



**Л. Л. Роганов, А. І. Панкратов, А. А. Кібірєв,
Роганов М.Л.**

**УДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЙ ТА
СИСТЕМ ПРИВОДУ КОВАЛЬСЬКО-
ПРЕСОВИХ МАШИН**

**Міністерство освіти і науки України
Донбаська державна машинобудівна академія**

**УДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЙ ТА
СИСТЕМ ПРИВОДУ КОВАЛЬСЬКО-
ПРЕСОВИХ МАШИН**

Рекомендовано
Міністерством освіти і науки України
як навчальний посібник для студентів спеціальностей 7.090206, 7.090404

Затверджено
на засіданні
методичної ради
Протокол № від 2009

Краматорськ 2009

УДК 621.73.06

ББК 34.623

Р 59

Рецензенти:

Кухтiк Т.В., д.т.н., професор, Ректор Мiжнародного науково-технiчного унiверситету;

Гребе А.К., Генеральний директор ЗАТ Краматорський завод «Теплоприбор»;

Вейнов А.М., д.т.н., професор, начальник лабораториї прокатних валков и енергетического оборудовання ЗАО НКМЗ.

Рекомендовано

Мiнiстерством освiти i науки України

Лист № вiд

Л. Л. Роганов, А. І. Панкратов, А. А. Кiбiрєв, Роганов М.Л.

Р 59 Удосконалення конструкцiй та систем приводу ковальсько-пресових машин: Навчальний посiбник для студентiв спецiальностей 7.090206, 7.090404. – Краматорськ: ДДМА, 2009 . – 120 с.
ISBN 00000

Навчальний посiбник мiстить короткi вiдомостi про удосконалення конструкцiй та систем приводу ковальсько-пресових машин. Привод цих машин подiлено на механiчний i гiдравлiчний. Представленi новi схеми ковальсько-пресових машин з механiчним приводом вiд електродвигуна. Показана ефективнiсть частотно-регульованого електродвигуна, приведенi розрахунки такого приводу. Представленi новiтнi розробки гiдропресiв, гiдростатiв, гвинтових штампувальних пресiв i молотiв.. Посiбник призначено студентам, маiстрам, аспiрантам, якi вивчають ковальсько-пресовi машини i процеси на них.

ISBN

УДК 621.73.06

ББК 34.623

© Л. Л. Роганов,
А. І. Панкратов,
А. А. Кiбiрєв,
М.Л. Роганов, 2009
© ДДМА, 2009

ЗМІСТ

Стор.

Вступ.....	
1 Машини для обробки матеріалів тиском.....	
1.1 Типові графіки техпроцесів і машин ОМТ.....	
1.2 Конструктивні і технологічні ознаки КПМ.....	10
1.3 Ковальсько-пресові машини з механічним приводом.....	22
1.4 Гідравлічні преси, молоти і стати та їх приводи.....	36
Висновок.....	54
2 Електроприводи з частотним регулюванням швидкості.....	55
2.1 Вимоги до електроприводів ковальсько-штампувальних машин.....	55
2.2 Електромеханічні властивості асинхронних двигунів при частотному регулюванні швидкості.....	56
2.3 Силова схема частотного перетворювача з ланкою постійного струму й АІН.....	59
2.4 Скалярні системи керування електроприводами з частотним регулюванням швидкості.....	65
2.5 Векторне керування частотним асинхронним електроприводом у перетвореній ортогональній системі координат $x - y$...	80
3 Удосконалення систем приводу електромеханічних молотів та гвинтових штампувальних пресів.....	
3.1 Інформаційно-патентний пошук по удосконаленню конструкції молотів і пресів.....	
3.2 Опис прототипу й аналога по їхніх принципових схемах.....	
3.3 Складання структурно-морфологічної таблиці для удосконалення конструкції молотів.....	
3.4 Розробка структурної формули для прототипу і її критичний аналіз.....	
3.5 Розробка нової конструкції електромеханічного прес-молота на основі структурно-морфологічної таблиці.....	
3.6 Дослідження параметрів і характеристики безштокового електромеханічного штампувального прес-молота по динамічній моделі.....	
3.7 Розробка корисної моделі двоопераційного штампувального пресу без зворотного ходу.....	
3.8 Удосконалення КПМ на базі частотно-регульованих електроприводів.....	
Висновок.....	
Список літератури.....	
Додаток А .Варіанти завдань для гвинтових пресів.....	
Додаток Б .Варіанти завдань для електромеханічних прес – молотів.....	

ВСТУП

Ковальсько-пресові машини (КПМ) призначені для зміни форми металів, сплавів та неметалевих матеріалів під дією тиску. Щоб привести любий матеріал у пластичний стан і перебороти опір деформуванню КПМ повинно створювати силу на заданому переміщуванні з необхідною швидкістю. Деформуюча сила, енергія (робота), швидкість деформування є головними характеристиками любої КПМ [1].

У світі використовується декілька мільйонів КПМ, які використовуються в різних секторах економіки і головним чином у машинобудуванні. В Україні нараховується кілька сот тисяч КПМ.

Сучасний стан КПМ включає вісім класів, які характеризуються силою деформування від 50кН до 750МН, ефективною енергією від 1кДж до 5МД, швидкістю дії на матеріал, що обробляється від частки міліметра у секунду до 100 м/с і більше.

Треба відзначити, що радянська школа вчених і конструкторів займала ведучі позиції у світовому гідропресовому ковальсько-штампувальному обладнанні. Розроблені і створені найбільш великі у світі КПМ: гідравлічні штампувальні преси зусиллям 750 і 650 МН, малогабаритні одноциліндрові преси зусиллям 500, 300, 150 МН, бесшаботний молот 1500 кДж, всі ці машини створені ВНДІмаш – НКМЗ (Україна) та інші. В Україні КПМ створюються на таких підприємствах НКМЗ, СКМЗ м. Краматорськ, Одеському заводі КПО, Івано-франківському заводі КПО, заводі термопластавтоматів м. Хмельницьк та інших заводах.

В останнє десятиріччя у світовій практиці змінюються тенденції створення парку КПМ і розвитку технологічної бази машинобудування: заклази на КПМ великої потужності зменшуються; не кількісний зріст парку КПМ, а його якісна зміна у структурі і технічному рівні, у використанні високопродуктивних КПМ, що керуються і діагностуються від комп'ютерів. Такі КПМ потребують використання нових типів приводів, систем керування електродвигунами. З'явилася тенденція створювати КПМ комбінованої дії з розширеними технологічними можливостями.

В Донбаській державній машинобудівній академії (ДДМА) на протязі останніх двадцяти років створюються гідро пружний та клиношарнірний механізми, які відкривають нові можливості у створенні сучасних КПО. Ці механізми досліджені на моделях, макетах, частково втілені у виробництво. Гідропружний механізм (ГПМ) засновано на використанні енергії пружності рідини і деталі машини. Клиношарнірний механізм (КШМ) створений як прототип клинового механізму і відрізняється від останнього змінним кутом клина, який змінюється від 60° до 0 і тим самим забезпечує змінне співвідношення сил у механізмі. На основі КПМ і КШМ створені нові КПМ, які значно відрізняються від існуючих по ККД, надійності більш високої якості виробів по КПМ, зменшенням маси і габаритів, більшій можливості керування параметрами машини.

У цьому посібнику розглянуті новітні розробки конструкцій і систем приводу сучасних КПМ.

1 МАШИНИ ДЛЯ ОБРОБКИ МАТЕРІАЛІВ ТИСКОМ

1.1 Типові графіки техпроцесів і машин ОМТ

Конструкція ковальсько-пресової машини (КПМ) залежить від типу операції обробки матеріалів тиском (ОМТ), яка виконується на цій машині.

Розглянемо основні технологічні процеси ОМТ з урахуванням характеру зміни зусилля у залежності від руху робочого інструмента при деформуванні.

Найбільш розповсюдженою є система розподілу основних технологічних процесів ОМТ на шість груп, що зведені до таблиці 1.1.

Ковальсько-пресові машини роблять два принципово різних види навантаження заготовки - натисканням і ударом.

Натисканням діють преси (гідравлічні, механічні).

Ударом діють молоти і гвинтові молоти (преси), однак їхній "удар відрізняється від удару молотів" [1].

Типові графіки зусиль різних ковальсько-пресових машин подані в таблиці 1.2. Ці графіки зусиль побудовані без обліку виконуваної технологічної операції [2].

Примітка. У таблицях 1.1 та 1.2 застосовуються позначення:

F, h - зусилля, хід;

h_p - робочий хід;

F_{max} - максимальне зусилля;

$F_{пр}$ - зусилля преса; F_m - зусилля молота.

Порівнюючи графіки зусиль технологічних операцій (див. табл.1.1) і ковальсько-пресових машин (див. табл.1.2), можна зробити оцінку відповідності обладнання характерові виконуваної технологічної операції. Гідравлічні преси доцільно застосовувати при виконанні операцій першої і четвертої груп з великим ходом, плавними коливаннями навантаження, великим коефіцієнтом заповнення графіка зусиль. До таких операцій відносяться: витягування листового матеріалу, пресування, видавлювання. Кривошипні преси за характером зусиль, що розвиваються, більше підходять до технологічних операцій п'ятої і шостої груп з порівняно невеликим ходом і різким підвищенням зусилля до кінця робочого ходу. Це операції об'ємного штампування, гнуття.

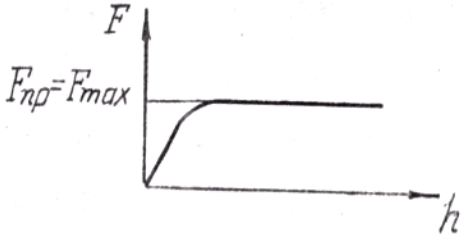
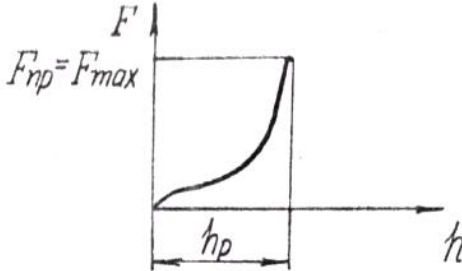
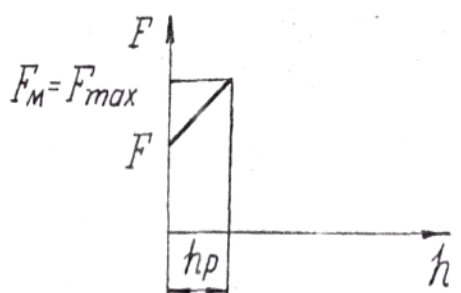
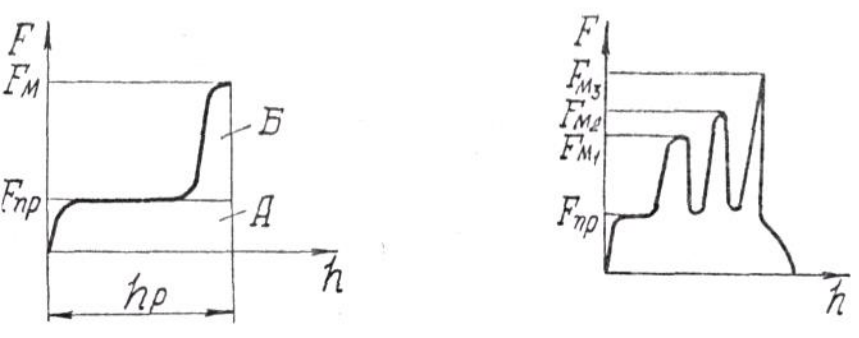
Молоти доцільно застосовувати в операціях з коротким робочим ходом, різким підвищенням і спадом робочого зусилля, що характерно для операцій другої і третьої групи: вирубування-пробивання, прошивання, різання заготовок, карбування, калібрування.

Вибір пресового обладнання роблять так, щоб максимальне зусилля операції відповідало номінальному зусиллю преса, у механічних пресах враховується енергія маховика.

Таблиця 1.1 - Типові зусилля в операціях ОМД

Номер групи	Найменування технологічної операції	Типовий графік зусиль	Заповнення графіка зусилля, %
1	Видавлювання, прошивання, протягання і т.д.		70-80
2	Осаджування, протягання		60-70
3	Об'ємне штампування, гнуття, формування, брикетування, пакування		10-25
4	Витягування листа, штампування листа еластичними середовищами		40-70
5	Вирубка-пробивання, різання заготовок		45-60
6	Карбування, калібрування		35-45

Таблиця 1.2 - Типові графіки зусиль КПМ

Вид машини	Типовий графік зусиль
1 Гідравлічні преси	
2 Механічні (кривошипні) преси	
3 Молоти	
4 Прес-молоти	

Молотове обладнання вибирають за необхідною енергією деформування і максимальному зусиллю удару, що залежить від твердості системи молота і заготовки, що співударяються. Зусилля, що розвиваються на молотах, можуть бути дуже великими і тому з метою економії енергії, а частіше через відсутність пресів з необхідними номінальними зусиллями, технологічні процеси розбивають на операції. Наприклад, в операціях об'ємного штам-

пування набір металу в штампі ведуть на порівняно великому ході на пресі, зусилля якого в 3-7 разів менше максимального зусилля остаточного штампування. При наборі металу переміщається великий об'єм матеріалу заготовки, проводиться заповнення великих порожнин штампа. Потім заготовка передається на молот, де виробляється її ударне деформування при малому робочому ході, невеликому зміщеному об'єму, оскільки потрібне заповнення вузьких, складних, малих за об'ємом порожнин штампа при великих зусиллях. Чим менше величина ходу деформування, тим більше зусилля розвиває молот і тем активніше заповнюється складний рельєф штампа.

