \right)} = -0,00213 \quad \text{Гн.}$$

Струмообмежувальний реактор не потрібен.

Обмеження струму через тиристори при короткому замиканні на стороні постійного струму

При короткому замиканні на стороні постійного струму реактор, що токообмежує, винний обмежити швидкість наростання аварійного струму, щоб він не перевищив небезпечного для тиристорів значення в плинні власного години спрацьовування захисних устроїв. Обмеження струму через вентилі може бути отримане за рахунок індуктивності розсіювання обмоток трансформатора й індуктивності в ланцюзі постійного струму.

Необхідна величина спільної індуктивності для мостової схеми :

$$L_{\Sigma}^{K3} \approx 3,64U_{2\phi} / (\omega_c (I_{\text{ДОП}} - I_{\text{НАЧ}}))$$

$$\text{де } \omega_3 = 2\pi f_c = 314,$$

де $I_{\text{НАЧ}}$ – початковий струм у момент короткого замикання $I_{\text{НАЧ}} = I_{\text{В}} = 8,63\text{А}$ при максимальному навантаженні ЕП;

$I_{\text{ДОП}}$ - максимально допустимий у спливанні півперіода струм вентиля;

$$I_{\text{ДОП}} = I_{\text{ос.удр}} = 150\text{А.}$$

$$U_{2\phi} = E_{2\phi} = 129\text{ В};$$

$$L_{\Sigma}^{K3} = \frac{3,64 \cdot 129}{314 \cdot (150 - 8,63)} = 0,01 \text{ Гн.}$$

Індуктивність додаткового реактору:

$$L_{\text{др}} := L_{\Sigma} - (L_{\text{ур}} + L_{\text{эп}}) \quad L_{\text{др}} = 9.651 \times 10^{-3} \text{ Н} \quad \text{Гн.}$$

Обмеження зони переривистих струмів

Переривистий струм можливий при роздільному керуванні вентиляними групами.

Для одержання зони граничного-безупинного режиму при заданому значенні кута регулювання ланцюг випрямленого струму повинен мати

індуктивність

$$L_{\Sigma}^{\text{HP}} = K_{\text{ГР}} E_{\text{оп}} / (\omega_c I_{\text{н.ГР}}),$$

$$\text{де} \quad K_{\text{ГР}} = \left(1 - \frac{\pi}{p} \operatorname{ctg} \frac{\pi}{p} \right) \sin \alpha$$

p - число пульсацій за період.

Для простих симетричних мостових схем $p=2m$.

Величина граничного-безупинного струму $I_{\text{нгр}}$ для забезпечення гарних динамічних характеристик приводу винна бути не більш величини струму двигуна при мінімальному моменті опору на валі.

При установці високомоментного двигуна на ходовому валі

$$M_{\text{схх}} = (0,2 - 0,3) M_{\text{н}}, \quad \text{тому} \quad I_{\text{н.ГР}} \leq (0,2 - 0,3) I_{\text{н}}.$$

Кут регулювання α_{max} визначити для $E_{\text{п}}$, відповідного W_{min} електропривода подачі з рівняння :

$$\omega_{\text{min}} = (E_{\text{оп}} \cos \alpha_{\text{MAI}} - I_{\text{н}} R_{\text{э}}) / C_{\text{дв}}.$$

$$\alpha = \arccos\left(\frac{\omega_{\text{min}} \cdot C_{\text{дв}} + I_{\text{н}} \cdot R_{\text{э}}}{E_{\text{оп}}}\right) = \arccos\left(\frac{0,2 \cdot 0,97 + 7,27 \cdot 2,83}{124}\right) = 68,9^\circ = 1,2 \text{ рад},$$

де $R_{\text{э}}$ – еквівалентний опір якірного ланцюга ЕП.

$$R_{\text{э}} = R_{\text{эп}} + \beta_{\text{т}} (R_{\text{я}} + R_{\text{дт}}) 1,5 = 0,561 + 1,24 \cdot (0,61 + 0,61) \cdot 1,5 = 2,83 \quad \text{Ом.}$$

$$K_{\Gamma P} = \left(1 - \frac{\pi}{p} \operatorname{ctg} \frac{\pi}{p}\right) \sin \alpha = \left(1 - \frac{\pi}{12} \cdot \operatorname{ctg} \left(\frac{180}{12}\right)\right) \cdot \sin(68,9^\circ) = 0,02.$$

$$L_{\Sigma}^{\text{HP}} = K_{\Gamma P} E_{\text{оп}} / (\omega_c I_{n.\Gamma P}) = \frac{0,02 \cdot 124}{314,159 \cdot 0,2 \cdot 7,27} = 0,005 \quad \text{Гн.}$$

Індуктивність додаткового реактора :

$$L_{\partial p} = L_{\Sigma}^{\text{HP}} - (L_{\text{я}} + L_{\text{yp}} + L_{\text{ЭП}}) = 0,005 - (0,008 + 0 + 0,00095) = 0,041 \quad \text{Гн.}$$

3.4 Сгладжування пульсацій випрямленого струму

Пульсації випрямленої напруги призводять до пульсацій випрямленого струму, що погіршують комутацію двигуна і збільшують його нагрів. У симетричних мостових і в нульових схемах найбільшу амплітуду мають основні гармоніки (до=1).

Амплітуди гармонік більш високої кратності (до=2, 3) значно менше, а дія реакторів на них більш ефективніше, тому розрахунки індуктивності дроселя для цих схем ведеться тільки по основній гармоніці, тобто при до=1.

Визначемо максимально можливу величину E_{nm} , що відповідає $\alpha=80^\circ$.

p - число пульсацій за період ,

$k=1$ – основна гармоніка.

$$E_{nm} = E_{оп} \cdot \frac{2 \cos \alpha}{k^2 p^2 - 1} \sqrt{1 + k^2 p^2 \operatorname{tg}^2 \alpha} = \frac{302 \cdot 2 \cdot \cos(69^\circ)}{1^2 \cdot 6^2 - 1} \cdot \sqrt{1 + 1^2 \cdot 6^2 \cdot \operatorname{tg}^2(69^\circ)} = 97 \quad \text{В.}$$

При відомій амплітуді основної гармоніки E_{nm} і припустимому діючому значенню основної гармоніки струму $P_{(1)} \%$ необхідна величина індуктивності ланцюга випрямленого струму може бути визначена за формою

$$L_{\Sigma}^{\Pi} = \frac{E_{nm} \cdot 100}{\sqrt{2} \cdot k \cdot p \cdot \omega_c \cdot P_{(1)} \cdot I_H} = \frac{97 \cdot 100}{\sqrt{2} \cdot 1 \cdot 6 \cdot 314,159 \cdot 10 \cdot 26,16} = 0,0139 \quad \text{Гн.}$$

Індуктивність додаткового реактора :

$$L_{др} = L_{\Sigma}^{\Pi} - (L_{я} + L_{ур} + L_{\Sigma\Pi}) = 0,0139 - (0,008 + 0 + 0,00095) = 0,0049 \quad \text{Гн.}$$

Остаточна величина додаткового реактора в ланцюзі якорі двигуна визначається по найбільшому значенню $L_{др}$. Тоді еквівалентна індуктивність якорного кола двигуна:

$$L_{я} = L_{др} + L_{я} + L_{ур} + L_{\Sigma\Pi} = 0,0049 + 0,008 + 0 + 0,00095 = 0,0139 \quad \text{Гн}$$

3.5 Розрахунок параметрів об'єкту регулювання

Еквівалентний опір якорного ланцюга двигуна:

$$R_{\Sigma} = R_{\Sigma\Pi} + \beta_T (R_{я} + R_{дп}) 1,5 = 0,561 + 1,24 \cdot (0,61 + 0,61) \cdot 1,5 = 2.83 \quad \text{Ом.}$$

Електромагнітна постійна часу якорного ланцюга двигуна:

$$T_{\Sigma} = L_{\Sigma} / R_{\Sigma} = \frac{0,0139}{2.83} = 0,0049 \quad \text{с.}$$

Електромеханічна постійна часу якорного ланцюга двигуна:

$$T_M = \frac{J R_{\Sigma}}{c_{дв}^2} = \frac{0,024 \cdot 2,93}{0,997^2} = 0,068 \quad \text{с.}$$

Коефіцієнт передачі тиристорного перетворювача.

Вибираємо СІФК з арккосінусною характеристикою $\alpha = \arccos(U_y)$.

Статична характеристика такого ТП лінійна,

$$K_{\Pi} = \frac{E_{оп}}{U_{y_{\max}}},$$

де $U_{y_{\max}} = 10\text{В}$ - напруга керування на вході ТП, що відповідає максимальній ЕДС на $E_{оп}$.

$$K_{\Pi} = \frac{E_{оп}}{U_{y_{\max}}} = \frac{302}{10} = 30,2.$$

Для практичних розрахунків передатну функцію ТП можна уявити у вигляді інерційної ланка:

$$W_{MN}(p) = \frac{K_{\Pi}}{T_{\Pi}p + 1},$$

$$\text{де } T_{\Pi} = \frac{1}{pf_c} = \frac{1}{6 \cdot 50} = 0,0033 \text{ с};$$

p – число пульсацій за період,

f_c – частота мережі.

Розрахунок параметрів регулятора й елементів контуру регулювання струму якорі в системі підпорядкованого регулювання.

Система підпорядкованого регулювання являє собою багатоконтурну систему з каскадним включенням регуляторів. При цьому число регуляторів і контурів регулювання дорівнює числу регульованих параметрів. У двоконтурній схемі (рис.4.1) вихідний сигнал регулятора швидкості, включень у зовнішній контур, є заданим для регулятора струму, включеного у внутрішній контур. Налаштування регуляторів відбувається незалежно і послідовно від внутрішнього контуру до зовнішнього.

Контур струму складається з об'єкта регулювання - ланцюга якоря двигуна, силового перетворювача і регулятора струму. Контур замикається зворотною зв'язок по величині напруги, що знімається з датчика струму в ланцюзі якорі.

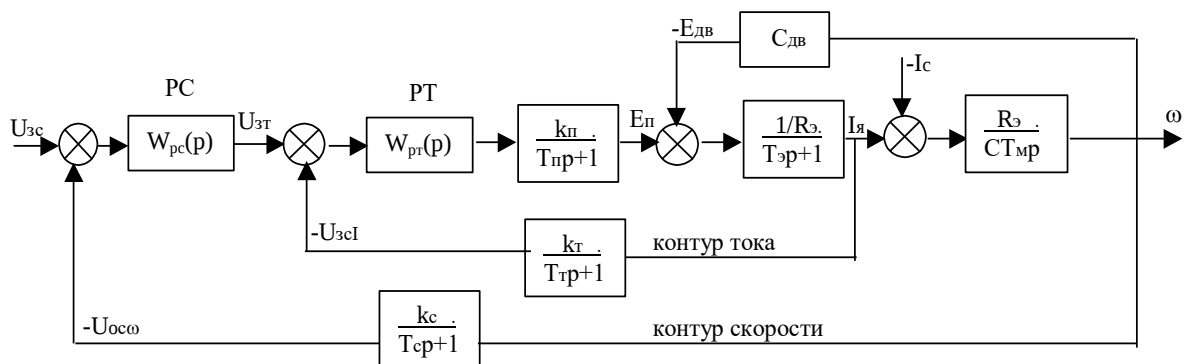


Рисунок 3.1– Двоконтурна система підпорядкованого регулювання

Передаточний коефіцієнт зворотного зв'язку за струмом:

$$K_T = \frac{U_{\text{ост. MAX}}}{I_{\text{ДВ. MAX}}} = \frac{10}{2 \cdot 7,27} = 0,688 \text{ Ом},$$

$$\text{де } U_{\text{ост. MAX}} = U_{\text{ЗТ MAX}} = 10\text{В}.$$

$I_{\text{дв max}}$ – максимально припустимий струм двигуна в перехідних процесах.