Така ж послідовність операцій доцільна для операцій гнуття, компактування порошкових матеріалів. Складністю таких технологічних операцій є: необхідність їхнього проведення на двох видах обладнання, що збільшує виробничі площі, які потрібні, витрати на експлуатацію, потрібний додатковий час на транспортування заготовки за допомогою додаткових транспортних пристроїв, знижується продуктивність, у деяких випадках потрібен додатковий підігрів заготовки і, як наслідок, підвищується собівартість виробу.

Наведений аналіз показує, що багато розповсюджених технологічних операцій ОМТ раціонально проводити комбінованим впливом на заготовку статичними і динамічними навантаженнями, бажано на одній машині.

1.2 Конструктивні і технологічні ознаки КПМ

Конструкція КПМ та її привід залежать від виду енергії, що використовується в машині. Енергетичний тип ковальсько-пресових машин визначається видом ефективної енергії машини. До основних видів ефективної енергії, застосовуваних у ковальсько-пресових машинах, відносяться:

- кінетична енергія поступального руху (молоти різних типів);
- кінетична енергія обертового руху махових мас (гвинтові й кривошипні преси, автомати, радіально-кувальні машини й т.п.);
- енергія тиску (гідравлічні преси, стати);
- імпульсна енергія (вибухові машини, молоти).

Джерелами енергії, застосовуваними у ковальсько-пресових машинах, є: електрична енергія; енергія пари; енергія теплової деформації; енергія вибуху вибухових речовин – пороху, газів, нафтових палив. Більшість цих джерел енергії створює імпульсну енергію, що виділена А.І.Зимінім як окремий вид енергії [1]. Комбінації чотирьох основних видів енергії створюють різні типи нових ковальсько-пресових машин. А.І.Зимін підкреслює, що «створення якісно нових ковальсько-пресових машин пов'язане із застосуванням для їхньої побудови нових видів і сукупностей енергії» [1].

Із шести можливих енерготипів машин з подвоєною енергією у вітчизняному типажі ковальсько-пресових машин останнього часу був тільки

один – гвинтовий прес, що реалізує сполучення кінетичної енергії поступального й обертового руху.

У результаті розробки гідропружного приводу машин ударної дії у Донбаській державній машинобудівній академії розроблені нові конструкції ковальсько-пресових машин. До них відносяться [2]:

1 Гідропружні молоти, у яких потенційна енергія тиску рідини й пружної деформації напружених деталей під час робочого циклу машини переходить у кінетичну енергію поступального руху, а потім в енергію пластичної деформації заготовки.

2 Прес-молоти, розроблені на базі гідравлічних пресів, у станину яких убудований гідропружний циліндр. Прес-молоти впливають на заготовку енергією-тиском (від гідропреса) і енергією поступального руху (від гідропружного циліндра).

3 Молоти-преси з розвитою молотовою частиною, постачені додатковими пресовими циліндрами.

4 Копри, переважно для операцій листового штампування, що впливають на заготовку енергією тиску й імпульсною енергією.

Класифікація нових ковальсько-пресових машин ударної й комбінованої дії за конструктивними ознаками повинна враховувати також конструктивне виконання її окремих механізмів і вузлів.

У таблиці 1.3 подана структурно-морфологічна класифікація машин ударної дії (молотів).

У таблиці 1.4 подана трохи скорочена структурно-морфологічна класифікація машин комбінованої (прес-молотового) дії.

Технологічний процес ОМТ, реалізований на машині, визначає її конструктивне виконання. Молоти, прес-молоти й копри, що використовують для роботи енергію пружної деформації рідини й деформуючих частин машини, застосовуються для різних операцій ОМТ. Тому їхнє конструктивне виконання багато в чому збігається з конструктивним виконанням традиційних машин.

Найбільш повною загальною класифікацією ковальсько-пресових машин є структурно-морфологічна класифікація, запропонована Ю.А.Бочаровим [3]. Ця класифікація включає конструктивні й технологічні ознаки. Застосуємо принцип відомої класифікації для машин ударної дії.

На основі цих класифікацій є можливість проводити параметричний аналіз із застосуванням теорії подоби, створювати нові ковальсько-пресові машини для різних операцій ОМТ, зашифрувати конструктивно-технологічні параметри машин, уводити їх у банки даних ЕОМ, використати в САПР.

Наприклад, пароповітряний молот і тех. процес на ньому зашифруються 37 групами цифр: 2; 3; 3; 1; 0; 2; 4; 2; 1; 1; 1; 1; 1; 1; 1; 2; 3; 4; 0; 0; 1; 2; 4; 2; 5; 2; 1; 3; 1; 0; 4; 6; 0; 2; 3; 9; 1; 1; 3; 3.

Зв'язок технологічних і конструктивних особливостей КПМ, який побудовано у вигляді таблиць дозволяє створювати нові машини і модернізувати існуючі шляхом розширення таблиць в обох напрямках. До недолі-

ків такої форми визначення КПМ можна віднести детальне розбиття характеристик машини і техпроцесу на неї, але цей недолік спростовується використанням ЕОМ. На базі таких даних можна зробити програми, що дозволять на ЕОМ комбінувати різні технологічні функції в одній машині, створювати додаткові механізми, які дозволять розширяти технологічне використання однієї машини, що може дати значний економічний ефект.

Молот призначений для об'ємного штампування (2) у декількох струмках послідовно (3); виконує три технологічних операції, наприклад: осаджування, штампування, карбування (3); на заготовку впливають штамп (1); додаткового впливу на заготовку не має (0); матеріал заготовки – сортовий прокат (2); умови деформації – гаряча (4); виходить заготовка для обробки різанням (2); енергоносій – стиснене повітря (1); спосіб впливу на заготовку – однобічним ударом твердого тіла (1); тип передавального механізму – механічний (1); кількість штоків – один (1); кількість приводних циліндрів – один (1); удар рухливої маси по нерухомій (1); маси, що співударяються, ставляться як 1/20 (1); швидкість баби – 7м/с (2); маси співударяються відношенням швидкостей 1/20 (3); станина складова, ненапружена (4); рама відсутня (0); амортизаторів рами немає (0); амортизатори станини пружинні (1); положення осі площини зіткнення горизонтальне (2); система керування – пневматична (4); повернення рухливих частин – пневматичне (2); утримання рухливих частин у вихідному положенні – перекриттям вікон підведення повітря (5); пуск на робочий хід – відкриттям вікон підведення енергоносія (2); забезпечується механічна синхронізація руху баби шаблею (1); дозування енергії – дроселюванням стисненого повітря (3); ручна система включення молота (1); акумулятора енергії немає (0); акумулятор у вигляді ресивера може бути поза машиною (4); привідна станція винесена в окреме приміщення (6); напрямку рами в станині немає (0); баби направляються за бічними площинами (2); є допоміжні механізми (3, 9, 11); переміщення заготовки за допомогою окремого маніпулятора (3); фундамент віброізолюваний (3).

За такими принципами можна зашифрувати будь-яку ковальсько-пресову машину.

Таблиця 1.3 - Структурно-морфологічна класифікація машин ударної дії /молотів/

Значеннєвий подільник	№ п/п	Властивості по значеннєвих дільниках, № колонок												
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Технологічне призначення	1	Універсальне	Об'ємне штампування	Висадження	Карбування, калі бровка, виправлення, гнучка	Листо-ве штампування	Пресування порошків	Брикетування стружки	Штапування в рознімних матрицях	Різання, вирубка, пробивання	Штапування пружними сітками	Діагностика	Інерційне штампування	Механізм ручних робіт
Використання енергії	2	в одному струмку	у декількох струмках одночасно	у декількох струмках послідовно										
Кількість технологічних операцій	3	одна	дві	три	чотири	п'ять і більше								
Інструмент або середовище, що впливають на заготовку	4	бойок, штамп	еластичне середовище	сипуче середовище	рідина	газ	продукти згоряння вибуху	електромагнітне поле						
Додатковий вплив на заготовку	5	вібрація	ультразвук	радіація	лазерний промінь	плазма	змащення							
Матеріал, що перероблюють	6	злитки, виливка	сортовий прокат труби	аркуш, смуга, стрічка	порошкові матеріали	Пласти	лом, скрап	рідкий метал	Вогнетривкі	деревина, шапівчаті				волокнисті матеріали

Продовження таблиці 1.3

Значеннєвий дільник	Властивості по значеннєвих дільниках, № колонок													
	№ п/п	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Одержувана продукція	8	заготовка для ОМТ	заготовка для обробки різанням	напівфабрикат для ОМТ	деталь для наступної обробки	готова деталь	складальця	інша продукція	ЕРС	електромагніти	скраплений газ			
Енергоносій	9	Ст., повітря або азот	пара	пороху, ВВ	суміш газів	нафтові палива	хімічні речовини	стигла рідина						
Спосіб впливу на заготовку	10	однобічним ударом дого тіла	двостороннім ударом твердого тіла	багатобічним ударом твердого тіла	метанням заготовки у тверде тіло	метання в еластичне середовище	ударом еластичного середовища без опори	ударом еластичного середовища редовища з опорою	ударом проміжних твердих тілах	ударом проміжним еластичним тілам				
Тип передавального механізму	11	механічний	гідролічний	пневматичний	електричний	гідромеханічний	пневматичний	електричний	гідролічний	електричний	електричний			
Число напрямків руху приводних штоків	12	один	два із зустрічним рухом	два зі співвісним рухом в одному напрямку	три з рухом по осях під 120°	три із рухом по осях під 90°	чотири з рухом по двох осях	шість із рухом по трьох осях						
Число приводних циліндрів	13	один	два	більше двох										

Продовження таблиці 1.3

Значеннєвий дільник	№ п/п	Властивості по значеннєвих дільниках, № колонок												
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Число й рухливість мас, що співударяються	14	два 1-подвижн. 2-неподв.	два 1-подвижн. 2-подвижн. рух зустріч-не	два 1-подвижн. 2-подвижн. рух. в од-ному на-прямку і з різною швидкістю	три 1,2,3-подвижн. Рух з однієї сторони	чотири, зустріч-ний рух по трьох осях	шість, зустрічний рух по трьох осях							
Відношення мас, що співударяються	15	1/20	1/1	1/n, де n=1...20...20										
Швидкість рухливих мас, м/с	16	≤3	>3...8...8	>8...20...20	>20...30...30	>30...100	>100...1000							
Відношення швидкостей	17	$V_2/V_1 \geq 0$	$V_2/V_1 < 1$	$V_2/V_1 = 1$										
Конструкція й технологія виготовлення станини	18	цільна лита	цільна кута	цільна зв'язана	складова не навантажена	складова напружена на болтах	складена напружена гнучкими елементами	відкрита 2-х стійчана	закрита рамна	відкрита 3-образна	відкрита Г-образна			
Конструкція й технологія виготовлення рами	19	цільна лита	цільна кута	цільна зв'язана	складова не навантажена	складена напружена на різьб.	Складена напружена гнучкими елементами	складова з амортиз. у зв'язках						

Продовження таблиці І.3.

Значеннєвий дільник	Властивості по значеннєвих дільниках, № колонок													
	№ п/п	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Установка амортизаторів /на станину/	20	під рамою	над рамою	на бічних стійках рами										
Тип амортизаторів	21	пружини циліндричні	пружини кільцеві	пружини тарільчасті	ресори	Комбіновані механічні	пневматичні	гідролічні	гумово-металічні	пневмомеханічні	гідромеханічні	гідропневматичні	гідропневмомеханічні	пластично-деформовані
Положення осі зіткнення	22	Вертикальна	горизонтальна	похилі	змінюване	взаємно перпенд. у вертикальній площині	взаємно перпенд. у горизонтальній площині	під 120° в одній площині	в 3-х координатних площинах					
Система керування мотолотом	23	механічна	електрична	електромеханічна	пневматична	гідролічна	електромеханічна	електропневматична	електрогідролічна	гідропневматична				
Система повернення рухливих частин у вихідному положенні	24	механічна	пневматична	гідролічна	комбінована									
Система втримання рухливих частин у вихідному положенні	25	без утримання	засувками	цангами	торцеве ущільнення	перекриття вікон підведення	електромагнітами	фрикційна	пневматична	гідролічна				

Продовження таблиці 1.3

Значеннєвий дільник	№ п/п	Властивості по значеннєвих дільниках, № колонок												
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Система запуску рухливих частин на робочий хід	26	відкриття клапанів	відкриття вікон	подача тиску під торець штока	відрив штока від торцевого ущільнення зовнішнім впливом	механічна								
Спосіб синхронізації руху рухливих мас	27	механічний зв'язок	гідравлічний зв'язок	синхронним включенням приводу										
Спосіб дозування енергії зіткнення	28	зміненням ходу рухливих частин	зміню параметрів енергоносія	механічним	гідравлічним	електричним	електронним							
				Дроселуванням енергоносія	відключенням приводу по швидкості	відключенням приводу по ходу	відключенням приводу по зусиллю	відключенням приводу за часом						
Система включення машини на цикл	29	ручна	полуавтоматична	автоматична	програмна									
Кількість акумуляторів енергії	30	відсутня	один	два	більше двох									
Розташування акумулятора енергії	31	сполучений з робочим циліндром	у рамі	у станині	поза машиною									

Продовження таблиці 1.3

Значеннєвий дільник	Властивості по значеннєвих дільниках, № колонок												
	№ п/п	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12 13
Розташування приводного енерговузла /станції/	32	на машині	під машиною	над машиною	на рівні підлоги	вбудована	внесена в окреме приміщення						
Напрямок рами в станині	33	без напрямку	з напрямком по стійках рами	з напрямком у нижньої траверзі	з напрямком у верхньої траверзі	з напрямком в обох траверзах	з напрямком у стійках і траверзах						
Напрямок повзунів /баб/ у рамі /станині/	34	без напрямку	з напрямком по бічних площинах	з напрямком по циліндр. поверх.	з напрямком по нап-равляючої рами	подача й орієнтування заготовки							
Призначення допоміжних механізмів	35	регулювання штампової висоти	запобігання від перевагнтаження	переміщення й зміна штампів	притиск заготовки	подача й орієнтування заготовки	відрізка й передача заготовки	виправлення заготовки	витягання й видалення заготовки	очищення, змащення інструм. й машини	захист від вібрацій, шумів	фіксація від зсування деталей	
Механізм переміщення заготовки	36	ручний	механічна рука	окремий маніпулятор	окремий автоматичний	стросний авт-матичний	робот маніпулятор						
Тип фундаменту під машину	37	опорний	шаботний твердий	вібро-ізолюваний	опорний з віброізолюючими опорами								

Таблиця 1.4 – Структурно-морфологічна класифікація машин комбінованої (прес-молотової) дії

Значеннєвий дільник	№ п/п	Властивості по значеннєвих дільниках, № колонок											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Технологічне призначення	1	універсальне	об'ємне штампування	висадження	карбування, калібрування, виправлення гнучка	листова штампування	пресування порошків	брикетування стружки	штампування в роз'ємних матрицях	різання, вирубка, пробивання	штампування пружними середовищами		
Число й напрямки руху приводних мас	2	2, зустрічний	співісний рух в одному напрямку	1-прес удар сумісно під 90° до осі преса	1-прес, 2-удар сумісно під 90° до осі преса	1-прес, 3-удар, 1-на осі преса зустрічний рух, 2-сумісно до осі преса 90° до осі преса	1-прес, 4-удар в одній площині	1-прес, 5-удар з них: 4 у площині	1-прес, 5-удар з них: 4 у площині	2 преси, 1 удар	2 преси, 2 удари	2 преси, 4 удари	4 преси, 2 удари
Кількість проміжних бойків	3	відсутній	один	два	Більше двох								

Продовження таблиці 1.4

Значеннєвий дільник	№ п/п	Властивості по значеннєвих дільниках, № колонок																
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13				
Енергоносій пресо-вої частини машини	4	стиснене повітря	стисла рідина	махові маси	температурне деформування													
Енергоносій ударної частини машини	5	стиснений газ	стисла рідина	пороху, ВВ	суміш газів	нафтове паливо	хімічних речовини	ЕРС	електромагніти									
Силовий вплив удару на конструкцію машини	6	удар через гідроциліндр преса	удар через станину преса	удар замикається окремою рамою														
Відношення рухливих мас преса m_1 і молота m_2	7	$m_1/m_2=1$	$m_1/m_2 \leq 10$	$m_1/m_2 > 10$														
Конструкція й технологія виготовлення станини	8	цільна лита	цільна зварена	цільна кута	складова ненапружена	складене напруження стяжними болтами	складена напружена гнучкими елементами	відкрита двоххвосточна	закрита рамна	3-образна	комбінована двохрамна	комбінована багаторамна						
Положення преса молота	9	вертикальне	похиле	горизонтальне	змінюване	Комбіноване вертикально-горизонтальне												
Система керування прес-молотом	10	механічна	електрична	пневматична	гідролічна	електромеханічна	електропневматична	електрогидравлічна										

Продовження таблиці 1.4

Значенневий дільник	№ п/п	Властивості по значенневих дільниках, № колонок																
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13				
Система включення прес-молота на робочий хід	11	ручна	полуавтоматична	автоматична	програма													
Спосіб дозування енергії удару	12	змінням ходу повзуна	змінною початкових параметрів енергонасіа	дрослюванням енергонасіа	відключенням приводу по швидкості	відключенням приводу по ходу	відключенням енергонасіа											
Розташування головного приводу	13	на машині	на рівні підлоги	під машиною	над машиною	встроєне	винесене в окреме приміщення											
Тип гідроприводу	14	насосний безаккумуляторний постійної подачі	насосний безаккумуляторний змінної подачі	насосномаховичний	насосно-аккумуляторний індивідуальний	насосно-аккумуляторний груповий												
Конструктивні вузли й деталі пресової частини прес-молота	15	гідроциліндр	ексцентрикочий механізм	гвинтовий механізм	клиновий /клиношарнірний/ механізм	кулачковий механізм	рогаторний механізм											
Конструктивні вузли й деталі молотової частини прес-молота	16	гідропружний циліндр	пневматичний циліндр	газовивбуховий циліндр	пристрій для вибуху пороху і ВВ	пристрій палення суміші палив і газів	лінійний електродвигун	лінійний електродвигун										

1.3 Ковальсько-пресові машини з механічним приводом

До КПМ з механічним приводом можна віднести великий клас машин, що рухаються від електродвигуна. Між електродвигуном і інструментом машини розташовується механізм, який переводить обертовий рух двигуна у необхідний рух інструмента змінюючи при цьому хід, швидкість, вид і траєкторію руху.

До механічного приводу відносять [4]:

- кривошипно-повзунний або шатунний механізм, який використовується в найбільш поширених кривошипних пресах (КП), горизонтально-кувальних машинах, ковальсько-штампувальних автоматах, молотах;
- гвинтовий механізм, що використовується у гвинтових пресах;
- важельні механізми, використовуються у коліно-важельних пресах, молотах;
- ротаційні механізми, використовуються у радіально-кувальних машинах, кувальних вальцях, правильних згинальних машинах, дискових ножицях.

Кривошипну преси і автомати (КП) по своїй чисельності найбільш поширені серед других видів КПМ. КП поділяються на преси і автомати для листового і об'ємного штампування, які в свою чергу поділяються на такі машини.

Для листового штампування: ножиці листові і висечні, витяжні преси, перфораційні преси, преси для згинання, одно і багато позиційні автомати.

Для об'ємного штампування: гарячощтампвальні преси; ножиці сортові та скрапні; горизонтально-кувальні машини, кривошипноколінні преси, згинальні та правильні преси, обрізні преси, радіально-кувальні машини, спеціалізовані автомати, холодно та гарячовисаджувальні автомати, згинальні та накатні автомати.

Загальною ознакою вище приведених машин є наявність кривошипно-повзунного механізму, що переводить обертовий рух електродвигуна у прямолінійний рух повзуна з інструментом машини.

Продуктивність КП залежить від числа ходів повзуна. Для його підвищення необхідно врівноважувати рух повзунів КП, на що втрачається додаткова енергія. Прикладом ефективної рівноваги повзунів кривошипних автоматів може служити схема автомата, яка розроблена в ДДМА.

1.3.1 Ополитний ковальсько-пресовий автомат

Відомі автомати для штампування виробів у холодному і гарячому стані, які містять двигун з приводом розміщеного в станині колінчатого вала, що зв'язаний шатуном з повзуном, на якому розміщений інструмент та різноманітні допоміжні механізми, що кінематично зв'язані з колінчатим валом і забезпечують виконання маніпуляції з заготовкою [5, стор.300].

Найбільш близьким аналогом автомату є дрітоцвяховий автомат, що містить встановлений у станині колінчастий вал з противагами і приводом, шатун, повзун і різноманітні механізми, кінематично зв'язані з колінчастим валом, які забезпечують маніпуляції, необхідні для штампування цвяхів [5, стор.294, рис. 3.11].

Загальними суттєвими ознаками відомих автоматів є станина з розміщеним в ній колінчастим валом з приводом, шатун, повзун і механізми, що забезпечують техпроцес створення цвяху, які кінематично зв'язані з колінчастим валом.

При роботі відомого дрітоцвяхового автомату виникає необхідність урівноважувати кінетичні маси автомату, що відбувається встановленням, наприклад, на колінчастому валу навпроти колін спеціально розрахованих урівноважених мас.

При роботі відомого дрітоцвяхового автомату необхідна додаткова енергія на розгін додаткових урівноважених мас, знижується продуктивність автомату за рахунок штампування дроту з однієї сторони автомату, знижується ККД автомату.

Поставлена задача удосконалення автомату, в якому шляхом модифікації конструкції автомату забезпечується урівноваження рухомих мас. За рахунок цього збільшується продуктивність, ККД автомату.

Задача вирішується за рахунок того, що в дрітоцвяховому автоматі, що містить встановлений у станині колінчастий вал з приводом, шатун, повзун і механізми, які забезпечують техпроцес формування цвяху, і кінематично зв'язані з колінчастим валом, колінчастий вал виконано опозитно з колінами розгорнутими на 180° , які через шатуни зв'язані з повзунами і мають можливість рухатися в протилежні сторони, при цьому деталі, що рухаються в протилежні сторони мають у сумі однакові маси, а механізми, що забезпечують техпроцес формування цвяхів розміщені на протилежних кінцях станини.

Суть запропонованого автомату пояснюється рис.1, на якому зображена схема опозитного автомату. Автомат містить станину 1, з розміщеним в неї колінчастим валом 2, з приводом 3. Колінчастий вал 2 має коліна 4, 5 опозитно розгорнуті на 180° , які через шатуни 6, 7 зв'язані з повзунами 8, 9. На протилежних кінцях станини 1 встановлені механізми 10, 11, що забезпечують процес формування цвяху, які кінематично зв'язані деталями 12 з колінчастим валом 2. Коліно 4, шатун 6, повзун 9 і коліно 5, шатун 7, повзун 8, що рухаються в протилежні сторони, мають у сумі однакові маси.

Автомат працює таким чином.

Включається привод 3, колінчастий вал 2 починає обертатися і коліна 4 і 5 починають через шатуни 6 і 7 рухати повзуни 8 і 9 у протилежні сторони. У механізми 10, 11 подається дрід, з яким виконуються необхідні операції і в кінці ходу повзунів 8 і 9 висаджуються головки цвяхів. При подальшому повороті колінчастого валу 2 повзуни 8 і 9 становляться у вихідне положення і цикл повторюється.

Запропонована конструкція забезпечує збільшення продуктивності автомату у два рази за рахунок штампування цвяха з двох сторін. Урівноваження рухомих частин, що однакові по масі і рухаються в протилежні сторони, дозволяє підвищення ККД за рахунок відсутності додаткових урівноважених мас.

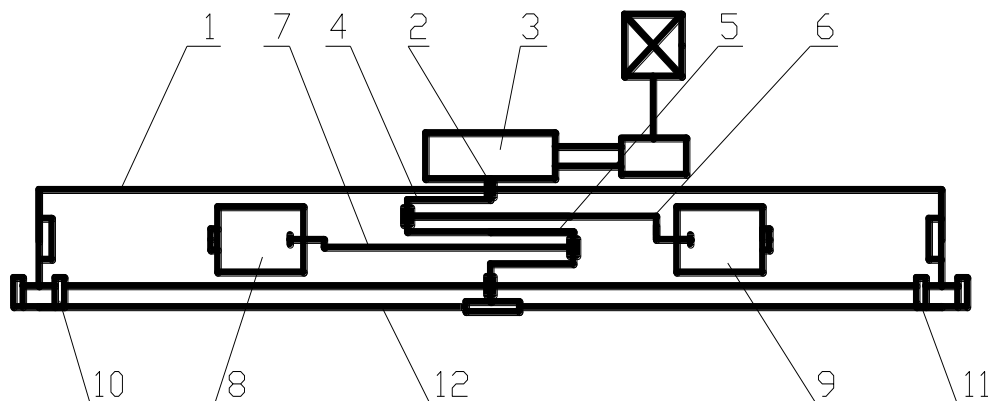


Рисунок 1 – Схема опозитного ковальсько-пресового автомату

Приведена схема врівноваження кривошипних автоматів може бути використана і для других кривошипних машин.

1.3.2 Електрогвинтовий дугостаторний прес

Найбільш близьким прототипом є відомий електрогвинтовий прес [5, стор. 365, рис. 5.4.2], який має маховик-ротор з'єднаний з гвинтом, гайку скріплену з повзуном. Два дугових статора на верхній плиті станини розташовані один проти одного. До повзуна прикріплено механізм регулювання ходу (давачі переміщення), енергії удару та переключення режимів роботи дугових статорів. Допоміжний механізм для пуску електродвигуна, який включає в себе два силових електромагніти змінного струму.

Загальними суттєвими ознаками відомого пристрою і нового є станина, закріплена в ній гайка, гвинт, зв'язаний з маховиком-ротором шліцевим з'єднанням, електродвигун, додаткові електромагніти.

Недоліками відомої конструкції електрогвинтового дугостаторного преса є обмеження потужності електродвигуна, наявність двох додаткових електромагнітів, складність конструкції маховика-ротора.

Поставлена задача удосконалення конструкції електрогвинтового дугостаторного пресу шляхом встановлення електромагніту на осі гвинта з можливістю дії на гвинт у двох напрямках та спрощення конструкції маховика-ротора.

Запропонована конструкція забезпечує скорочення часу пуску електродвигуна, зниження пускового струму та підвищення потужності пресу.

Суть запропонованої конструкції пояснюється кресленням, на якому зображено: рис.2 – принципова конструктивна схема електрогвинтового дугостаторного пресу.