Налагодження регулятора струму

Тому, що об'єкт регулювання в контурі струму поданий аперіодичними ланками, застосовується ПІ-регулятор струму, що настроюється по модульному (технічному) оптимумі. При стандартному налагодженню контуру струму звичайно зневажають внутрішній зворотній зв'язок по ЕРС, що справедливо, якщо електромагнітна ($T_{\text{э}} = 0$; с; і електромеханічна ($T_{\text{м}} = 0,1025$ с) постійні двигуна значно перевершують постійну часу тиристорного перетворювача ($T_{\text{п}} = 0,00333$ с), і $T_{\text{м}} \gg T_{\text{э}}$, $T_{\text{т}} = 0,00066$ с;

$$T_{\mu} = T_{\text{п}} + T_{\text{т}} = 0,00333 + 0,00066 = 0,00399 \text{ с.}$$

Передаточна функція об'єкта регулювання контуру струму, приведеного до контуру з одиничною зворотною зв'язок:

$$W_{\text{обт}}(p) = \frac{K_{\text{п}} K_{\text{т}}}{T_{\mu} p + 1} \cdot \frac{1/R_{\text{э}}}{T_{\text{э}} p + 1}.$$

Передаточна функція оптимізованого контуру при налагодженні на модульний (технічний) оптимум:

$$W_{\text{опт}}(p) = \frac{1}{2T_{\mu} p (T_{\mu} p + 1)}.$$

Для одержання перехідного процесу в контурі струму, що відповідає налагодженню на МО, визначимо передатну функцію регулятора струму з рівності:

$$W_{\text{рт}}(p) \cdot W_{\text{об.т}}(p) = W_{\text{опт}}(p);$$

$$W_{\text{рт}}(p) = W_{\text{опт}}(p) / W_{\text{об.т}}(p) = \frac{R_{\text{э}} (T_{\text{э}} p + 1)}{2T_{\mu} p K_{\text{т}} K_{\text{п}}} = K_{\text{рт}} + \frac{1}{T_{\text{рт}} p}.$$

Коефіцієнт передачі ПІ-регулятора струму:

$$K_{\text{рт}} = \frac{R_{\text{э}} T_{\text{э}}}{2T_{\mu} K_{\text{т}} K_{\text{п}}} = \frac{2,83 \cdot 0,0049}{2 \cdot 0,00399 \cdot 0,688 \cdot 30,25} = 0,838.$$

Постійна години ПІ-регулятора струму:

$$T_{PT} = T_{\Sigma} / K_{PT} = \frac{0,0049}{0,0838} = 0,058 \quad \text{с.}$$

Передаюча функція регулятора струму:

$$W_{PT}(p) = K_{PT} + \frac{1}{T_{PT}p}.$$

Передаюча функція контуру струму:

$$W_{PKT}(p) = W_{PT}(p) \cdot W_{OBT}(p).$$

Розрахунок параметрів регулятора струму.

Для розрахунку параметрів регулятора (Рис. 3.2) можна задатися величиною ємності C_{oc} (наприклад $1\text{мкф}=10^{-6}\text{Ф}$)

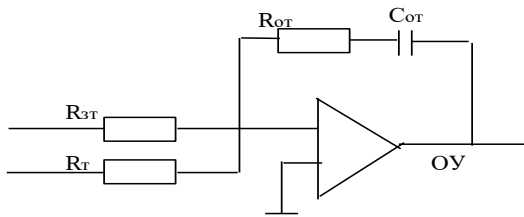


Рисунок 3.2—ПІ-регулятор струму

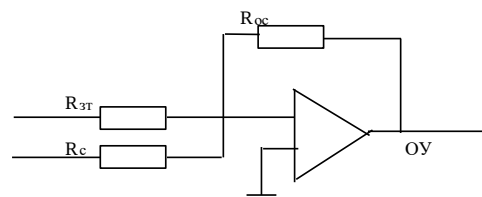


Рисунок 3.3—ПІ-регулятор швидкості.

Постійна часу зворотнього зв'язку регулятора:

$$T_{PT}^{\times} = T_{\Sigma} = R_{OC} C_{OC},$$

відкіля визначемо R_{OC} .

$$R_{OC} = \frac{T_{pm}}{C_{oc}} = \frac{0,0049}{10^{-6}} = 4900 \quad \text{Ом.}$$

Інші параметри :

$$R_{3T} = T_{PT}^{\times} / (K_{PT} C_{OC}) = T_{PT} / C_{OC} = \frac{0,0049}{1 \cdot 10^{-6} * 0,0838} = 58690 \quad \text{Ом.}$$

Коефіцієнт передачі датчика струму якоря:

$$K_{\text{ДЯ}} = (10/75 \cdot 10^{-3}).$$

Номінальний струм шунта вибираємо із умови $I_{\text{нш}} \geq I_{\text{нп}}$, де $I_{\text{нп}} = 26,16$.

$$I_{\text{нш}} = 40 \text{ А.}$$

Коефіцієнт передачі шунта:

$$K_{\text{шя}} = 75 \cdot 10^{-3} / I_{\text{нш}} = \frac{75 \cdot 10^{-3}}{40} = 0.00187.$$

$$R_T = \frac{K_{\text{шя}} K_{\text{ДЯ}} R_3}{K_T} = \frac{1,87 \cdot 10^{-3} \cdot 133,333 \cdot 58690}{0,688} = 21341 \text{ Ом.}$$

Розрахунок параметрів регулятора контуру швидкості

Об'єктом регулювання зовнішнього контуру швидкості є замкнений контур струму і ланка, що описує механічний опір двигуна.

$$K_M = \frac{R_\omega}{C} = \frac{2.83}{0,997} = 2.835 \text{ Ом/Ф.}$$

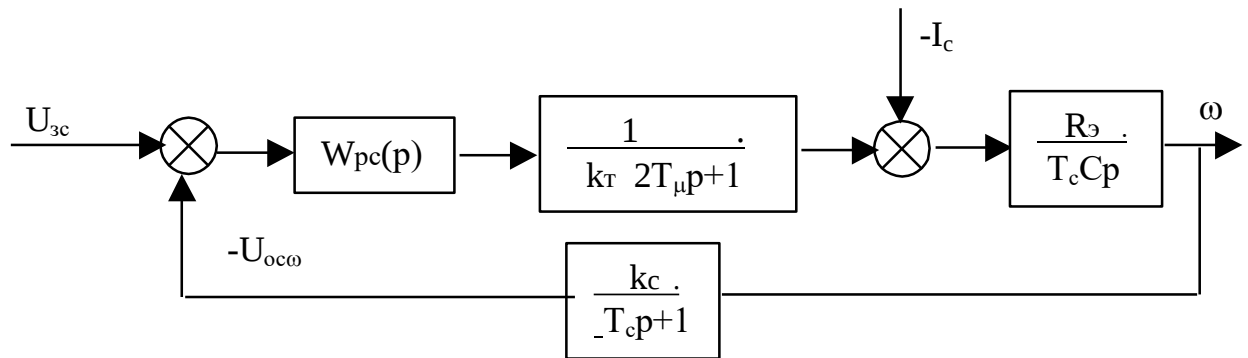


Рисунок 3.4—Структурна схема контуру швидкості

Перехідна функція об'єкта регулювання контуру швидкості:

$$W_{\text{обс}}(p) = \frac{1/K_T}{2T_\mu p + 1} \cdot \frac{K_M}{T_M p}.$$

Контур замикається інерційно зворотнім зв'язком по швидкості з передатною функцією:

$$W_{oc}(p) = \frac{K_c}{T_c p + 1},$$

$$K_c = \frac{U_{OC.W/MAX}}{\omega_{MAX}},$$

де $U_{OC.W/MAX}$ – напруга негативного зворотного зв'язку по швидкості,

$$U_{OC.W/MAX} = U_{ЗС.MAX},$$

$U_{ЗС.MAX}$ – напруга завдання максимальної швидкості,

$$U_{ЗС.MAX} = 10B,$$

ω_{MAX} – максимальний кутова швидкість двигуна.

$$K_c = \frac{U_{OC.W/MAX}}{\omega_{MAX}} = \frac{10}{261,8} = 0,038.$$

Еквівалентна постійна часу контуру швидкості:

$$T_{oc} = 0,00066 \text{ с.}$$

$$T_c = T_{oc}$$

$$T_{\mu c} = 2 \cdot T_{\mu} + T_{oc} = 2 \cdot 0,00393 + 0,00066 = 0,0086 \text{ с.}$$

Передаточна функція інерційної зворотного зв'язку по швидкості:

$$W_{oc}(p) = \frac{K_c}{T_c p + 1}.$$

Об'єкт регулювання характеризується більшої постійної години T_m , для компенсації якої можна застосувати П- або ПІ-регулятори швидкості. Системи підпорядкованого регулювання з П-регулятором швидкості є інтегрованими однократно. Вони забезпечують високу швидкодію і мале перерегулювання перехідних процесів, проте мають значний статизм. Такі системи електропривода не спроможні забезпечити великий діапазон регулювання швидкості.

Системи з ПІ-регулятором швидкості називають інтегровані дворазово. Вони забезпечують широкий діапазон регулювання і практично нульову статичну помилку при обуренні по моменті опору. При налагодженню

регулятора на симетричний оптимум характеризуються перерегулюванням 43%. Зменшити перерегулювання можна шляхом включення на вхід СУ фільтра (аперіодична ланка).

Налагодження П-регулятора швидкості

Передаточна функція контуру швидкості з П-регулятором:

$$W_{\text{ПКС}}(p) = k_{\text{РС}} \frac{1/k_T}{T_{\mu\text{C}} p + 1} \cdot \frac{k_C k_M}{T_M p} = k_{\text{ПРС}} \frac{1/k_T}{T_{\mu\text{C}} p + 1} \frac{C k_C}{J p}.$$

Корекція контуру здійснюється за рахунок зміни коефіцієнта підсилення регулятора:

$$k_{\text{ПРС}} = k_T T_M / (k_M k_C 2 T_{\mu\text{C}}) = \frac{k_T \cdot J}{2 T_{\mu\text{C}} k_C C} = \frac{0,688 \cdot 0,0241}{2 \cdot 0,00867 \cdot 0,988 \cdot 0,038} = 24,152.$$

Визначення коефіцієнта $K_{\text{РС}}$ по формулі характеризують налагодження контури по модульному (технічному) оптимумі з коефіцієнтом демпфирування перехідного процесу $\xi = \sqrt{2} / 2$.

Перехідна функція оптимізованного контуру швидкості :

$$W_{\text{ПКС}}(p) = \frac{1}{2 T_{\mu\text{C}} p (T_{\mu\text{C}} p + 1)},$$

тобто перехідний процес визначає тільки малу постійну часу $T_{\mu\text{C}}$.

Налагодження ПІ-регулятора швидкості

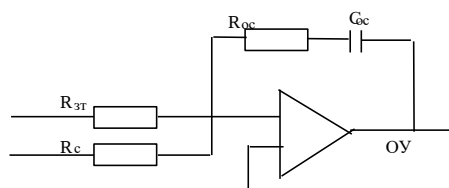


Рисунок 3.5— ПІ-регулятор швидкості.