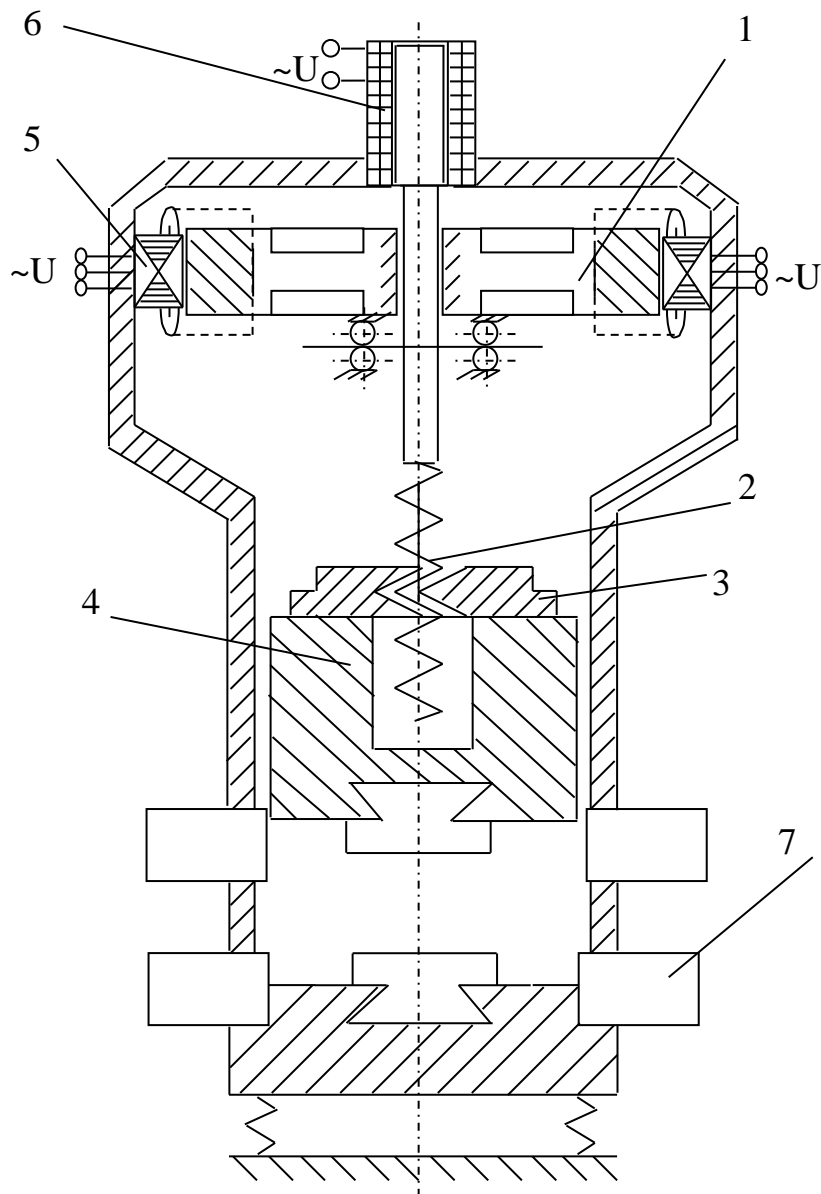


Рисунок 2 – Електрогвинтовий дугостаторний прес

Електрогвинтовий прес має маховик-ротор 1, котрий з'єднан з гвинтом 2, а гайка 3 скріплена з повзуном 4. Два дугових статора 5 на верхній плиті станини розташовані один проти одного. Електромагніт 6 з двома протидіючими обмотками в одному вузлі, кожна з яких здатна працювати поперемінно в робочому режимі.

До повзуна прикріплено механізм регулювання ходу давачі переміщення Д1-Д4 7, енергії удару та переключення режимів роботи дугових статорів.

Електрогвинтовий дугостаторний прес працює так. В початковому положенні повзун 5 знаходиться у крайній верхній позиції. При наданні

напруги на силовий електромагніт 6, зростає струм у обмотці до значення спрацьовування магніту. При цьому якор виштовхується і маховик-ротор 2 починає рух. В той же час при наданні напруги в статорі 5 виникає бегуче електромагнітне поле, яке обертає маховик-ротор 1 з гвинтом 2 і, таким чином, повзун з гайкою 3 одержує поступовий рух. Хід повзуна реверсується переключенням фаз на обмотках дугових статорів та електромагнітом.

Робота приводу керується системою за допомогою давачів переміщення Д1-Д4 7. Давач Д1 дає сигнал на включення приводу, давач Д2 – відключає привод, Д3 – дає команду на реверс рухомих частин, Д4 – відключає реверс.

Застосування пропонованого пристрою забезпечує скорочення часу пуску електродвигуна, зниження пускового струму та підвищення потужності пресу

1.3.3 Молот з пружною ланкою

Відомий кривошипно-повзунний механізм молота з пружною ланкою, що містить кривошип, шатун, виконаний у вигляді пружної ресори, і бойок, амплітуда коливального руху якого регулюється у вертикальній площині зміною положення шарніра за допомогою ексцентрика [5, стор. 396, рис. 6.1.1, д].

Недоліком даного механізму є шаботна схема молота, при якій ударний вплив передається на фундамент, а також неможливість синхронного регулювання величини переміщення обох бойків.

Відомий механізм із регульованим кутом повороту вихідної ланки, що містить кривошип і кулісно-важільний механізм, що впливає на храпове колесо, кут повороту якого регулюється перестановкою і фіксацією у визначеному положенні рухомої напрямної, що обертається навколо вісі.

Недоліком даного механізму є обмеженість можливостей, тому що регулюється тільки одна вихідна ланка і, крім того, механізм служить тільки для приводу храпового колеса.

За прототип обраний механізм ресорно-пружного молота, недоліком якого є регулювання тільки однієї вихідної ланки.

В основу нового молота поставлена задача підвищення надійності, продуктивності і якості роботи механічного молота, що досягається шляхом створення безшаботної схеми і регулювання енергії удару за рахунок синхронної зміни ходу рухомих частин.

На рис. 3 представлена структурна схема важільного механізму приводу молота з пружною ланкою.

Обертальний рух від кривошипного або ексцентрикового вала приводу 1 за допомогою тяги 2 перетворюється у складний рух тяги 4. З одного боку тяга 4 коливається навколо опори 15, і одночасно рухається поступально у середині опори 15, виконаної у вигляді втулки, що має вісь обертання.

Опора 3 тяги 2 також виконана у вигляді втулки і має можливість обертатися. Крім того, опора 3 може переміщатися в горизонтальній площині, змінюючи співвідношення плечей тяги 2. На опорі 15 закріплені кривошипи 5 і 6, що коливаються під дією тяги 4. З кривошипами 5 і 6 з'єднані шатуни 7 і 8 відповідно, які у свою чергу зв'язані з двуплечими важелями 9, 10.

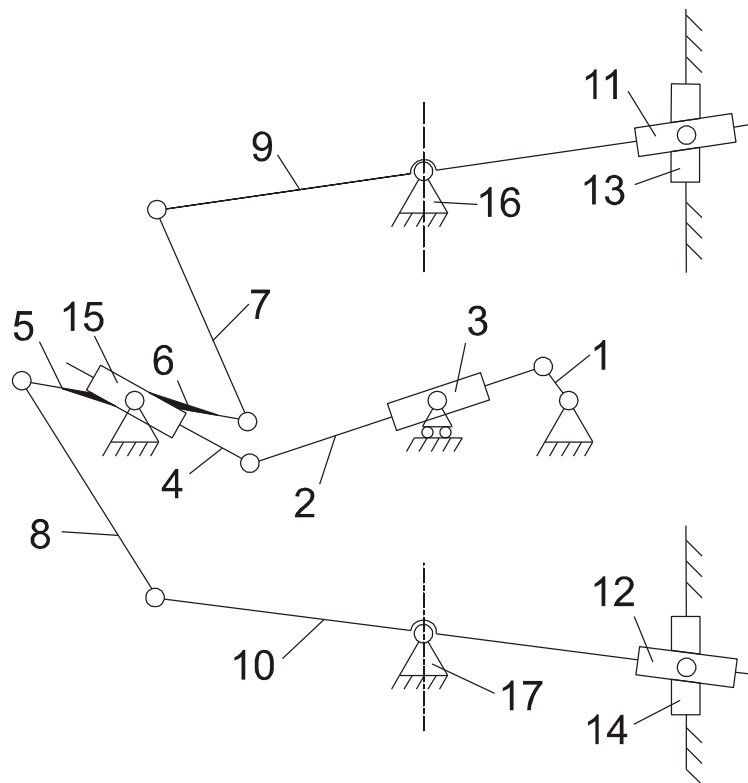


Рисунок 3 – Схема молота з пружною ланкою

Молотовища коливаються навколо нерухомих опор 16, 17 і несуть на вільних кінцях падаючі частини 11,12. Падаючі частини 11 і 12 рухаються зворотно-поступально у вертикальних напрямках 13, 14. Величину ходу падаючих частин можна змінити, переміщаючи в горизонтальній площині рухому опору 3. При цьому змінюються співвідношення плечей тяги 2, що робить коливання навколо осі обертання опори 3, і, як наслідок, змінюються кути повороту тяги 4 і кривошипів 5, 6, а також важелів 9, 10.

Така конструкція молота дозволяє не передавати ударні навантаження на фундамент, встановлювати молот на любых поверхах будівель.

1.3.4 Важільний молот з зустрічним рухом баб

Відомий кривошипно-повзунний механізм молота з пружною ланкою, що містить кривошип, шатун, виконаний у вигляді пружної ресори, і бойок, амплітуда коливального руху якого регулюється у вертикальній площині зміною положення шарніра за допомогою ексцентрика (рис.3).

Недоліками відомої конструкції важільного механізму молота є складність конструкції.

В основу нової машини поставлена задача Удосконалення конструкції важільного механізму шляхом заміни кривошипно-повзунного механізму елементом зігнутим у вигляді серги з шарніром.

Запропонована конструкція забезпечує підвищення надійності, продуктивності і якості роботи молоту.

Схема конструкції нового молоту пояснюється кресленням, де на рис. 4 представлена структурна схема важільного механізму приводу молота.

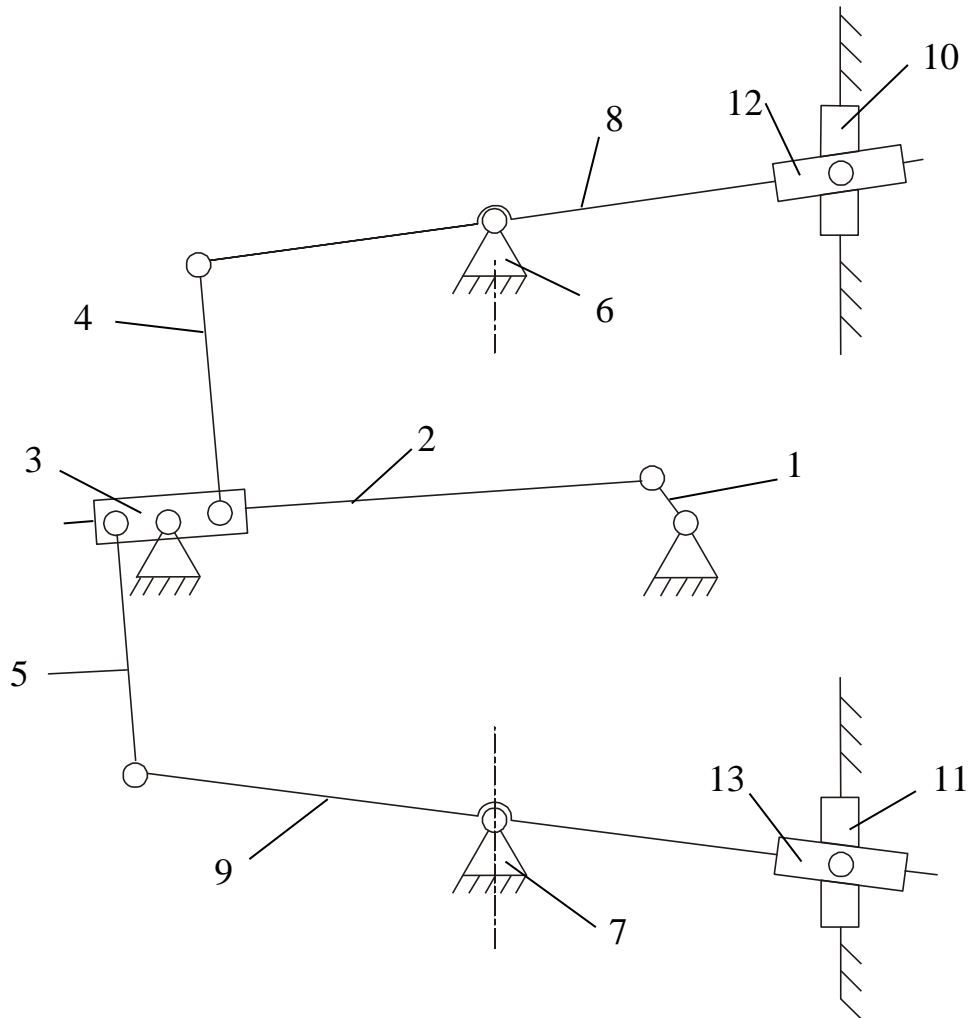


Рисунок 4 – Важільний молот з зустрічним рухом баб

Обертальний рух від кривошипного або ексцентрикового вала приводу 1 перетворюється у складний рух тяги 2. Шатуни 4, 5 закріплені на опорі 3, коливаються під дією тяги 2. Опора 3 тяги 2 виконана у вигляді втулки і має можливість обертатися.

Шатуни 4, 5 зв'язані з двуплечими важелями 8, 9 відповідно.

Молотовища коливаються навколо нерухомих опор 6, 7 і несуть на вільних кінцях падаючі частини 10, 11. Падаючі частини 10 і 11 рухаються зворотно-поступально у вертикальних напрямних 12, 13.

Застосування пропонованого пристрою забезпечує підвищення надійності, продуктивності і якості роботи молоту.

1.3.5 Горизонтальний безшаботний молот

Відома конструкція безшаботного молота [5, стор. 424, рис. 6.5.3]. Цей молот містить площадку, установлену на площині співудару баб і виконану у вигляді консольної пластини, прикріпленої до станини молота з можливістю регулювання положення у вертикальній площині за допомогою гвинтового або іншого механізму. Ця конструкція призначена для впровадження у безшаботному молоті з вертикальним рухом баб і не може бути використана для горизонтального руху баб, в неї відсутні також виштовхувачі заготовки з напівштампів.

Найбільш близьким аналогом пристрою є безшаботний молот з рухом баб у горизонтальній площині (імпактор), що містить основу, станину з горизонтальними направляючими, дві баби з напівштампами та їхній привод. Площина співудару знаходиться в середині вихідної відстані між напівштампами баб й у цій площині розміщується заготовка, що закріплюється в спеціальних обценькових (кліщових) захватах.

Недоліком зазначеного молота є обмеженість поковок, що виробляються, по масі та по формі, складність підвішування заготовки, спроможність заготовки “залипати” у штампі і як наслідок - передача зусилля від повернення баби на обценькові (кліщові) захвати, що може стати причиною їх поломки.

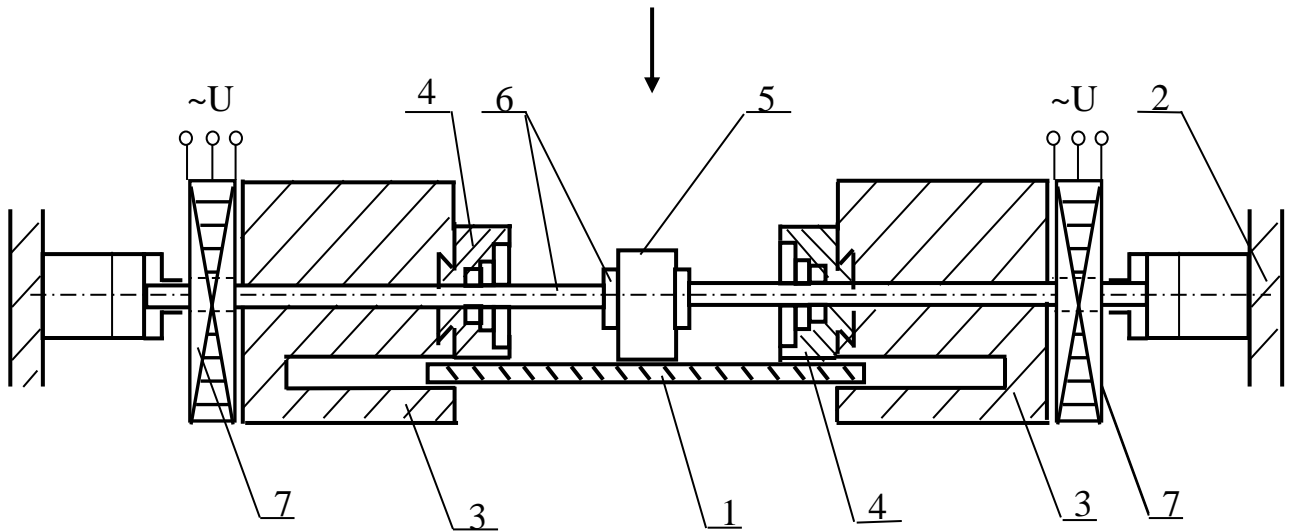
Загальними суттєвими ознаками відомого горизонтального безшаботного молота і того, що пропонується, є станина розміщена на фундаменті, дві баби з напівштампами, двосторонній привод баб.

Поставлено задачу удосконалення горизонтального безшаботного молота шляхом додаткового розміщення в площині співудару баб площадки у вигляді пластини, яка консольно закріплена на станині і входить у щілини баб, на якій розташовується заготовка затиснена між виштовхувачами з незалежним приводом в момент удару, забезпечується поліпшення якості поковок, які одержують, і розширення технологічних можливостей горизонтальних безшаботних молотів з двостороннім приводом баб.

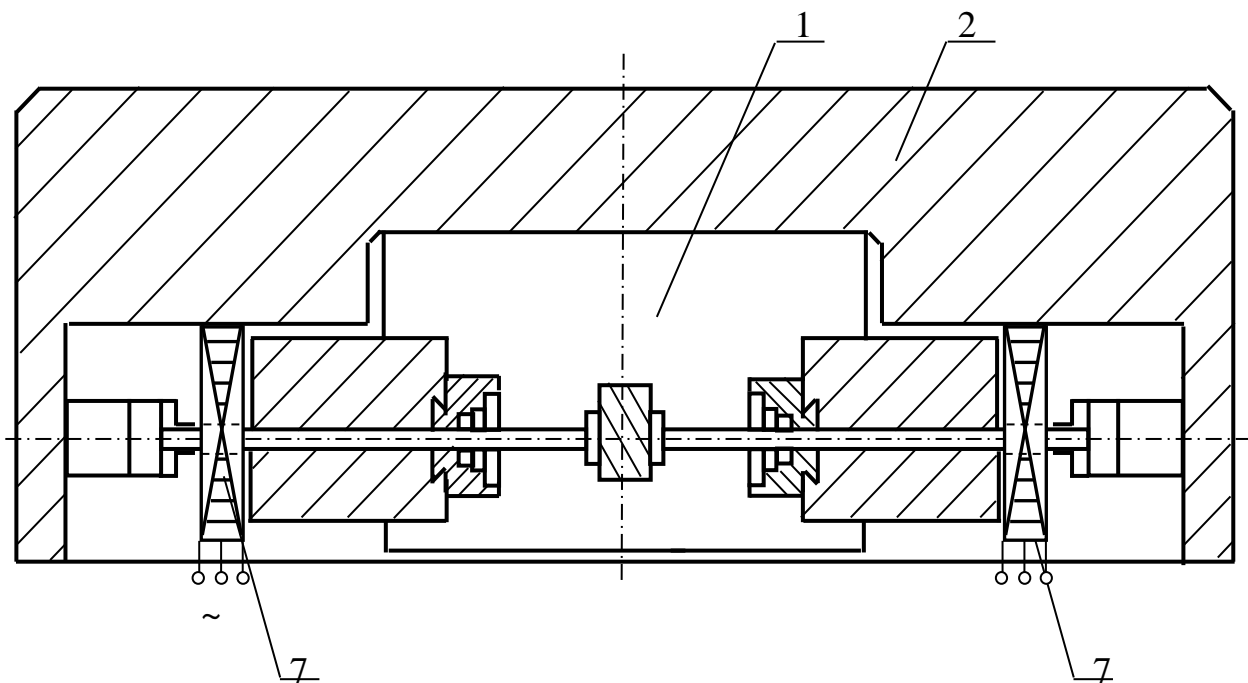
Поставлена задача досягається тим, що горизонтальний безшаботний містить станину, розміщену на фундаменті, дві баби з напівштампами, двосторонній привод баб, площадку, яка консольно закріплена на станині і встановлена в площині співудару баб з розміщенням на неї заготовки, що затискається виштовхувачами. Площадка входить у щілини баб, а напівштампи, які закріплені в бабах торкаються площадки своєю нижньою поверхнею, мають можливість рухатися повз площадки, підхоплюючи заготовку при ударі, а заготовка перед рухом баб має можливість бути затиснутою

між виштовхувачами, які мають незалежний привод, наприклад, пневмоциліндрами.

Суть запропонованої схеми конструкції показано на рис. 5, де а) – боковий вид на молот; б) – вид зверху на молот. Площадка 1 консольно закріплена в станині 2 молота, дві рухомі частини (баби) 3 з напівштампами 4, заготовка 5 розміщується на площадці 1 і потім деформується зустрічним ударом баб, виштовхувачі 6 з незалежним приводом; на рис. 5, б показано закріплення площадки 1 в станині 2 і привод баб 7



а)



б)

а – боковий вид на молот; б – вид у плані

Рисунки 5 – Схема горизонтального безшаботного молота

Горизонтальний безшаботний молот працює таким чином.

Заготовка 5 розміщується на горизонтальній поверхні пластини 1 і затискаються виштовхувачами 6. Баби 3 під дією приводу 7 рухаються в зустрічному напрямку з невеликою різницею швидкостей. Заготовка при торканні одного напівштампа зсовується назустріч другому напівштампу разом з виштовхувачами. Рух відбувається поки баби торкнуться заготовки. При цьому відбувається двосторонній удар. Після того, як баби розходяться, завдяки виштовхувачам не відбудеться залипання заготовки¹ у напівштампах 4. Пластина 1 із заготовкою 5 знаходиться у вихідному положенні.

Застосування молота забезпечить поліпшення якості поковок, що одержуються, і розширення технологічних можливостей безшаботних молотів з двостороннім приводом баб.

1.3.6 Вертикальний безшаботний молот

Відомий безшаботний молот з рухом баб у вертикальній площині, що містить станину, розміщену на фундаменті, верхню і нижню баби, що мають можливість переміщуватися у вертикальних напрямляючих, залежний або незалежний привод баб. Схема такого молота показана на рис. 3, 4.

Недоліком указанного молота являється те, що в даній конструкції молотів заготовка перед ударом розташовується на поверхні нижнього штампа і рухається разом із бабою, при цьому до моменту співудару може відбутися зміщення заготовки, що веде до зниження точності і браку при штамповці. Відомі молоти з двостороннім ударом мають суттєві технологічні обмеження при операціях кування, оскільки заготовка перед ударом рухається разом із бабою.

Відомий також безшаботний молот з рухом баб у горизонтальній площині (імпактор), що містить основу, станину з горизонтальними напрямляючими, дві баби та їхній привод. Площина співудару знаходиться в середині вихідної відстані між бабами й у цій площині розміщується заготовка, що закріплюється в спеціальних обценькових захватах, або на спеціальній пластині, рис. 5.

Недоліком указанного молота є обмеженість поковок, що виробляються, по масі та по формі, складність установки заготовки, спроможність заготовки “залипати” у штампі і як наслідок - передача зусилля від повернення баби на обценькові захвати або площадку, що може стати причиною їх поломки.

В основу нової конструкції поставлено задачу удосконалення вертикального безшаботного молота шляхом додаткового розміщення в площині співудару баб площадки для утримання заготовки (штампа), що повинно забезпечити поліпшення якості поковок, що одержуються, і розширення технологічних можливостей безшаботних молотів з двостороннім приводом бабів.

Поставлена ціль досягається тим, що безшаботний молот з переміщенням баб у вертикальній площині (рис.3, 4), що містить станину, розміщену на фундаменті, верхню і нижню баби, залежний або незалежний привод баб, додатково містить площадку, установлену на площині співудару баб і виконану у вигляді пластини, яка має двосторонні пружини, що спираються одним торцем на фундамент (станину) молота, а іншим на елемент різьбового або іншого з'єднання, за допомогою якого здійснюється кріплення.

Безшаботний молот додатково має площадку у вигляді пластини для того, щоб розміщати на площадці заготовку (нижній штамп з заготовкою) або заготовку при повторних ударах. Пластина може мати вигляд плоского листа, стакану або коробки з фланцем.

Площадка розташовується на площині співудару баб і в цьому випадку верхня баба торкається заготовки трохи раніше, ніж нижня баба, і таким чином створюється притиск заготовки до площадки, щоб уникнути її зміщення.

Площадка кріпиться до фундаменту (станини) молота за допомогою різьбового або іншого з'єднання для того, щоб здійснювати попереднє налагодження положення площадки щодо баб і мати можливість коректувати положення площадки у вертикальній площині.

Площадка має двосторонні пружини, обперті на фундамент (станину) молота й елемент кріпильного механізму, для того, щоб мати можливість пружно переміщатися у вертикальному напрямку і тим самим компенсувати можливі неточності зсуву площини співудару баб, а також зменшення висоти заготовки при послідовних ударах.

Конструкція площадки може бути спрощеною, а саме площадку, установлену на площині співудару баб можна і виконати у вигляді консольної пластини або Г-образної балки, прикріпленої до станини (фундаменту) молота з можливістю регулювання положення у вертикальній площині за допомогою гвинтового або іншого механізму.

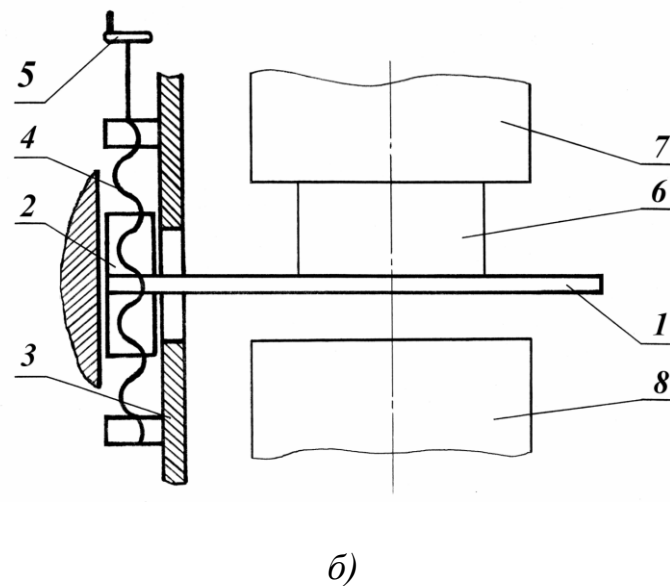
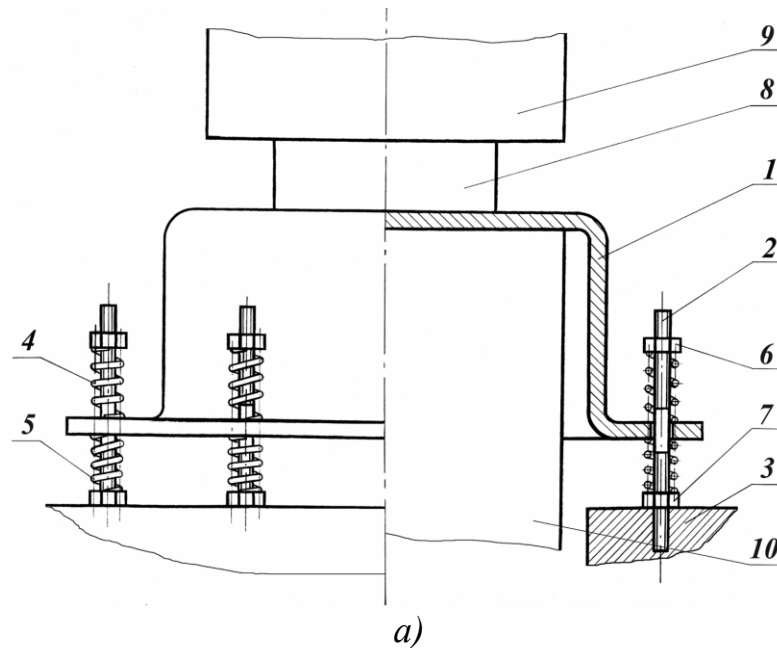
На рис. 6, а показана площадка у вигляді стакану з фланцем, на рис. 6, б - площадка у вигляді пружної пластини.