Передаточна характеристика розімкнутого контуру швидкості з ПІ-регулятором:

$$W_{\text{ПІРКС}}(p) = k_{\text{ПІРС}} \frac{1 + T_{\text{РС}}^{\times} p}{T_{\text{РС}}^{\times} p} \cdot \frac{1}{k_{\text{T}}} \cdot \frac{1}{T_{\mu\text{C}} p + 1} \cdot \frac{k_{\text{C}} k_{\text{M}}}{T_{\text{M}} p}.$$

При стандартному налагодженню на симетричний оптимум визначимо параметри ПІ-регулятора :

$$W_{\text{ПІРКС}}(p) = k_{\text{ПІРС}} \frac{1 + T_{\text{РС}}^{\times} p}{T_{\text{РС}}^{\times} p} = k_{\text{ПІРС}} + \frac{1}{T_{\text{РС}} p}.$$

$$k_{\text{ПІРС}} = C k_{\text{T}} T_{\text{M}} / (R_{\text{Э}} k_{\text{C}} 2 T_{\mu\text{C}}) = 25.191.$$

$$T_{\text{РС}}^{\times} = 4 T_{\mu\text{C}} = 4 \cdot 0,00864 = 0,034 \quad \text{с.}$$

$$T_{\text{РС}} = T_{\text{РС}}^{\times} / k_{\text{РС}} = \frac{0,034}{25,191} = 0,0013 \quad \text{с.}$$

Підставимо значення $K_{\text{РС}}$ і $T_{\text{РС}}^{\times}$, одержимо:

$$W_{\text{ПІРКС}}(p) = (1 + 4 T_{\mu\text{C}} p) / (8 T_{\mu\text{C}}^2 p^2 (1 + T_{\mu\text{C}} p)) = K_{\text{ПІРС}} \cdot \frac{1 + T_{\text{РС}} \cdot p}{T_{\text{РС}} \cdot p}.$$

Тобто регулятор компенсував постійну часу, що є більшою - T_{M} і динамічні властивості контуру визначається тільки по малої постійної часу $T_{\mu\text{C}}$.

Передаточна функція (ПФ) фільтра на вході САК з ПІ-регулятором швидкості:

$$W_{\phi}(p) = \frac{1}{1 + 4 T_{\mu\text{C}} p}.$$

Розрахунок параметрів регулятора швидкості

Для розрахунку параметрів ПІ-регулятора швидкості (рис. 4,5), задавши розміром ємності $C_{\text{ос}}$ (наприклад $1 \text{ мкф} = 10^{-6} \text{ Ф}$), визначим $R_{\text{ос}}$ із відношення :

$$T_{PC}^{\times} = R_{OC} C_{OC};$$

$$R_{oc} = \frac{T_{PC}^{\times}}{C_{oc}} = \frac{0,034}{10^{-6}} = 34590 \quad \text{Ом.}$$

Інші параметри елементів регулятора:

$$R_{3C} = T_{PC}^{\times} / (k_{PC} C_{OC}) = T_{PC} / C_{OC} = \frac{0,00137}{10^{-6}} = 1373 \quad \text{Ом.}$$

$$R_C = k_{THT} R_{3C} / k_C = \frac{0,31 \cdot 1370}{0,038} = 11176 \quad \text{Ом.}$$

Побудова статичних характеристик

Для замкнутої системи відповідно до рівняння :

$$\omega = \frac{U_{3C}}{k_C} - \frac{Ik_T}{k_C k_{PC}} = \omega_0 - \Delta\omega_3.$$

Побудувати трьох характеристик для U_{3C} , відповідного до $\omega_{\max}$, ω_n , $\omega_{\min}$, відповідні швидкості переміщення.

Для розімкнутої системи відповідно до рівняння :

$$\omega = \frac{U_y k_{\Pi} - IR_{\mathcal{E}}}{C} = \omega_0 - \Delta\omega_p.$$

Побудувати три характеристики, розраховавши U_y , щоб оберни ідеальної холостої ходи збігалися з відповідними крапками характеристик для замкнутої системи. Для кожної пари характеристик

$$\omega_0 = \frac{U_{3C}}{k_C} = \frac{U_y k_{\Pi}}{C} \quad \text{звідки} \quad U_y = \frac{U_{3C} C}{k_C k_{\Pi}}$$

Знаходимо U_{zc} при ω_{max} ω_{min} ω_n

$$U_{zc} := \begin{pmatrix} 0.008 \\ 4.1 \\ 7.99 \end{pmatrix} \quad I := 0, 0.05..50$$

Для замкненої системи

$$\omega 1(I) := \frac{U_{zc0}}{K_c} - \frac{I \cdot K_T}{K_c \cdot K_{Ппрс}} \quad \omega 2(I) := \frac{U_{zc1}}{K_c} - \frac{I \cdot K_T}{K_c \cdot K_{Ппрс}} \quad \omega 3(I) := \frac{U_{zc2}}{K_c} - \frac{I \cdot K_T}{K_c \cdot K_{Ппрс}}$$

Для розімкненої системи

$$\omega 1'(I) := \frac{U_{zc0}}{K_c} - \frac{I \cdot K_T}{K_c \cdot K_{ПИпрс}} \quad \omega 2'(I) := \frac{U_{zc1}}{K_c} - \frac{I \cdot K_T}{K_c \cdot K_{ПИпрс}} \quad \omega 3'(I) := \frac{U_{zc2}}{K_c} - \frac{I \cdot K_T}{K_c \cdot K_{ПИпрс}}$$

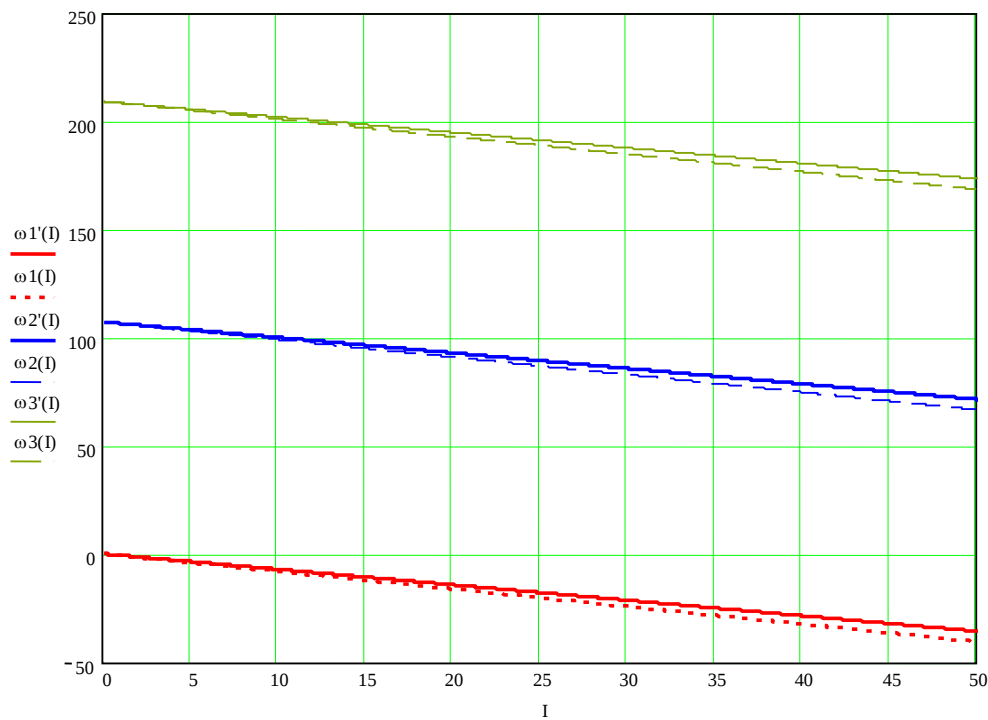


Рисунок 3.6– Статичні характеристики

3.6 Розрахунок та побудова перехідних процесів

Вихідні дані: $C_{дв}=0,998\text{В/с.}$ $R_3=2,83\text{Ом.}$ $T_M=0,068\text{с.}$ $K_{П}=30,2.$
 $K_{Ппрс}=25,191.$ $T_c=0,00066\text{с.}$ $T_{\mu 3}=0,00864\text{с.}$ $K_{Ппрс}= 24,151.$ $K_{рТ}=0,838.$
 $K_T=0,688.$ $T_3=0,0049\text{с.}$ $T_{П}=0,0033\text{с.}$ $T_r=0,00066\text{с.}$ $T_{прс}=0,0013\text{с.}$
 $T_{рТ}=0,058\text{с.}$ $K_c= 0,038.$

Далі побудова перехідних характеристик виконувалась у програмі “Сіам” з подальшим переносом отриманих характеристик у MathCad 7.0

ПФ ПІ-регулятора швидкості

$$W_{\text{ПІrc}}(p) := K_{\text{ПІrc}} \cdot \frac{1 + T_{\text{rc}} \cdot p}{T_{\text{rc}} \cdot p}$$