Площадка (рис. 6, а) складається зі стакану з фланцем 1, що шпильками 2 кріпиться до станини (фундаменту) 3 безшаботного молота. Шпильки 2 також служать направляючими і дозволяють переміщатися стакану 1 строго у вертикальному напрямку. На шпильках 2 розташовані пружини 4 і 5, що притискають фланець стакану 1. Іншими торцями пружини 4 і 5 впираються в гайки 6 та 7 відповідно. Заготовка (штамп) 8 поміщається на площадці 1 і потім деформується ударом верхньої 9 і нижньої 10 баб.

Площадка (рис. 6, б) складається з пластини 1, що одним кінцем жорстко кріпиться в обоймі 2. Обойма 2 має можливість переміщатися у вертикальних направляючих 3, що виконані в станині 4 молота. Переміщення здійснюється за допомогою гвинтової передачі 4, що

приводиться в рух від маховика 5. Заготовка (штамп) 6 поміщається на площадці 1 і потім деформується ударом верхньої 7 і нижньої 8 баб.

Безшаботний молот (рис. 3, 4), з площадкою (рис. 6, а) працює таким чином.



а – площадка у вигляді стакана з фланцем;

б – площадка у вигляді пружної пластини

Рисунок 6 – Схеми площадок для розміщення заготовок на вертикальному безшаботному молоті

Заготовка (штамп) 8 поміщається на горизонтальну поверхню стакана 1, при цьому під вагою заготовки (штампа) пружини 5 стискаються, і стакан 1 разом із заготовкою (штампом) опускається по шпильках 2 на деяку відстань так, щоб горизонтальна поверхня стакана 1 збігалася з площиною співудару бабів. Баби 9 та 10 рухаються в

зустрічному напрямку. Верхня баба 9 першою торкається заготовки (штампа) 8 і, продовжуючи свій рух униз, створює притиск, тому що її руху протидіють пружини 5. Рух відбувається до того моменту, коли нижня баба 10 торкається внутрішньої горизонтальної поверхні стакану. При цьому відбувається удар і деформація заготовки. Після того, як баби розходяться, стакан 1 з заготовкою (штампом) 8 повертаються у вихідне положення на площину співудару баб під дією попередньо стиснутих пружин 5.

Безшаботний молот рис. 3, 4 з площадкою (рис. 6, б).

Заготовка (штамп) 6 поміщається на горизонтальну поверхню пластини 1. Баби 7 і 8 рухаються в зустрічному напрямку. Верхня баба 7 першою торкається заготовки (штампа) 6 і, продовжуючи свій рух униз, створює притиск, тому що її руху протидіє пружність пластини 1. Рух відбувається до того моменту, коли нижня баба 8 торкається горизонтальної поверхні пластини знизу. При цьому відбувається двосторонній удар. Після того, як баби розходяться, пластина 1 із заготовкою (штампом) 6 повертаються у вихідне положення.

Такі схеми площадок для розміщення заготовок на вертикальних безшаботних молотах значно розширюють їх технологічні можливості.

1.3.7 Гелікоїдна машина для згортання листа в трубу з безперервним зварюванням

Механічний привод поширений у роторних ковальсько-пресових машинах, наприклад у листозгинальних машинах, що використовуються у технологічних процесах отримання труб з металевих листів. Машина виконує з трьома або чотирма валками і вони мають досі складну конструкцію. Труби з листа також формують на трубоформувальних станах з згинанням листа в трубу спеціальними роликками і зварюванням окрайки листа. Так отримують електрозварні труби.

Технологічна схема виробництва електрозварних труб холодної формувки включає в себе наступні операції: розмотка рулону, правка штрипса, обрізання кінців рулонів, стикове зварювання стрічки, обрізання кромок, петлеутворювач, формування трубної заготовки, зварювання труби, калібрування труби, розрізання труби на мірні довжини. Ці операції виконуються на станах, що містять формуючі кліти, еджерні кліти, гладильну бочку, направляючий ролик, зварювальну кліть, еджерний стіл, роликкову проводку. Загальними істотними ознаками відомого і нової машини є формуючий пристрій, пристрій для зварювання, пристрій для просування, система направляючих та натискних роликків.

Недоліком відомих конструкцій станів є їх складність, громіздкість, велике енергоспоживання, велика кількість передавальних ланцюгів, що призводить до зниження надійності, загального к.к.д. та ефективності роботи стану.

Поставлена задача удосконалення конструкції агрегату для згортання листа в трубу з безперервним зварюванням шву, в якому шляхом виконання формуючого елемента у вигляді гелікоїдної труби, де здійснюється формування та одночасне калібрування заготовки, забезпечується усунення вищезгаданих недоліків.

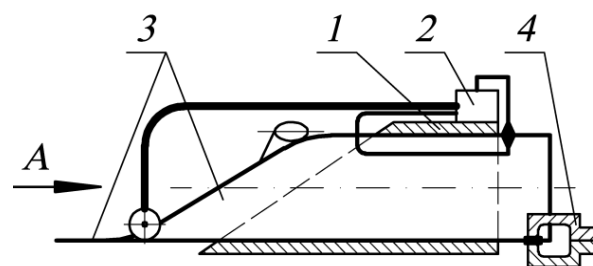
Поставлена задача вирішується тим, що формуючий елемент виконано у вигляді гелікоїдної труби, в якій здійснюється формування та одночасне калібрування заготовки, а пристрій для зварювання встановлено безпосередньо на формуючому елементі з можливістю здійснення процесу зварювання шву одразу ж після виходу заготовки із гелікоїдної труби [7].

Запропонована конструкція забезпечує підвищення надійності, загального к.к.д. та ефективності роботи агрегату для згортання листа в трубу з безперервним зварюванням шву.

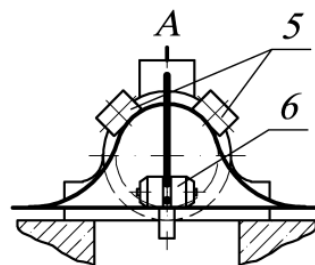
Виконання формуючого елемента у вигляді гелікоїдної труби, в якій здійснюється формування та одночасне калібрування заготовки, забезпечує компактність та спрощення конструкції агрегату для згортання листа в трубу з безперервним зварюванням шву, зниження його енергоспоживання, підвищення надійності.

Суть запропонованої машини пояснюється кресленнями, на яких зображено схему гелікоїдної машини для згортання листа в трубу з безперервним зварюванням шву.

Рис. 7, а – загальний вигляд машини; рис. 7, б – вигляд з боку.



а)



б)

а – загальний вигляд; б – вигляд з боку

Рисунок 7 – Схема гелікоїдної машини для згортання листа в трубу і зварювання

Гелікоїдна машина для згортання листа в трубу з безперервним зварюванням шву містить формуючий елемент у вигляді гелікоїдної труби 1, пристрій для зварювання 2 встановлено безпосередньо на формуючому елементі 1, пристрій для просування листа (заготовки) 3, наприклад у вигляді захвату 4, направляючі ролики 5, натискний ролик 6 листа 3.

Гелікоїдна машина для згортання листа в трубу з безперервним зварюванням шву працює таким чином.

Захват 4 захоплює лист 3 та протягує його крізь формуючий елемент у вигляді гелікоїдної труби 1. Натискний ролик 6 та направляючі ролики 5 утворюють необхідну траєкторію руху заготовки 3. У гелікоїдній трубі 1 здійснюється формування та одночасне калібрування заготовки 3. Одразу ж після виходу заготовки 3, що має трубну форму, із гелікоїдної труби 1 здійснюється процес зварювання шву пристроєм для зварювання 2. Таким чином утворюється труба необхідної довжини та діаметру, яка має один зварний шов.

Такий спосіб та машина для згортання листів у трубу значно спрощений ніж існуючі методи і машини. Можна отримувати труби будь-якої довжини. Зараз труби для газу і нафтопроводів отримують у заводах і транспортують на місця будівництва газо-нафтопроводів. Максимальна довжина труби не перевищує 12 м. Коли установити гелікоїдні машини на колеса то її можна транспортувати вздовж лінії, де будується трубопровід і отримувати трубу з рулонів металевих листів значно більшої довжини. Це дозволить зменшити кількість поперечних зварних швів, підвищити надійність трубопроводів.

1.4 Гідравлічні преси, молоти і стати та їх приводи

Гідравлічними пресами і статами називаються КПМ квазистатичної дії на матеріал, що деформується силою тиску рідини чи газу або плунжером робочого виконавчого механізму. Гідравлічні молоти це машини, що діють на матеріал ударом.

Гідравлічні преси, молоти і стати розглядаються у спеціальній літературі [1, 3, 4, 5].

Класифікація гідравлічних пресів заснована на технологічних операціях, що виконуються на цих машинах.

1. Для кування і об'ємного штампування використовуються такі гідравлічні преси: кувальні, штампувальні, ножиці для відрізання заготовок, холодноломи, обрізні, карбувальні, калібрувальні, прошивні, протяжні.

2. Для листового штампування: листові ножиці, листоштампувальні; для штампування гумою, згинальні та відбортовочні, розтягувальні та обтяжні, для гарячого листоштампування.

3. Для витискування: трубопрофільні, трубопруткові, для холодного витискування.

4. Для металевої стружки, відходів, порошоків: брикеторобні, пакеторобні, для металевих порошоків.

5. Для неметалевих матеріалів: для порошків, для пластмас, термопластавтомати, електродні, брикетувальні.

6. Для складальних та виправильних робіт: виправильні, насадочні, монтажнопресувальні.

Технологічна операція визначає особливості конструкції гідропресів, характер його системи живлення.

Розглянемо найбільш сучасні розробки у галузі гідропресів.

1.4.1 Гідропрес гравітаційний

Відомі гідравлічні преси, що містять робочий циліндр, в якому рухається робочий плунжер і який закріплено у верхній нерухомій поперечині. Останню, за допомогою колон, з'єднано з нижньою нерухомою поперечиною, яку встановлено на фундаменті. Робочий плунжер з'єднано з траверзою. Для підйому траверзи встановлено під'ємні циліндри з плунжерами. Загальними істотними ознаками відомого і приладу, що пропонується, є траверза, нижня нерухома поперечина, яку встановлено на фундаменті, під'ємні циліндри з плунжерами.

Загальними недоліками відомих конструкцій гідравлічного пресу є складність конструкції та великі енергетичні та економічні витрати, які пов'язані з експлуатацією преса та здійсненням технологічного процесу.

Поставлена задача удосконалення гідравлічного пресу, у якому шляхом використання гравітаційної сили у якості робочого навантаження забезпечується усунення вищезгаданих недоліків.

Ця задача вирішується тим, що робоче навантаження розташовано на траверзі та виконано у вигляді будь-якого механічного вантажу – будови, споруди, бетонного блоку тощо.

Запропонована конструкція (рис.8) забезпечує можливість використання у якості навантажуючого будь-якого доступного засобу, що має необхідну для здійснення технологічного процесу масу, та дозволяє розташувати і використовувати прилад у будь-якому місці, де виникає необхідність в обробці матеріалу тиском.

Використання гравітаційної сили у якості робочого навантаження дозволяє значно спростити конструкцію гідравлічного пресу та суттєво знизити енергетичні та економічні витрати, які пов'язані з експлуатацією преса та здійсненням технологічного процесу.

Суть запропонованої корисної моделі пояснюється кресленням, на якому зображена схема преса гідравлічного з використанням гравітаційної сили у якості робочого навантаження.

Прес гідравлічний з використанням гравітаційної сили у якості робочого навантаження (рис. 8) містить траверзу 1, нижню нерухома поперечину 2, яку встановлено на фундаменті 3, під'ємні циліндри 4 з плунжерами 5, які з'єднано з траверзою 1. Робоче навантаження 6 розташовано на траверзі та виконано у вигляді будь-якого механічного вантажу – будови, споруди, бетонного блоку тощо.

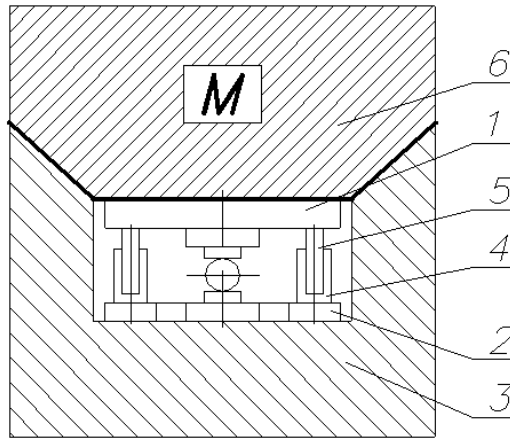


Рисунок 8 - Прес гідравлічний з використанням гравітаційної сили як робочого навантаження

Прес гідравлічний з використанням гравітаційної сили у якості робочого навантаження працює таким чином.

Траверза 1 навантажується вантажом 6 маси М, яка необхідна для здійснення технологічного процесу. До під'ємних циліндрів 4 подається тиск рідини. Через плунжери 5 зусилля підйому передається на траверзу 1 з вантажом 6, піднімаючи останню на необхідну висоту.

Для здійснення ходу наближення та деформування заготовки тиск з підйомних циліндрів 4 скидається.

Живлення та керування пресом здійснюється від відомих джерел та відомими методами.

Технологічне зусилля процесу деформування забезпечується за рахунок дії гравітаційної сили робочого навантаження 6, яка у свою чергу залежить від його маси М.

Швидкість підйому, наближення та деформування залежать від конкретного виконання гідросистеми керування приладом та визначаються її характеристиками в залежності від маси М вантажу 6.

Наприклад, для створення такого пресу номінальним зусиллям $P=2000$ МН необхідно використовувати вантаж масою М, який виконано наприклад, у вигляді бетонного куба з рівними сторонами.

Щільність бетону дорівнює $q=0.025 \frac{МН}{м^3}$. Тоді цей куб буде мати наступний об'єм

$$Q = \frac{P}{q} = \frac{2000}{0.025} = 80000 м^3.$$

Таким чином, габарити кубу такого об'єму становлять $43 \times 43 \times 43$ м³. Це цілком можливо для технічного виконання.

Новокраматорський машинобудівний завод (НКМЗ, м. Краматорськ) у 1980-1985 роках зробив прес зусиллям 500 МН з одним робочим циліндром. На пресі зусиллям 2000 МН таких циліндрів може бути чотири.

Немає також особливих технічних проблем і в підвищенні зусилля таких пресів.

1.4.2 Гідропрес з утилізацією пружної енергії

Відома конструкція клинового преса, що містить приводний копір, зчленений своєю опуклою циліндричною поверхнею з увігнутою циліндричною поверхнею циліндричного сухаря, який шарнірно зчленено з повзуном. На повзуні нерухомо кріпиться кронштейн, в якому встановлено палець так, щоб його вісь суміщалася з віссю циліндричного сухаря. В центрі копіра встановлено ще один палець, вісь якого суміщено з віссю опуклої циліндричної поверхні копіра. Сергу змонтовано на пальцях [2].

Відомий також прес з приводом від насосно - акумуляторної станції, що містить робочий та зворотні гідроциліндри, наповнювальний - зливний клапан з сервоприводом керування, гідророзподільник з системою керування розподільним валом, наповнювальний-зливний бак, проміжний мультиплікатор, клапан мінімального рівня, акумулятор, компресор, насосну станцію, зворотні клапани, систему гідроліній. Загальними істотними ознаками відомого і пристрою, що пропонується, є робочий та зворотні гідроциліндри, наповнювальний - зливний клапан з сервоприводом керування, гідророзподільник з системою керування розподільним валом, наповнювальний-зливний бак, акумулятор, насосна станція, зворотний клапан, система гідроліній [5].

Недоліком відомої конструкції преса з приводом від насосно - акумуляторної станції є низький к.к.д., великі енергетичні та економічні витрати, які пов'язані з розвантаженням преса на злив при здійсненні технологічного процесу. При цьому пружна енергія гідросистеми та преса корисно не використовується.

В основу нового пресу поставлена задача удосконалення гідравлічного приводу преса, у якому шляхом використання установки для розвантаження гідропреса у вигляді клиношарнірного механізму та розвантажувального циліндра забезпечується усунення вищезгаданих недоліків.

Поставлена задача вирішується тим, що гідропрес постачено установкою для розвантаження гідропреса у вигляді клиношарнірного механізму, до складу якого входять клин, шарнір, нерухомо встановлені гідроциліндри зі штоками приводу клина, розвантажувальний клапан, та розвантажувального циліндра, в якому встановлено штовхальник, при цьому гідроциліндри з'єднано гідролініями з робочим циліндром преса та акумулятором.

Запропонована конструкція забезпечує повернення до системи живлення пружної енергії робочої рідини та деформації металоконструкції пресової установки у кожному робочому циклі навантаження.

Використання установки для розвантаження гідропреса у вигляді клиношарнірного механізму та розвантажувального циліндра забезпечує підвищення загального к.к.д. всієї пресової установки, її надійності та довговічності.

Суть запропонованої конструкції пояснюється кресленням, на якому зображена схема гідропреса з поверненням пружної енергії до системи живлення.

Гідропрес з поверненням пружної енергії до системи живлення (рис.9) містить установку для розвантаження гідропреса у вигляді клиношарнірного механізму 1 та розвантажувального циліндра 2.

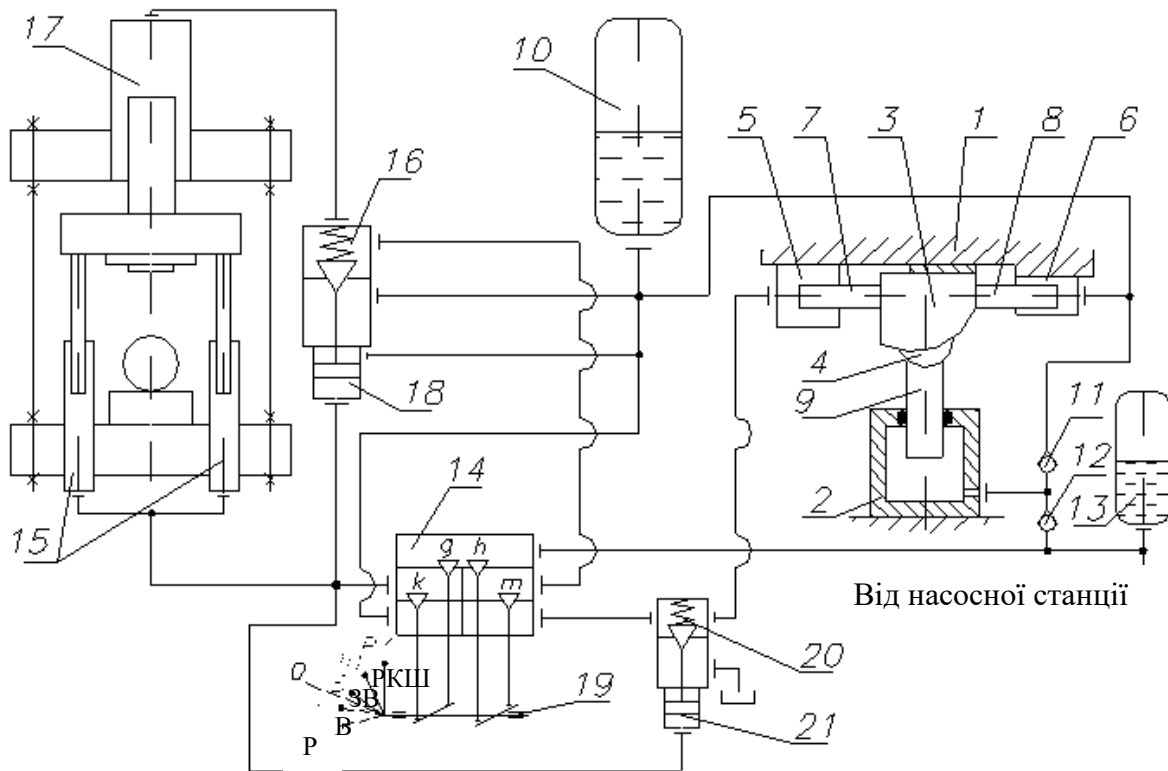


Рисунок 9 – Схема гідропреса з поверненням пружної енергії до системи живлення

До складу клиношарнірного механізму 1 входять клин 3, шарнір 4, нерухомо встановлені гідроциліндри 5 і 6 зі штоками 7 і 8 відповідно.

У розвантажувальному циліндрі 2 встановлено штовхальник 9.

Циліндр 6 з'єднано з наповнювально-зливним баком 10.

Порожнину розвантажувального циліндра 2 з'єднано через зворотній клапан 11 з циліндром 6 та наповнювально-зливним баком 10, а через зворотній клапан 12 – з акумулятором 13.

Клапанний розподільник 14 з клапанами g, h, k, m з'єднано з акумулятором 13, циліндром 5, наповнювально-зливним баком 10, зворотними циліндрами 15 та через наповнювально-зливний клапан 16 – з робочим циліндром 17 преса.

Наповнювальньо-зливний клапан 16 постачено сервоприводом у вигляді гідроциліндра керування 18.

Робота клапанів розподільника 14 залежить від системи керування розподільним валом 19.

Для розвантаження клиношарнірного механізму 1 від тиску на лінії між розподільником 14 та гідроциліндром 5 встановлено розвантажуючий клапан 20 з циліндром керування 21.

Гідропрес з поверненням пружної енергії до системи живлення працює таким чином.

Від насосної станції робоча рідина під тиском надходить до акумулятора 13 та до порожнини клапанного розподільника 14 над клапанами 14g і 14h.

Режими роботи розподільника 14 виконує цикл роботи пресу.

У вихідному положенні траверза преса знаходиться у крайній верхній точці, клапан 14g відкрито, а 14k, 14m і 14h закрито, з'єднуючи робочий циліндр 17 з баком 10, а зворотні 15 - з тиском.

Рідина від наповнювальньо - зливного бака 10 надходить до порожнини гідроциліндра 6, а через зворотній клапан 11 - до порожнини розвантажувального циліндра 2.

Для початку ходу наближення траверзи до заготовки системою керування 19 розподільника 14 клапан 14g закривається, а 14k - відкривається, з'єднуючи тим самим зворотні циліндри 15 з баком 10. Траверза під дією своєї ваги і тиску у баці 10 починає рухатися униз, наближаючись до заготовки. Рідина під дією різниці тисків між робочим циліндром 17 та наповнювальньо - зливним баком 10 через наповнювальньо-зливний клапан 16 надходить до робочого циліндра 17.

Хід наближення триває доки траверза не торкнеться заготовки.

Робочий хід починається з того, що системою керування 19 розподільний вал розподільника 14 переводиться у положення Р, коли клапани 14g і 14m закриті, а 14h і 14k - відкриті.

Через відкритий клапан 14h рідина від насосної станції та акумулятора 13 під тиском 32 МПа надходить до головного циліндра 17.

З закінченням робочого ходу починається розвантаження робочого циліндра 17 від тиску на клиношарнір 1.

Системою керування 19 розподільний вал розподільника 14 переводиться у положення, коли клапани 14h і 14k закриваються, а 14g і 14m - відкриваються. Зворотні циліндри 15 через клапан 14g з'єднано з тиском від насосної станції та акумулятора 13.

Об'єм стиснутої рідини з робочого циліндра 17 через відкритий клапан 14m надходить до порожнини гідроциліндра 5, діє на шток 7. В результаті цього клин 3 переміщується вправо. Штовхальник 9, що взаємодіє з шарніром 4, рухається униз, стискаючи рідину у порожнині розвантажувального циліндра 2. Через зворотній клапан 12 стиснута рідина повертається до акумулятора 13.

Конструктивне виконання елементів клиношарнірного механізму, розвантажувального гідроциліндра 2 та клапану 20 з циліндром 21 повинно бути таким, щоб розвантаження гідропресу було здійснено у повній мірі. Тобто, щоб не відбувалося заклинювання клину 3 і шарніру 4, щоб величини ходу штоухальника 9, а також штока 7, було достатньо для повного розвантаження, щоб тиск рідини, що повинна бути витісненою через зворотній клапан 12, був достатнім для здійснення цього процесу.

Таким чином здійснюється розвантаження робочого циліндра 17 від тиску через клиношарнір та повернення пружної енергії до системи живлення.

Після розвантаження робочого циліндра 18 від тиску здійснюється повернення траверзи преса у вихідне положення – зворотній хід.

Системою керування 19 розподільний вал розподільника 14 переводиться у положення, коли клапан 14m закривається.

Під дією тиску від насосної станції та акумулятора 13 на циліндр керування 18 та під дією різниці тисків між робочим циліндром 4 та наповнювально - зливним баком 10 наповнювально-зливний клапан 16 відкривається і рідина з робочого циліндра 17 надходить на злив до наповнювально - зливного бака 10.

Одночасно з цим здійснюється розвантаження клиношарнірного механізму 1. Під дією тиску від насосної станції та акумулятора 13 на циліндр керування 21 розвантажувальний клапан 20 відкривається. Тиск з гідроциліндра 5 клиношарнірного механізму 1 іде на злив у бак, з наповнювально – зливного бака 10 рідина надходить до циліндра 6, а через зворотній клапан 11 – до порожнини розвантажувального циліндра 2. В результаті цього клин 3 переміщується вліво. Штовхальник 9, що взаємодіє з шарніром 4, рухається вверх.

Довжини коромисел розподільного вала та штоухальників клапанів системи керування 19 розподільним валом розподільника 14 повинні бути спроектовані таким чином, щоб їх робота відповідала режимам роботи клапанного розподільника 14.

1.4.3 Гідропрес з мультиплікатором

В основу нового преса поставлена задача удосконалення приводу гідравлічного преса шляхом заміни кривошипного мультиплікатора одноразової дії гідравлічним безперестанної дії, з можливістю під час його роботи заряджати акумулятор, та кривошипно - плунжерного насоса високого тиску відцентровим насосом низького тиску, а також керування мультиплікатором через чотирьохклапанний розподільник, робота якого залежить від системи керування розподільним валом.

Поставлена задача вирішується тим, що мультиплікатор виконано гідравлічним і безперестанної дії та пов'язаним через чотирьохклапанний розподільник з відцентровим насосом низького тиску, в систему якого входять засувка, манометри на вході та виході насоса та зворотній клапан,

при цьому штокові порожнини мультиплікатора під час витіснення рідини під тиском за допомогою зворотних клапанів з'єднано з акумулятором та через інший чотирьохклапанний розподільник - з робочим і зворотними циліндрами пресу, а під час всмоктування - з лінією нагнітання відцентрового насоса, яка в свою чергу зв'язана через засувку ще й з наповнювально - зливним баком з переливним клапаном та зливною порожниною розподільника робочого та зворотних циліндрів.