ПФ П-регулятора швидкості

$$W_{\text{Прc}}(p) := -K_{\text{Прc}}$$

ПФ ПІ-регулятора струму

$$W_{\text{pt}}(p) := K_{\text{pt}} + \frac{1}{T_{\text{pt}} \cdot p}$$

ПФ тиристорного перетворювача

$$W_{\text{тп}}(p) := \frac{K_{\text{тп}}}{T_{\text{тп}} \cdot p + 1}$$

ПФ датчика струму

$$W_{\text{dt}}(p) := \frac{K_{\text{T}}}{T_{\text{T}} \cdot p + 1}$$

ПФ датчика швидкості

$$W_{\text{dc}}(p) := \frac{K_{\text{C}}}{T_{\text{C}} \cdot p + 1}$$

ПФ фільтра

$$W_{\text{Ф}}(p) := \frac{1}{4 \cdot T_{\text{мс}} \cdot p + 1}$$

1

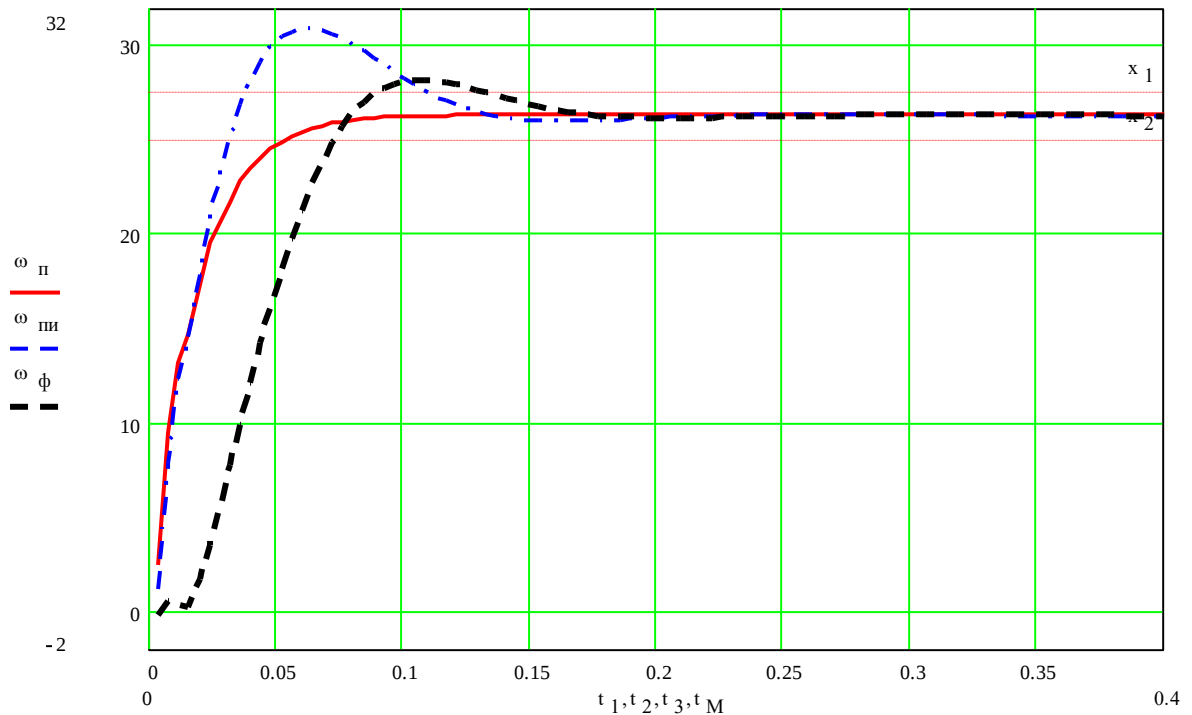


Рисунок 3.7– Перехідні характеристики по швидкості

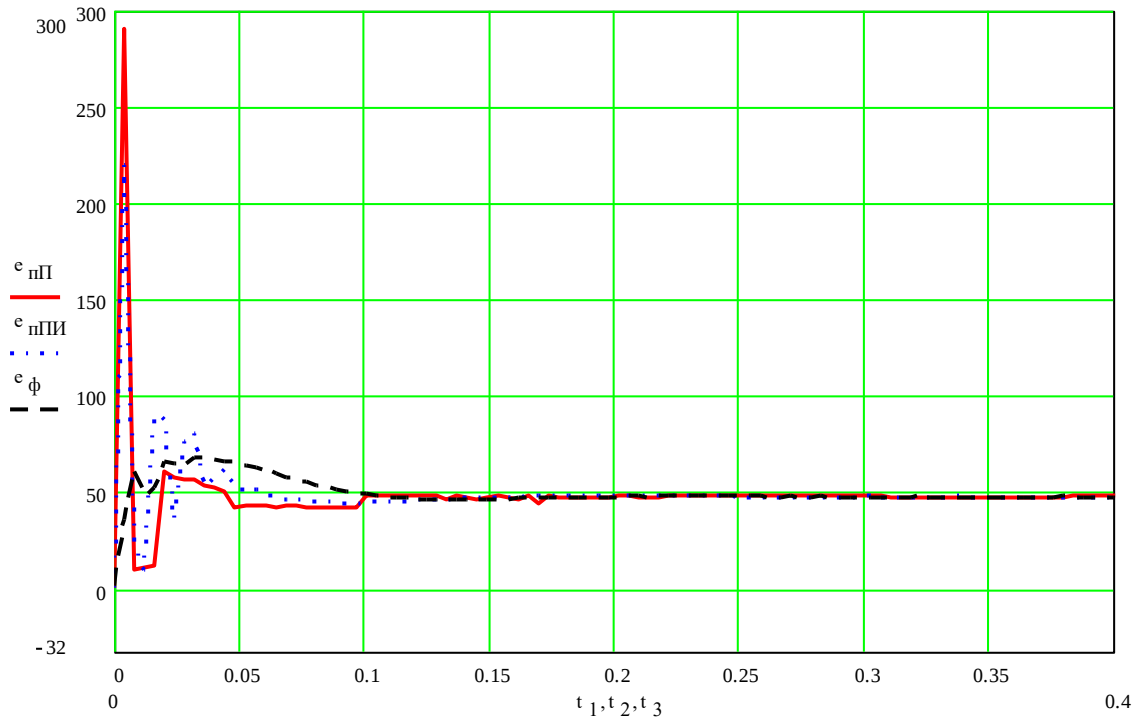


Рисунок 3.8– Перехідні характеристики по ЕРС

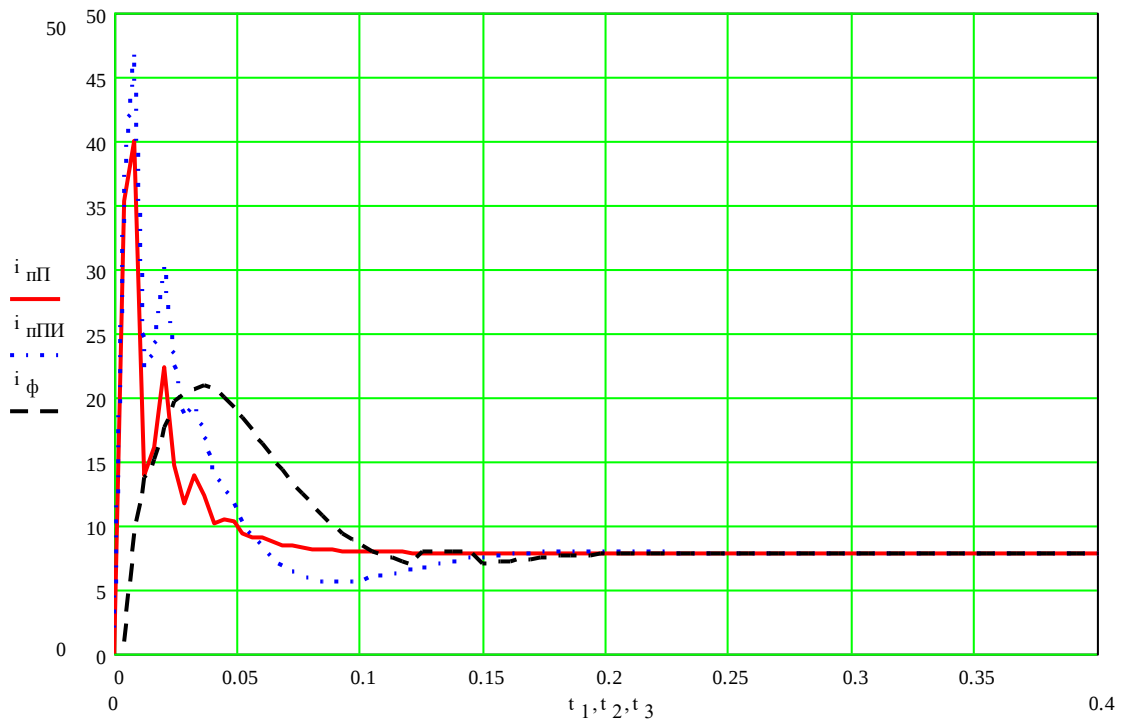


Рисунок 3.9– Перехідні характеристики по струму

РОЗДІЛ 4

ОХОРОНА ПРАЦІ

Охорона праці – система правових, соціально-економічних, організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних і лікувально-профілактичних заходів і засобів, направлених на збереження здоров'я і працездатності людини в процесі праці.

Задачами охорони праці є безпека праці, попередження травматизму і професійних захворювань і отруєнь, пожеж і вибухів на виробництві, правової охорони праці, інженерної психології і організації праці.

Робота людини повинна проходити в умовах, сприяючих розвитку всіх його можливостей і забезпечуючих високу продуктивність праці.

До шкідливих і небезпечних чинників відносяться ті чинники, вплив яких на працюючого в певних умовах приводить до захворювань, зниженню працездатності а також до травм або інших раптових погіршень здоров'я. Зведення до мінімуму вірогідності захворювань працюючого з одночасним забезпеченням комфорту при максимальній ефективності праці є першочерговим завданням охорони праці.

Закон України "Про охорону праці", дія якого розповсюджується на всі підприємства, незалежно від форм власності і принципів господарювання, закріплює право громадян на охорону праці і здоров'я. В законодавстві відображені правила організації охорони праці на підприємствах, сказано про планування і фінансування заходів щодо охорони праці; правила техніки безпеки і виробничої санітарії; правила і норми по спеціальній охороні праці жінок, молоді і людей із зниженою працездатністю; правила, які регулюють діяльність державного нагляду і цивільного контролю у сфері охорони праці, а також правові норми, в яких передбачається відповідальність за порушення законодавства "Про охорону праці".

4.1 Аналіз небезпечних і шкідливих виробничих чинників

Обчислювальний блок знаходиться на деякому видаленні від установки. Управління електроприводом здійснюється оператором з пульта керування.

Двигун змінного струму закріплений на фундаменті і є стаціонарною установкою, що живиться від мережі змінного струму.

До основних небезпечних і шкідливих виробничих чинників при роботі в цеху відносять:

- небезпека поразки електричним струмом;
- дія виробничих вібрацій на людину;
- шум на виробництві;
- неправильне виробниче освітлення;
- і інші.

Параметри мікроклімату

Приміщення цеху відносять до приміщень із значним надлишком явного тепла, і, отже, допустимі норми температури, відносної вологості, швидкості руху повітря в теплий період року складають 25 °С. при вологості 70% і швидкості повітря 0.7 м/с, в холодний і перехідний періоди року пониження температури повинно бути не нижче 10 град, зовні постійних місць роботи, а на робочих місцях для холодного і перехідного періодів температура повинна складати 18 °С. при відносній вологості 60% і швидкості повітря 0.3 м/с.

Дії шкідливих чинників на працюючих полягає в попаданні пилу в дихальні шляхи і легені організму людини, засмічення пір шкіри і погіршення теплообмінних властивостей організму з навколишнім середовищем.

Дія вуглекислого газу виявляється в утрудненні дихання і збільшенні ритму роботи серця.

Робоче освітлення цеху - штучне і природне, аварійне - штучне. Штучне освітлення в обох випадках загальне, забезпечене світильниками, розміщеними у верхній частині цеху (верхній зоні) рівномірно.

В кабіні операторів робоче освітлення загальне, забезпечене світильниками з люмінесцентними лампами, розташованими у верхній частині кабінки. Евакуаційне освітлення - штучне, загальне.

Контрастність об'єктів в майстерні велика (До $>0,5$).

Розряд зорової роботи в цеху - VI, до якого відносять розгляд предметів більше 5 мм

Норма освітленості рівна 200 лк, а коефіцієнт природного освітлення при сумісному освітленні - 1.8 до III пояса.

Якнайменша освітленість робочої поверхні виробничих приміщень і територій підприємства, що вимагають обслуговування при аварійних режимах складає 5% від освітленості, нормованої для робочих приміщень при системі загального освітлення, але не менше 2 лк.

Шум, що виникає при роботі цеху, ширококутовий постійний і при тривалій дії на людину приводить до розвитку професійних захворювань, пов'язаних з втратою слуху, що приводить до втрати працездатності.

Норма звукового тиску для оператора складає 65 дБ при частоті шуму вище 1000 Гц - високі частоти.

Пожежі на підприємстві представляє дуже низьку небезпеку.

В промисловості широке вживання отримали машини і устаткування, що створює вібрацію, несприятливо впливаючих на людину. Дія вібрацій не тільки погіршує самопочуття працюючого і знижує продуктивність праці, але часто приводить до важкого професійного захворювання - віброхвороби.

Вібрації виникають під час перехідних режимів при перевірці приладів, а також вібрація присутня і під час роботи верстатів.

Розглянемо дію електричного струму на людину. Проходячи через організм струм надає термічну (опіки окремих ділянок тіла, нагрів судин, нервів), електролітичну (розкладання крові і інших органічних рідин) і

біологічну (роздратування і збудження живих тканин організму) дії. Це різноманіття дії електричного струму нерідко приводить до різних електротравм, які умовно можна звести до двох видів.

- місцеві електротравми: електричні опіки, електричні знаки, металізація шкіри і електроофтальмія;
- електричний удар - збудження живих тканин організму проходячим через нього електричним струмом.

Для забезпечення електробезпеки роботи в цеху необхідно передбачити захисне заземлення - навмисне електричне з'єднання із землею або її еквівалентом металевих нетоковедучих частин, які можуть виявитися під напругою.

4.2 Розрахунок захисного заземлення

Згідно [9] повинні бути передбачені наступні заходи щодо забезпечення електробезпеки електроустановки:

- режим контролю живлячої мережі;
- захист від випадкового проникнення до струмопровідних частин електроустановки;
- контроль і профілактика пошкоджень ізоляції;
- заземлення;
- захисне відключення;
- вживання захисних засобів;
- організаційні і технічні заходи.

Підведення живлення до електродвигуна здійснюється за допомогою кабелю, укладеного в підземний кабельний канал.

Контроль ізоляції ланцюга 380 В здійснюється періодично при відключеній установці. При цьому вимірюється опір ізоляції окремих

ділянок мережі, електричних апаратів, двигуна. Вимірюються опір кожної фази щодо землі захисним апаратом.

Нормальним опором ізоляції кабелю нижче 1000 В вважається 0.5 МОм, вимірювання проводяться мегомметром на напругу 1000 В.

Контроль ізоляції мережі між двигуном та мережею напругою 380 В здійснюється постійно, оскільки пошкодження і пробій ізоляції приводить до виникнення підвищеної небезпеки поразки людини електричним струмом. Контроль здійснюється приладом постійного контролю ізоляції (ПКИ). Відлік опору ізоляції проводять за шкалою приладу. При зниженні опору ізоляції до гранично допустимого рівня 0.25 МОм прилад подає звуковий і світловий сигнали

Опір ізоляції двигуна складає 0.5 МОм у нормальному стані і вимірюється мегомметром на 500 В і 1000 В.

Захисне відключення забезпечує відключення установки при виникненні аварійних режимів.

Контроль напруги на корпусі двигуна здійснюється за допомогою схеми, що реагує на напругу корпусу щодо землі. В схемах цього типу датчиком служить реле напруги РЗ, включене між корпусом і допоміжним заземлителем. Схема здійснює захист від глухих замикань на землю і придатна в мережах з ізольованою і заземленою нейтраллю. Гідністю схеми є її простота. Недоліки - необхідність застосовувати допоміжний заземлювач, неселективність при загальному заземленні і відсутність самоконтролю.

Для захисту від режиму короткого замикання в кабельній лінії, що живить двигун застосований автоматичний вимикач, що розриває ланцюг при замиканні будь-якої з ліній на землю або між собою.

При спрацьовуванні будь-яким з перерахованих захистів забезпечена світлова сигналізація, що свідчить про несправність тієї або іншої частини установки.

Захисне заземлення передбачає особливе з'єднання металевих частин обладнання до землі, які не знаходяться під напругою у звичайних умовах,

але зможуть бути під напругою під впливом порушення, наприклад, ізоляції електричних пристроїв. Основним призначенням заземлення є пониження напруги до безпечної величини при торканні до металевих частин виробу людей. Заземлення розподіляють на штучне, коли виконується цільове призначення заземлення, та природне, коли використовуються розміщені в землі металеві вироби цільового призначення. В якості штучних заземлителів використовуються: прокладені в землі водопровідні та інші трубопроводи за виключенням трубопроводів горючої рідини, горючих або вибухонебезпечних газів, а також трубопроводів, які покриті теплозахисною ізоляцією або захисту від корозії. В якості заземлителів розподільних виробів використовуються опори мереж, які з'єднані з землею приладом за допомогою грозозахисного троса, якщо він не має ізоляції від опор. Природні заземлителі мають, як правило, малий опір проходженню струму та використовуються без штучних, що забезпечує суттєву економію метала. Для штучних заземлителів використовують звичайно вертикальні або горизонтальні електричні мережі. В якості вертикальних мереж використовують металеві труби діаметром 30 – 50 мм. або металеві уголки від 40 x 40 до 60 x 60 мм. Використовують також металеві прутки діаметром 10 – 12 мм.

Зв'язок між собою вертикальних мереж заземлення або самостійно виконаних горизонтальних мереж виконується з використанням металевих смуг розмірами не менше 4 x 12 мм.

Заземлюючи електроди виконують відповідно проектним документам. При цьому заземлителі не повинні розташовуватись близько гарячих трубопроводів або інших об'єктів, які забезпечують висихання ґрунта, а також в ґрунтах де можлива пропитка ґрунта нафтою, маслами та ін. Для виготовлення вертикальних заземлителів спочатку викопують траншею глибиною 0,7 – 0,8 м., а потім забивають труби або угольники. Верхні кінці

електродів, які розміщені в землі з'єднують металевою смугою за допомогою зварювання.

При розрахунку захисного заземлення визначають його параметри: кількість, розміри і розташування одиночних заземлителів, які забезпечують безпечну величину напруги для людини при умові замикання фази електричної мережі на корпус заземлюючого пристрою. Розрахунком визначається величина опору, при якому забороняється потік електричного струму від захисного заземлення в межах відповідних норм.

Відповідно правилам експлуатації електроустановок опір захисного заземлення не повинен бути більше 4 Ом при загальній напрузі до 1000 В. Опір проходження струму від однієї труби, розміщеної вертикально в землі від поверхні, визначається по формулі:

$$R_1 = \frac{\rho}{2 \cdot \pi \cdot L} \cdot \left(\ln \frac{2 \cdot L}{d} + \frac{1}{2} \cdot \ln \frac{4 \cdot Z + L}{4 \cdot Z - L} \right),$$

де:

Z - глибина розміщення труби;

$L=2,5$ м – довжина заземлителя;

$d = 0,04$ м – зовнішній діаметр;

$\rho = 70$ Ом·м – питомий опір ґрунту;

$Z_0 = 0,5$ м – глибина розміщення труби від поверхні землі ($z_0 \geq 0,5$ м).

$$Z = \left(Z_0 + \frac{L}{2} \right) = \left(0,5 + \frac{2,5}{2} \right) = 1,75 \text{ м}$$

$$R_1 = \frac{70}{2 \cdot 3,14 \cdot 2,5} \left(\ln \frac{2 \cdot 2,5}{0,04} + \frac{1}{2} \ln \frac{4 \cdot 1,75 + 2,5}{4 \cdot 1,75 - 2,5} \right) = 23 \text{ Ом.}$$

Так як $R_1 > R_{\text{дон}} = 4 \text{ Ом}$, то необхідно прийняти декілька заземлителів, які розташовуються паралельно.

Необхідна кількість заземлителів визначається по формулі:

$$n = \frac{R1}{\eta_B \cdot R_{дон}},$$

де: $\eta_B = 1$ - коефіцієнт металевого заземлювача.

$$\text{Тоді } n = \frac{23}{1.4} = 5,75 \text{ шт.}$$

Округляємо отримане число до цілого

$$n = 6.$$

Опір проходження струму від труб $R_{сис}$ визначається слідуючим співвідношенням:

$$R_{сис} = \frac{R1}{n \cdot \eta_1},$$

де:

$n = 6$ - кількість заземлителів;

$\eta_1 = 0,65$ - коефіцієнт впливу металевих заземлителів;

$$\text{Тоді } R_{сис} = 23/6 \cdot 0,65 = 5,9 \text{ Ом.}$$

Зв'язок вертикальних заземлителів виконується з'єднальними металевими смугами. Опір проходження струсу від смуги визначається по формулі:

$$R_{II} = \frac{\rho}{2 \cdot \pi \cdot L_{II}} \cdot \ln \frac{2 \cdot L_{II}^2}{B \cdot h},$$

де:

L_{II} - довжина смуги;

$$L_{II} = 1,05 \cdot a \cdot n = 1,05 \cdot (1 \div 3) \cdot l_{эн} \cdot n = 1,05 \cdot 2,5 \cdot 6 = 15,75$$

$d = 0,06 \text{ м}$ – ширина смуги;

$$h = Z_0 + \frac{d}{2} = 0,5 + \frac{0,06}{2} = 0,53 \text{ м.}$$

Тоді

$$R_{II} = \frac{70}{2 \cdot 3,14 \cdot 15,75} \ln \frac{2 \cdot 15,75^2}{0,06 \cdot 0,53} = 3,124 \text{ Ом.}$$

$$R_{\Pi} = \frac{R_{1\Pi}}{\eta_2} = \frac{3,124}{0,73} = 4,28 \text{ Ом},$$

де: $\eta_2=0,73$ - коефіцієнт полоси (в ряд).

Фактичний опір заземлюючого приладу, який вміщує вертикальні заземлители і з'єднуючі смуги, визначається як загальний опір при їх паралельному з'єднанні по формулі:

$$R_{\text{ОБЩ}} = \frac{R_{\text{СИС}} \cdot R_{\Pi}}{R_{\text{СИС}} + R_{\Pi}}$$

або

$$R_{\text{ОБЩ}} = \frac{5,9 \cdot 4,28}{5,9 + 4,28} = 2,5 \text{ Ом}.$$

Таким чином у результаті виконаного розрахунку отримане значення загального опору:

$$R_{\text{общ}}=2,5 < R_{\text{доп}}=4 \text{ Ом},$$

що відповідає нормативним вимогам проектного застосування захисного заземлення.

Захисне заземлення повинно проходити перевірку контролюючу величину опору:

- після виконання монтажних робіт та здачі в експлуатацію;
- не пізніше одного року після включення в експлуатацію.

4.3 Розробка заходів щодо зменшення небезпечних і шкідливих дій

Технічними заходами щодо забезпечення безпеки робіт є:

- відключення ремонтованої електроустановки і вживання заходів проти випадкового його включення;
- установка тимчасових огорож токоведучих частин і вивішування заборонних плакатів не "включати - працюють люди" або не "включати –

роботи на лінії";

- приєднання переносного заземлення до заземлюючої шини стаціонарного заземлюючого пристрою і перевірка відсутності напруги на токоведучих частинах, які для безпеки виробництва робіт підлягають замиканню накоротко і заземленню;
- накладення переносних заземлень на відключені токоведучі частини електроприводу відразу після перевірки відсутності напруги або включення спеціальних заземлюючих роз'єднувачів;
- огорожа робочого місця і вивішування на огорожі дозволяючий напис "Працювати тут".

Ці технічні заходи виконує допущений до роботи з числа оперативного ремонтного персоналу з кваліфікаційною групою не нижче III по дозволу особи, що віддає розпорядження на виробництво робіт.

Для запобігання аварій роботи по терміновому усуненню несправностей виконуються оперативно - ремонтним персоналом без наряду.

Безпека роботи в електроустановках забезпечується вживанням електротехнічних засобів захисту.

При роботі з електричними ланцюгами напругою до 1000 В застосовуються наступні основні захисні засоби:

- діелектричні рукавички;
- вимірювальні оперативні штанги;
- кліщі електровимірювань;
- покажчики напруги;
- слюсарно-монтажний інструмент.

До додаткових захисних засобів в електроустановках нижче 1000 В відносять галоші, гумові килимки, ізолюючі підставки.

Всі електротехнічні захисні засоби періодично проходять перевірку, і на них указується термін безпечного вживання.

РОЗДІЛ 5

ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

Сьогодні всі люди планети незалежно від їх расової чи класової приналежності, політичних поглядів чи ідеологічних уподобань все частіше називають Землю нашою спільною домівкою. Життя у цьому планетарному домі вивчає наука екологія.

Екологізація виробництва – один з провідних напрямів науково – технічної революції, покликаної не тільки забезпечити узгоджене функціонування природних і технічних систем, а й значно підвищити ефективність останніх. Таким чином, екологія все більше набуває особливостей прикладної науки.

В епоху науково – технічного прогресу антропогенні впливи на навколишнє середовище стають все більш інтенсивними і масштабними. Серйозну небезпеку представляє забруднення природних середовищ атмосфери, гідросфери і біосфери. У зв'язку з цим найбільшу важливість здобувають проблеми контролю якості і регулювання стану навколишнього середовища. Звідси випливає, що необхідно мати ясні представлення про характер і масштаби усіх видів антропогенних впливів на природні середовища (фізичних, хімічних, біологічних) і наслідках цих впливів, про способи оцінки стану забруднення атмосфери і водних об'єктів, про існуючі методи розрахунку і математичного моделювання поширення шкідливих домішок у навколишнім середовищі, а також про правові норми національного і міжнародного законодавства в області охорони навколишнього середовища від забруднення і виснаження.

В умовах інтенсивного використання природних ресурсів людиною залучення їх у господарську діяльність заподіює усе більш відчутний збиток самій природі. Вона стала втрачати свою унікальну здатність до самовідновлення, порушуються природні біологічні цикли, гальмуються процеси розвитку.

Екологічна проблема (як сукупність питань охорони навколишнього середовища і раціонального використання природних ресурсів), будучи проблемою глобальної, торкається інтересів усього населення нашої планети.

Забруднення біосфери, вичерпання природних ресурсів, руйнування екосистем, втрата природної здатності самовідновлення – все це вкрай небезпечні і складні процеси, розвиток яких викликане і стимулюється господарською діяльністю людини. До дійсного часу багато видів забруднюючих речовин, наприклад, метали, пил, пестициди, радіоактивні речовини, у зв'язку з атмосферними і гідросферними циркуляційними процесами виходять на регіональний і глобальний рівень, перетворюючи планету в єдину технобіологічну систему.

У зв'язку з приведеними фактами все більше значення приймає такий науковий напрямок як охорона навколишнього середовища. Вона і повинна стати концептуальною основою теоретичних розробок, тому що предметом її досліджень є біосоціальний процес взаємин між суспільством і навколишнім середовищем, а метою – визначення оптимальних шляхів розвитку й удосконалювання процесу взаємодії між ними при мінімізації шкідливого впливу господарської діяльності людини на стан навколишнього середовища.

У безпосередньому зв'язку з задачами охорони праці постає проблема захисту навколишнього середовища людиною – землі, води, повітря від промислових викидів і відходів виробництва.

Для суднобудування ці задачі необхідно вирішити особливо актуально тому, що суднобудівні підприємства розташовані, як правило поблизу, а часто в межах міст, де виробниче середовище є для більшості людей і середовищем проживання.

У нашій країні з метою подолання негативних тенденцій у сфері охорони навколишнього природного середовища, використання і відтворення, підвищення ефективності державного керування, вдосконалення системи координації і контролю за діяльністю органів виконавчої влади, підприємств, установ та організацій у цій сфері та відповідно до пункту 15 частини першої

статті 106 Конституції України Указом Президента України від 6 березня 2004 року №317/2004 спеціально уповноваженим центральним органом виконавчої влади з питань охорони навколишнього природного середовища, екологічної безпеки, заповідної справи, а також гідрометеорологічної діяльності є Міністерство охорони навколишнього природного середовища України. До складу Міністерства охорони навколишнього природного середовища входять урядові органи державного управління – Державна екологічна інспекція, Державна служба заповідної справи і Державна гідрометеорологічна служба.

5.1 Забруднення навколишнього середовища під час виробничого процесу

Для дослідження забруднення навколишнього середовища під час виробничого процесу візьмемо приклад конвеєра, який проектується в даному дипломному проекті.

При роботі конвеєру в цеху виникають деякі фактори, які забруднюють навколишнє середовище. Основними із них являються: шуми, вібрації, відходи відпрацьованих матеріалів та ін.

Шумове забруднення – це забруднення, що виникає внаслідок перетворення механічної енергії взаємодіючих між собою організмів в енергію акустичних коливань повітря.

Шум виникає від роботи двигунів верстатів, від взаємодії зубчастих колес у редукторах, від тертя гальмових колодок об вал двигуна при його зупинці, від тертя в підшипниках виконавчих механізмів, від зіткнення робочого органу з матеріалом, що підлягає обробці, (при входженні різця в метал заготовки або при виході з нього), а також при надмірно великих подачах виконавчого органу.

Для зменшення шуму обладнання, що встановлено всередині заводського приміщення, перш за все необхідно, щоб це приміщення було оброблено

відповідними звукопоглинаючими матеріалами. Зменшення в два рази часу ревербації відповідає збільшенню у два рази величини звукопоглинання, що дасть зменшення рівня дифузійного звукового поля тільки на 3 дБ. Також для зменшення шуму можна скористатись подвійним склом та штучною вентиляцією в звукоізовьованому приміщенні.

Виходячи з усього вище описаного можна зрозуміти, що живі організми і рослинність, що знаходяться в безпосередній близькості від цеху з верстатами, піддаються великій небезпеці, яка при тривалому впливі загрожує рослинному і тваринному світу поступовим вимиранням.

Вібраційне забруднення – це забруднення, що виникає внаслідок перетворення взаємодіючих між собою механізмів у механічну енергію коливань стін, стель і устаткування, що поруч знаходиться.

Вібрація з'являється під час обертання валів двигунів, деталі, яка обробляється або інструменту, при входженні різця в метал і виході з нього, при надмірно великих подачах.

Вібраційне забруднення згубно позначається на стані ґрунту. При тривалих коливаннях земної поверхні спостерігається явище, назване ерозією ґрунту. Ерозія ґрунту являє собою руйнування її цілісності. Якщо вчасно не попередити ерозію, то це може призвести до руйнування платформи на якій стоїть верстат, деформації стін в приміщенні де стоять верстати. Також вібрація негативно впливає на рослини та дерева, які знаходяться поблизу цеха, руйнуючи їх кореневу систему.

При встановленні обладнання в окремому приміщенні стіни і перекриття можуть бути надійною ізоляцією шуму, але мало протидіє поширенню вібрацій у вигляді пружних хвиль через фундаменти та інші конструкції.

Щоб не припустити передачі вібрацій від одної машини до другої через ґрунт, користуються пристроєм акустичних швів із засипкою фундаменту, що має вібрації, асбестовими крихтками, що являють собою нещільну масу перешкоджаючу розширенню коливальних рухів за межі засипки.

Для цієї ж мети передбачені й акустичні щілини шириною 10 см, в яких ізолюючим прошарком є повітря. Основа фундаменту агрегата, що вібрує, повинно бути нижче фундаментів стін будівлі виробничого приміщення.

Забруднення підприємствами рік походить від стічних вод:

- вод з механічними забрудненнями – піском, окалиною і невеликою кількістю фарб, емульсій, олій від верстатного парку;
- вод, які містять нафту і мастила з ділянок розконсервацій й обезжирювання деталей і заготівель від масло – гідравлічних деталей станка;
- хімічно забруднених вод від цехів гальванічних покриттів і участків травлення відпрацьованих кислотних і лужних розчинів, а також промивних вод;
- масло забруднених вод, використаних для охолодження технічного й іншого устаткування.

Монтаж зв'язаний із впливами на навколишнє природне середовище відходів розконсервацій вузлів і деталей, утворенням пилу при роботі зачисних і шліфувальних машинок, газів при роботі газозварювального устаткування.

5.2 Заходи щодо запобігання забруднень

Запобігання забруднень навколишнього середовища повинно здійснюватися за розробленим підприємством планом, погодженому з місцевими органами і нагляду по охороні і використанню природних ресурсів, державним санітарним наглядом і рибінспекцією.

Відповідальним за виконання заходів щодо запобігання забруднення акваторії є головний будівельник.

Передбачені організаційні і технічні заходи:

- Категорично забороняється зливати і скидати у водойми і каналізацію розчинники, олії, дрантя, застосовуваних при розконсервації деталей і вузлів монтажних блоків.
- Розконсервація деталей і вузлів повинні виконуватися на спеціальних ділянках, обладнаних закритими посудинами для збереження відходів, забруднюючих навколишнє середовище.
- Всі відходи повинні зберігатися в металевих посудинах із щільно зачиняючимися кришками і віддалятися в спеціально відведені для цієї мети місця.
- Легкоспалахуючі рідини для зняття консервації повинні опускатися в металевих бочках, ємністю не більш 2 літрів.
- У місцях зливу олій повинний бути встановлений піддон необхідної ємності.
- Відходи повинні регулярно вивозитися за межі підприємств і спалюватися в спеціальних місцях, погоджених із санепідемстанцією і пожежної охорони.

5.3 Пристрої, використовувані для очищення від забруднення

Боротьбі з шумом надають великого значення, створюючи поглинаючі екрани та фільтри, безшумні механізми, змінюючи технології виробництва і динаміку транспортних потоків конвеєрного випуску продукції. У разі коли рівень звукового тиску перевищує допустимі норми використовують індивідуальні та колективні засоби захисту (ізоляція джерела звуку чи робочих приміщень), вушні заглушки, навушники, шоломи.

Для зменшення впливу вібрації використовують віброізоляцію, вібродемфування, пружні основи й опори, віброгасні рукавички, прокладки, килимки. Встановлено допустимі норми вібраційних навантажень в октавних смугах від 2 до 2000 Гц для коливальних швидкостей від 0,45 – 1,12

до 4 см/с. Рівень коливань швидкості при зазначених параметрах змінюється від 99 до 120 дБ.

Очищення виробничих стоків виконується на підприємствах в основному місцевими засобами: брудовідстоювачами маслобензо-вловлювачами, нафтопастками, а також станціями нейтралізації і знешкодження води з гальванічних ділянок.

Ефективність очищення невелика і для інтенсифікації її рекомендується електромагнітна обробка стоків, під дією зовнішнього магнітного поля відбуваються структурні зміни макровластивостей цих водних систем.

Магнітне поле при цьому використовується для попередньої електромагнітної обробки стічних вод, що прискорює процес виділення твердих часток і для впливу зовнішнього магнітного поля на зону, у якій відбувається знезаражування стоків при нейтралізації кислих і лужних вод.

Для підвищення ступеня очищення стоків перспективним є також іспит ультразвукових установок.

На суднобудівних підприємствах низький коефіцієнт використання свіжої води через недостатнє впровадження систем оборотного водопостачання для повторного використання води.

При відносно малих і розосереджених витратах води а також неритмічності роботи водовживаюче устаткування в суднобудівному виробництві для повторного використання води можуть застосовуватися

малогабаритні градинки серії МГ. Ці градинки встановлюють поблизу технологічного устаткування. Вони не вимагають великих промислових площ, їхня довжина від 3,5 до 50 м/год. з охолодженням води до 8 – 12 °С.

Україна, на заходи щодо охорони природи, виділяє великі кошти, значні асигнування одержують підприємства й організації галузі. Головний резерв – вдосконалення технології, розробка і впровадження технологічних процесів, що дозволяють ощадливо використовувати вихідні матеріали й енергію і супроводжуються мінімальними викидами відходів у навколишнє середовище з утилізацією більшості відходів.

ВИСНОВКИ

Основною задачею магістерської роботи була розробка та заміна системи автоматичного керування електроприводом промислового конвеєра.

Відповідно до мети магістерської роботи були досягнені наступні результати:

- на підставі порівняльного аналізу існуючих типів систем автоматичного керування електроприводами постійного струму на базі тиристорного перетворювача, обрана система автоматичного керування зі зворотними зв'язками по струму і швидкості яка дозволяє забезпечити необхідний режим роботи електропривода з меншими енергетичними витратами і кращими показниками якості перехідного процесу $T_{\max}$, $\sigma_{\max}$;
- знижено споживання енергії на 10% завдяки раціональному вибору системи автоматичного керування і низьких втрат;
- розглянуті процеси, що відбуваються при транспортуванні вантажу, а також його орієнтування;
- зроблено аналіз впливу властивостей вантажу, що транспортується, на процес його руху.

Проведена робота дозволяє зробити наступні висновки:

- значна швидкість визначає продуктивність вібротранспортера в $100\text{м}^3/\text{год}$, що на порядок вище, ніж в існуючих конвеєрів вібраційного типу при однакових розмірах вантажонесучого органа;
- невеликі габарити тиристорного перетворювача сприяють зручному компонуванню з електроприводом;

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Гончаревич И.Ф.- «Вибрационная техника в промышленности», «Агропромиздат», 1988г.
2. Спиваковский А.О., Дьячков В.К. . - «Транспортирующие машины», «Наука». 1983г.
3. Спиваковский А.О., Гончаревич И.Ф.- «Вибрационные и волновые транспортирующие машины», «Наука», 1983г.
4. Гончаревич И.Ф., Фролов К.В.- «Теория вибрационной техники и технологии», «Наука», 1981г.
5. «Вибрации в технике» - справочник в 6 томах (т.4), «Машиностроение», 1981г.
6. Иванченко Ф.К.- «Конструкция и расчет подъемно – транспортных машин», «Выща школа», 1988г.
7. Спиваковский А.О., Гончаревич И.Ф.- «Вибрационные конвейеры, питатели и вспомогательные устройства», «Машиностроение», 1972г.
8. «Транспортные машины» - атлас конструкций, «Машиностроение», 1969г.
9. Самохвалов Я.А., Левицкий М.Я., Григораш В.Д.- Справочник техника – конструктора, «Техніка», 1978г.
10. Таблицы физических величин - Справочник, «Атомиздат», 1976г.
11. Анурьев В.И.- Справочник конструктора – машиностроителя т.3, «Машиностроение», 1980г.
12. Новак С.М., Логвинец Л.С.- «Защита от вибрации и шумов в строительстве», Справочник, «Техніка», 1990г.
13. Ивович В.А., Онищенко В.Я.- «Защита от вибрации в машиностроении», «Машиностроение», 1990г.
14. Корн Г, Корн Т.- Справочник по математике для научных работников и инженеров, «Наука», 1977г.
15. Клюкин И.И.- «Судовая виброакустика», «Судостроение», 1981г.

16. Шарейко Д. Ю., Вербін О.О., Кошман М.В. Визначення діапазону керування в електроприводі / Інновації в суднобудуванні та океанотехніці : XIV Міжнародна науково-технічна конференція : матеріали. – Миколаїв : НУК, 2023. – С. 361-363.

17. Білюк І.С., Шарейко Д.Ю., Савченко О.В., Єжова О.А., Воєвода Л.Д. Модернізація п'ятикоординатного обробляючого центру з горизонтальним шпінделем / Proceedings of the 8 th International Scientific and Practical Conference Scientific trends and trends in the context of globalization Umeå, Kingdom of Sweden: № 51(225) November, 2024. pp 288-304.

Модернізація електропривода промислового конвеєра

Студентка магістратури: *Воєвода Людмила Денисівна*

Науковий керівник: *к.т.н., доцент Шарейко Дмитро Юрійович*

Віброконвеєри отримують все більш широке застосування в самих різноманітних галузях промисловості. Основними перевагами віброконвеєрів є: незначне подрібнення переміщуваного вантажу в процесі транспортування, нікчемний знос вантажонесущого органу, простота конструкцій транспортних установок, майже повна відсутність деталей, що труться і швидко зношуються, легкість обслуговування і відходу, невисока енергоємність, безпека експлуатації, можливість завантаження і розвантаження в будь-якій точці, зростання ефективності при транспортуванні під схил, а головне—орієнтування деталей.

Тому метою дослідження є відпрацювання загальних положень щодо створення систем керування електроприводів які сполучають метод транспортування навішених кілець з віброконвеєрами.

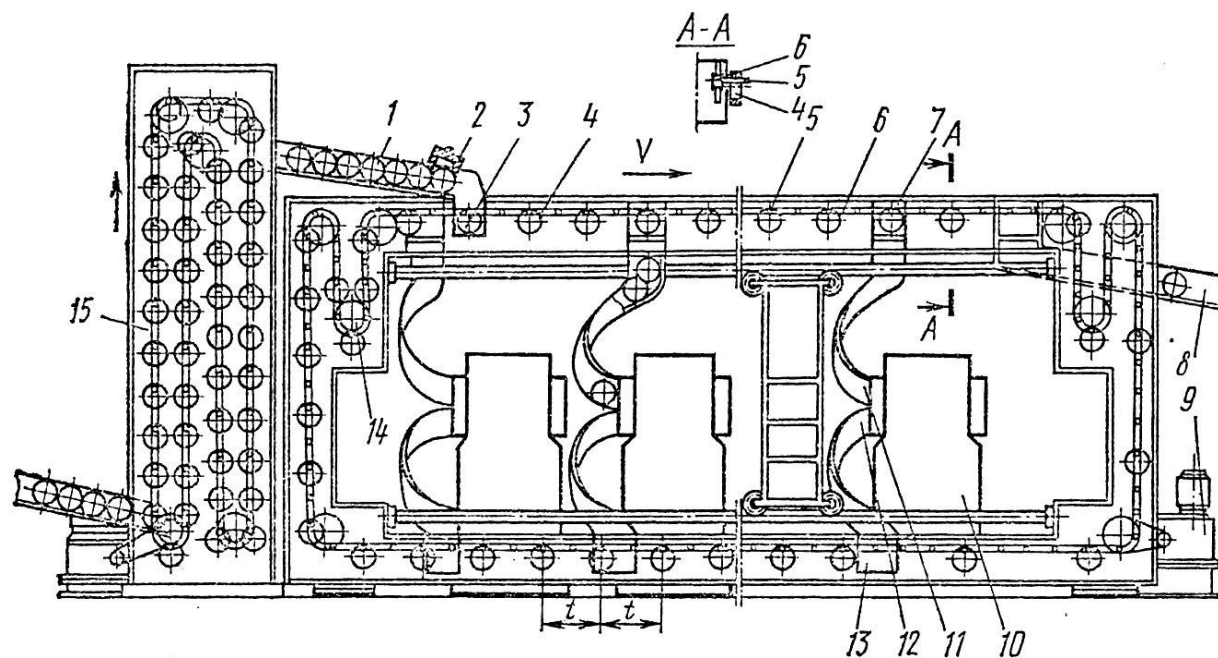
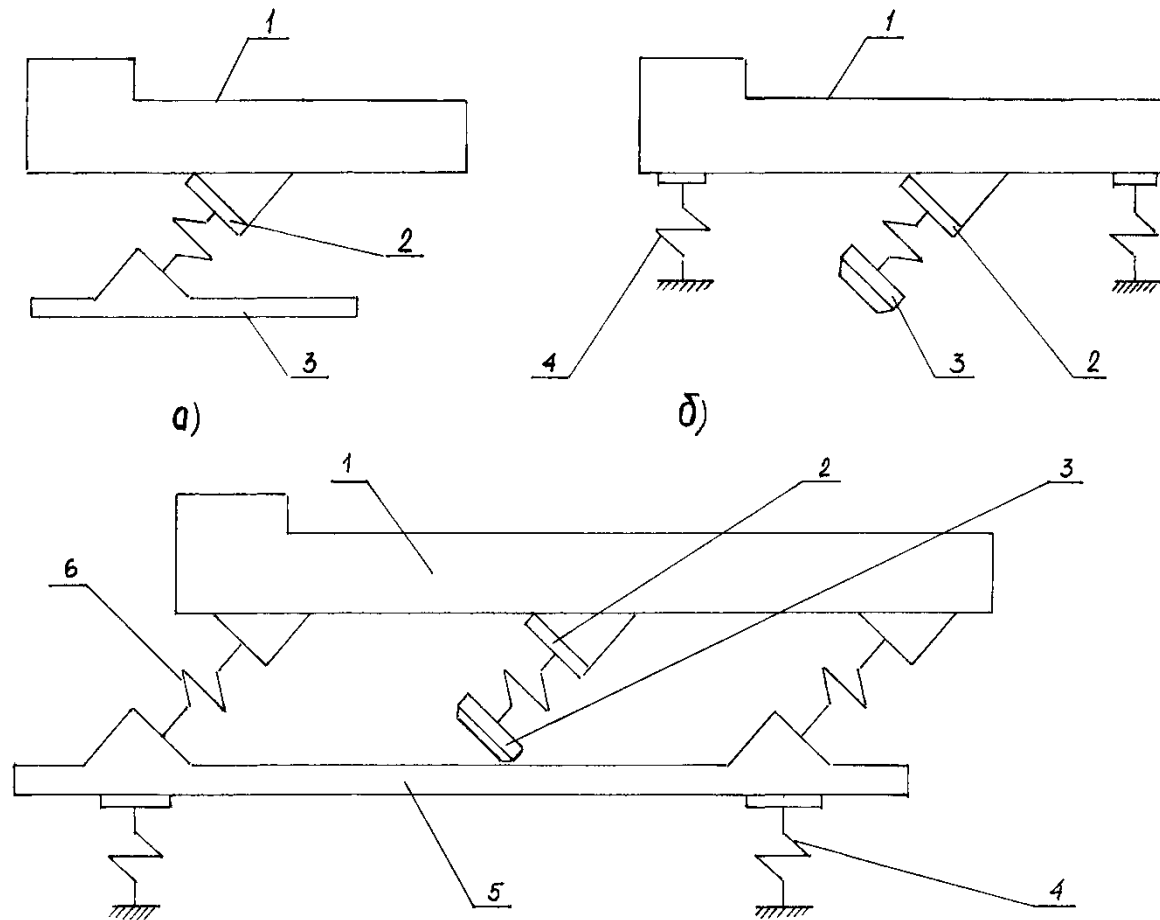


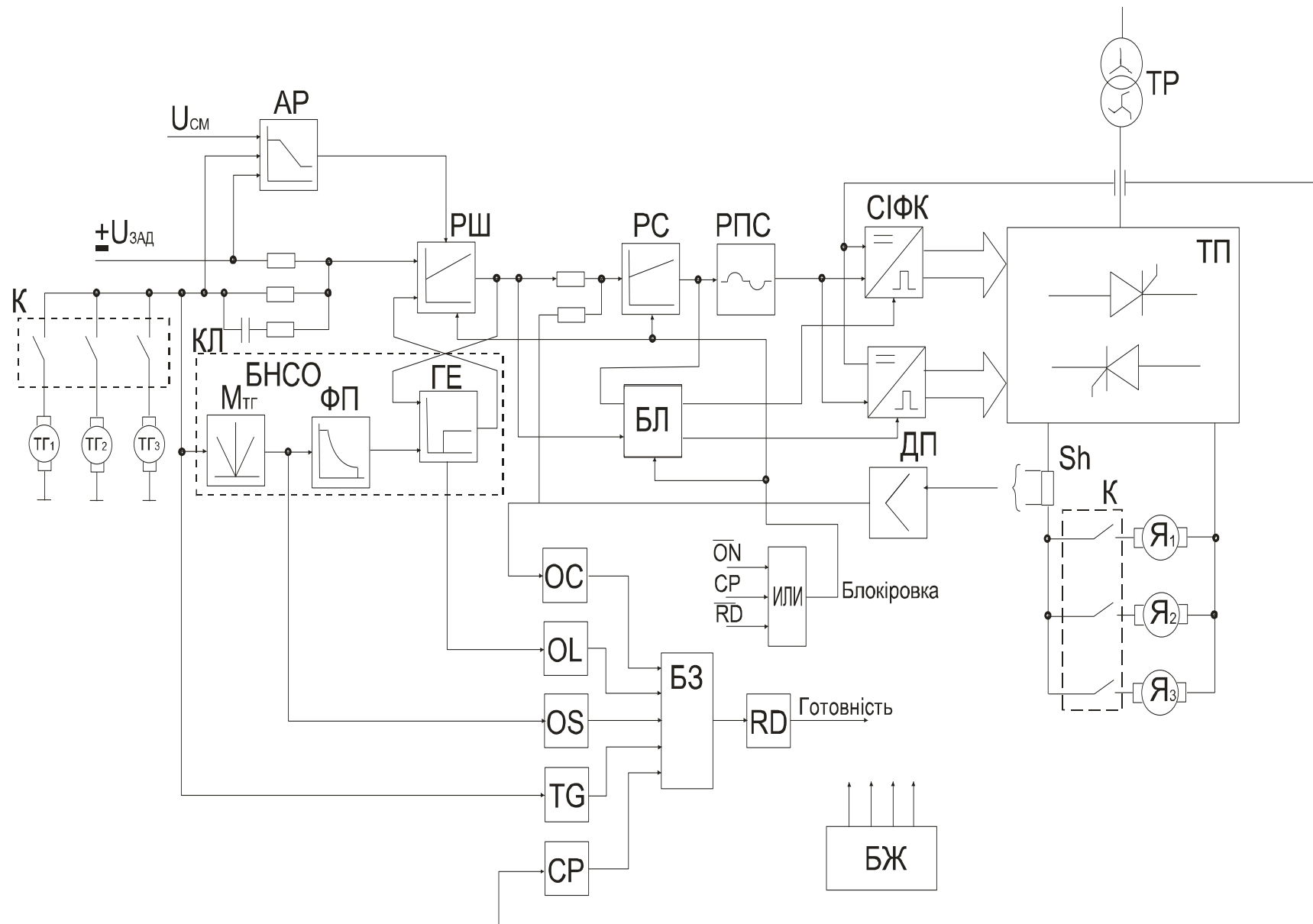
Схема транспортної системи з переміщенням деталей у підвішеному стані



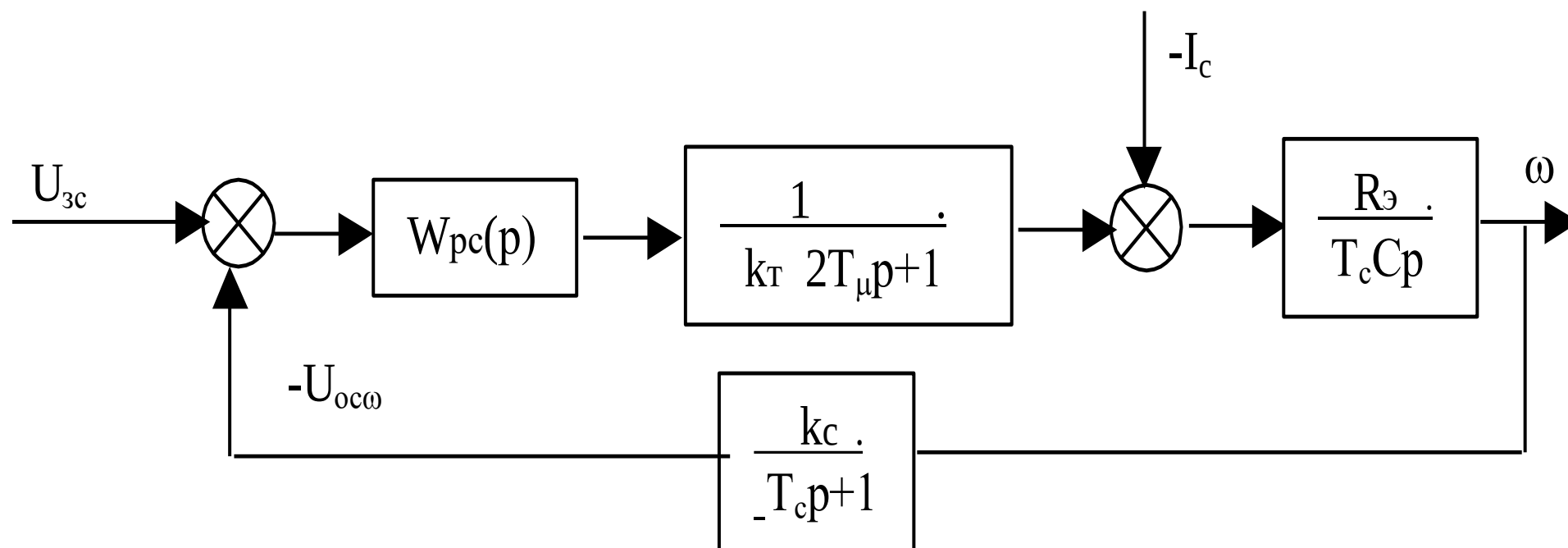
Структурні схеми віброконверсів

Аналіз відомих конструкцій стрічкових конвеєрів та принципів побудови віброконвеєрів, розгляд їх технічних характеристик, визначає постановку задачі магістерської роботи:

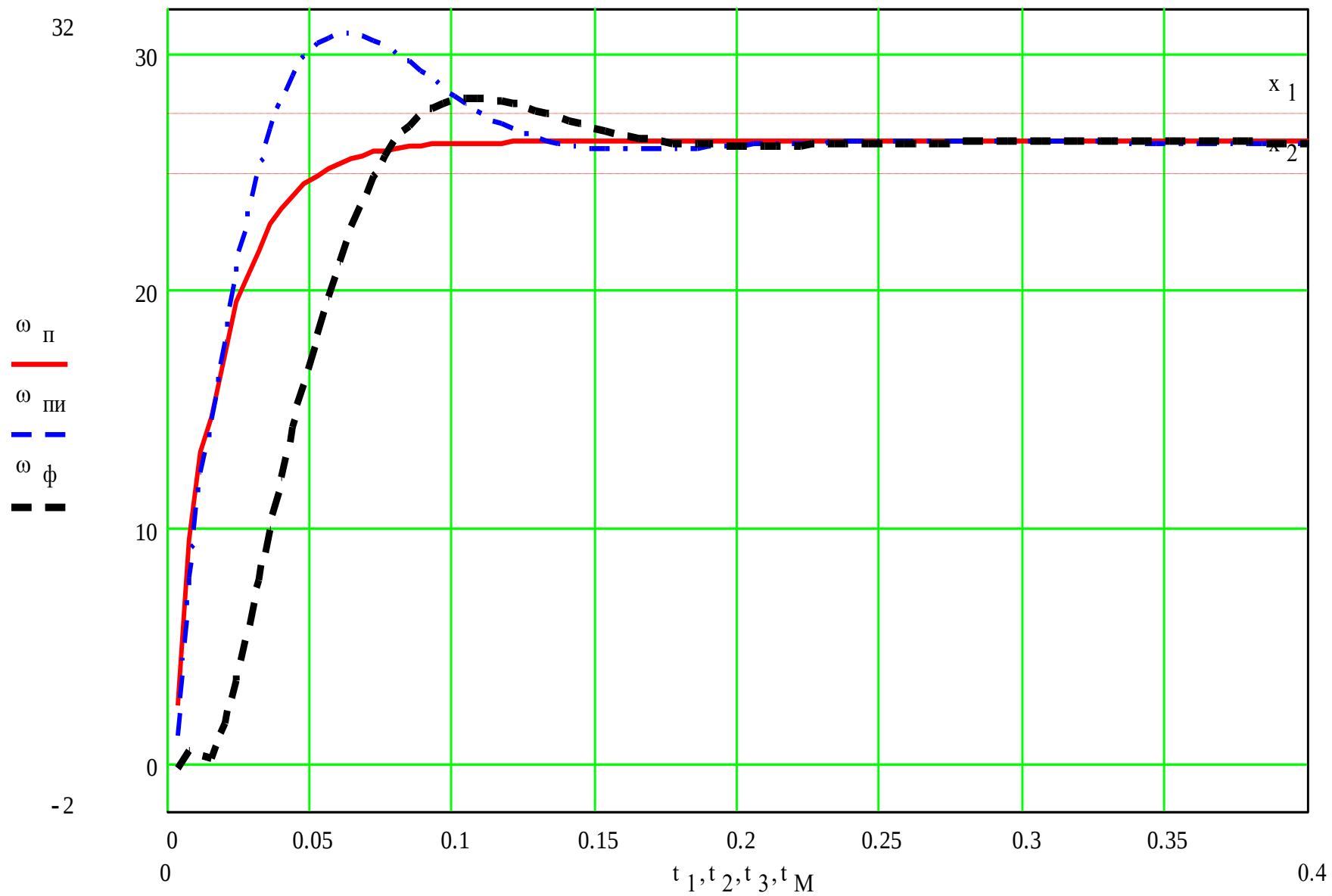
- розробити конструкцію стрічкового конвеєру який складався би з трьох складових кожна з яких є стрічковий конвеєр, з'єднання їх здійснити за допомогою лотків віброконвеєру;
- на основі аналізу технологічного процесу обрати комплектний електропривод який якомога більше відповідав йому;
- розрахувати параметри електроприводу конвеєра;
- налагодити параметри регулятора електропривода згідно вихідних даних.



Функціональна схема електропривода



Структурна схема контуру швидкості



Перехідні характеристики по швидкості

ВИСНОВКИ

Основною задачею магістерської роботи була розробка та заміна системи автоматичного керування електроприводом промислового конвеєра.

Відповідно до мети магістерської роботи були досягнені наступні результати:

- на підставі порівняльного аналізу існуючих типів систем автоматичного керування електроприводами постійного струму на базі тиристорного перетворювача, обрана система автоматичного керування зі зворотними зв'язками по струму і швидкості яка дозволяє забезпечити необхідний режим роботи електропривода з меншими енергетичними витратами і кращими показниками якості перехідного процесу $T_{\max}$, $\sigma_{\max}$;

- знижено споживання енергії на 10% завдяки раціональному вибору системи автоматичного керування і низьких втрат;

- розглянуті процеси, що відбуваються при транспортуванні вантажу, а також його орієнтування;

- зроблено аналіз впливу властивостей вантажу, що транспортується, на процес його руху.

Проведена робота дозволяє зробити наступні висновки:

- значна швидкість визначає продуктивність вібротранспортера в $100\text{м}^3/\text{год}$, що на порядок вище, ніж в існуючих конвеєрів вібраційного типу при однакових розмірах вантажонесучого органа;

- невеликі габарити тиристорного перетворювача сприяють зручному компонуванню з електроприводом;