Запропонована конструкція забезпечує спрощення конструкції приводу гідравлічного преса, підвищення його надійності та зменшення вартості.

Застосування гідравлічного мультиплікатора безперестанної дії підвищує продуктивність всього приводу, а відцентрового насоса низького тиску - знижує експлуатаційні витрати із-за споживання потужності низького рівня, підвищує продуктивність приводу унаслідок майже повної відсутності зовнішніх і внутрішніх витоків та значного коефіцієнту подачі. Крім цього застосування гідравлічного приводу керування мультиплікатором через чотирьохклапанний розподільник замість механічного та зарядження акумулятора під час холостих ходів значно спрощує конструкцію приводу при значному пониженні енергоспоживання та підвищенні ефективності, підвищує його швидкохідність, зручність і легкість керування та надійність.

Суть запропонованої корисної моделі пояснюється кресленням, на якому зображена схема приводу гідравлічного преса.

Привод гідравлічного преса (рис. 10) містить гідравлічний мультиплікатор безперестанної дії 1, який пов'язаний через чотирьохклапанний розподільник 2, до складу якого входять клапани a, b, c, d, з відцентровим насосом низького тиску 3, в систему якого входять засувка 4, манометри на вході 5 та виході 6 насоса, зворотній клапан 7 та насосний бак 8.

Штокові порожнини 9 і 10 мультиплікатора 1 за допомогою зворотних клапанів 11 і 12 з'єднано з порожниною високого тиску чотирьохклапанного розподільника 13, до складу якого входять клапани e, f, g, h, робочого 14 і зворотних 15 циліндрів пресу та з акумулятором 16. Порожнину над клапаном 13g з'єднано з робочим циліндром 14, а порожнину над клапаном 13h - зі зворотними циліндрами 15.

Також штокові порожнини 9 і 10 через зворотні клапани 17 і 18 з'єднано з лінією нагнітання 19 відцентрового насоса 3. Поршневі порожнини 20 і 21 мультиплікатора 1 з'єднано з порожнинами над клапанами 2c і 2d розподільника 2 відповідно.

Лінія нагнітання 19 через засувку 22 з'єднано з наповнювально - зливним баком 23 та зливною порожниною чотирьохклапанного розподільника 13.

Робота клапанів розподільників 2 і 13 залежить від систем керування розподільними валами 24 і 25 відповідно, які можуть займати положення відповідно режиму роботи пресу.

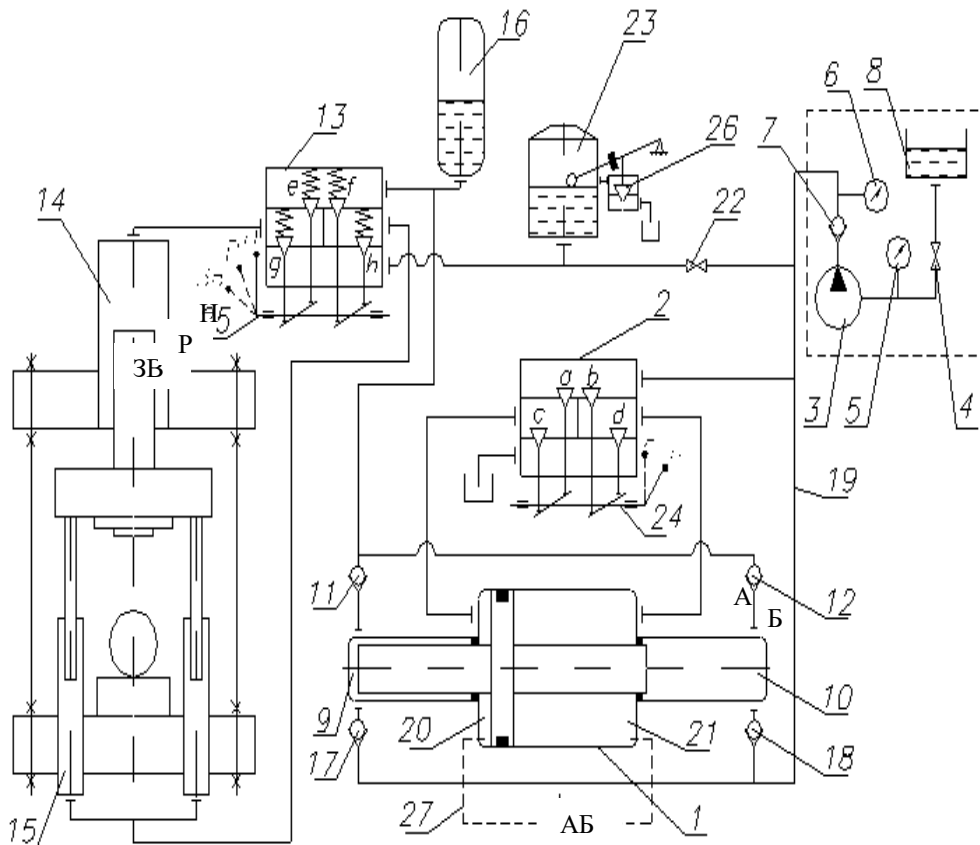


Рисунок 10 – Схема гідравлічного пресу з мультиплікатором

На зливному баці 23 розташовано переливний клапан 26, який не допускає збільшення рівня рідини в баці 23.

Мультиплікатор 1 має механізм 27 механічного переводу вала 24 розподільника 2 у положення А або Б в кінці ходу.

Привод гідравлічного преса працює таким чином.

Включають насос 3, який подає рідину через клапан 7 до розподільника 2 і далі до порожнин 20 або 21 в залежності від положення А або Б.

Мультиплікатор 1 безперестанно працює. Механізмом 27, що діє на систему керування 24 розподільника 2, розподільний вал переводиться у положення А, коли клапана 2b і 2c відкриті, а 2a і 2d закриті. Робоча рідина під тиском з лінії нагнітання 19 надходить через напірний клапан 2b до поршневої порожнини 21 мультиплікатора 1, штоки та поршень якого починають переміщуватися вліво. При цьому рідина у штоковій порожнині 9 стискується. Під дією цього тиску зворотній клапан 17 закривається, а зворотній клапан 11 відкривається, надаючи можливість рідині під високим тиском потрапити до порожнини високого тиску розподільника 13 та до акумулятора 16.

Коли поршень мультиплікатора 1 доходить до крайнього лівого положення механізм 27 діє на систему керування 24 розподільника 2 автоматично переводить розподільний вал останнього у положення В, коли клапана 2b і 2c закриті, а 2a і 2d відкриті. Робоча рідина під тиском з лінії нагнітання 19 надходить через напірний клапан 2a до поршневої порожнини 20 мульт-

типлікатора 1, штоки та поршень якого починають переміщуватися вправо. При цьому рідина у штоковій порожнині 10 стискується. Під дією цього тиску зворотній клапан 18 закривається, а зворотній клапан 12 відкривається, надаючи можливість рідині під високим тиском потрапити до порожнини високого тиску розподільника 13 та до акумулятора 16.

Режими роботи чотирьохклапанних розподільників 2 і 13 представлені у таблицях 3 і 4 відповідно.

Така зміна положень (А та В) механізмом 27, що діє на систему керування 24 розподільного вала розподільника 2, триває постійно.

У вихідному положенні траверза преса знаходиться у крайній верхній точці, клапани 13g і 13f відкрито, з'єднуючи робочий циліндр 14 зі зливом у бак 23, а зворотні 15 - з тиском.

З початком ходу наближення траверзи до заготовки системою керування 25 розподільника 13 клапан 13f закривається, а 13g і 13h - відкриваються, з'єднуючи тим самим зворотні циліндри 15 зі зливом у бак 23 (клапан 13g діє як зворотній клапан). Траверза під дією своєї ваги і різниці у площах плунжерів циліндрів 14 та 15 починає рухатися, наближаючись до заготовки. Через відкритий 13g рідина з наповнювально - зливного бака 23 надходить до робочого циліндра 14. Хід наближення триває доки траверза не торкнеться заготовки.

Під час ходу наближення, коли клапани 13e і 13f закриті, рідина під високим тиском від мультиплікатора 1 надходить до акумулятора 16, тим самим заряджуючи його.

Робочий хід починається з того, що системою керування 25 розподільний вал розподільника 13 переводиться у положення, коли клапани 13f і 13g закриваються, а 13h і 13e - відкриваються. Зворотні циліндри 15 через клапан 13h з'єднано з баком 23, а до робочого циліндра 14 через відкритий клапан 13e рідина під високим тиском надходить від мультиплікатора 1 та акумулятора 16.

З закінченням робочого ходу починається зворотній хід. Системою керування 25 розподільний вал розподільника 13 переводиться у положення П коли клапани 13h і 13e закриваються, а 13f і 13g - відкриваються. Зворотні циліндри 15 через клапан 13f з'єднано з високим тиском від мультиплікатора 1 та акумулятора 16, а рідина з робочого циліндра 14 через відкритий клапан 13g і зливну порожнину надходить до наповнювально - зливного бака 23. Таким чином здійснюються розвантаження та зворотній хід преса.

1.4.4 Молот гідравлічний

Гідравлічні молоти [2] містять станину, з якою жорстко з'єднано гідропружний циліндр-акумулятор, плунжер якого виконано ступінчастим, при цьому ущільнення на торці корпусу по діаметру більше, ніж діаметр плунжера на виході з циліндра-акумулятора, рухливу гільзу, що охоплює плунжер, рухається відносно останнього та входить одним кінцем у гідро-

пружний циліндр-акумулятор, а іншим – у пневматичний циліндр низького тиску, систему керування. Плунжер пов'язано з бойком, що несе інструмент. Загальними істотними ознаками відомого і нового приладу є станина, циліндр-акумулятор, плунжер якого виконано ступінчастим, при цьому ущільнення на торці корпусу по діаметру більше, ніж діаметр плунжера на виході з циліндра-акумулятора, рухлива гільза, що охоплює плунжер, рухається відносно останнього та входить одним кінцем у гідропружний циліндр-акумулятор, а іншим – у циліндр низького тиску, система керування, бойок, інструмент.

Недоліком відомих конструкцій гідравлічних молотів є наявність пневматичного циліндра, який заповнено газом під тиском, на виході плунжера близько від робочої зони молота, що призводить до витоків газу крізь ущільнення до робочої зони молота, а це в свою чергу викликає зниження безпеки роботи, надійності, ефективності та загального к.к.д. всього пристрою.

Поставлена задача удосконалення високошвидкісного молота, в якому шляхом виконання циліндру низького тиску гідравлічним та з'єднання його з порожниною низького тиску циліндра-акумулятора, тиск в якій створюється додатковим пневматичним циліндром, розміщеним далі від робочої зони і, плунжер якого входить у порожнину низького тиску циліндра-акумулятора, забезпечується усунення вищезгаданих недоліків.

Задача вирішується тим, що циліндр низького тиску виконано гідравлічним, а порожнину циліндра-акумулятора розділено на дві незалежні гідравлічні порожнини – низького та високого тисків, при цьому циліндр-акумулятор постачено додатковим пневматичним циліндром, розміщеним далі від робочої зони молота і плунжер якого входить у порожнину низького тиску циліндра-акумулятора, яка сполучається з гідравлічним циліндром низького тиску.

Запропонована конструкція забезпечує підвищення надійності, довговічності, ефективності, швидкохідності та загального к.к.д. пристрою.

Виконання циліндру низького тиску гідравлічним, розділення порожнини циліндра-акумулятора на дві незалежні гідравлічні порожнини – низького та високого тисків, а також постачання останнього додатковим пневматичним циліндром, плунжер якого входить у порожнину низького тиску циліндра-акумулятора, яка сполучається з гідравлічним циліндром низького тиску, забезпечує усунення пневматичного циліндра, який заповнено газом під тиском, з виходу плунжера з бойком, і, як результат, усунення будь-яких витоків газу крізь ущільнення, створення більш безпечних умов праці та зручного керування пристроєм.

Суть запропонованої конструкції пояснюється кресленням, на якому зображена схема гідравлічного молота.

Гідравлічний молот рис.11 містить станину 1, з якою жорстко з'єднано гідропружний циліндр-акумулятор 2, плунжер 3 якого виконано ступінчастим, при цьому ущільнення 4 на торці корпусу по діаметру більше, ніж діаметр плунжера на виході з циліндра-акумулятора 2. Рухлива гі-

льза 5 охоплює плунжер 3, рухається відносно останнього та входить одним кінцем у гідропружний циліндр-акумулятор 2, а іншим – у гідравлічний циліндр низького тиску 6. Плунжер 3 пов'язано з бойком 7, що несе інструмент 8, який деформує заготовку 9. Деталі 3, 7, 8, 9 створюють робочу зону молота.

Порожнину циліндра-акумулятора 2 розділено на дві незалежні гідравлічні порожнини – низького 10 та високого 11 тисків, при цьому циліндр-акумулятор 2 постачено додатковим пневматичним циліндром 12, плунжер 13 якого входить у порожнину низького тиску 10 циліндра-акумулятора 2, яка сполучається з гідравлічним циліндром низького тиску 6.

Через отвір 14 рідина під тиском зарядження надходить до порожнини високого тиску 11 циліндра-акумулятора 2, через отвір 15 здійснюється злив рідини, через отвір 16 стиснута рідина з порожнини низького тиску 10 підводиться до порожнини гідравлічного циліндра 6. Система керування 17 керує подачею тиску рідини у отвори 14 і 15.

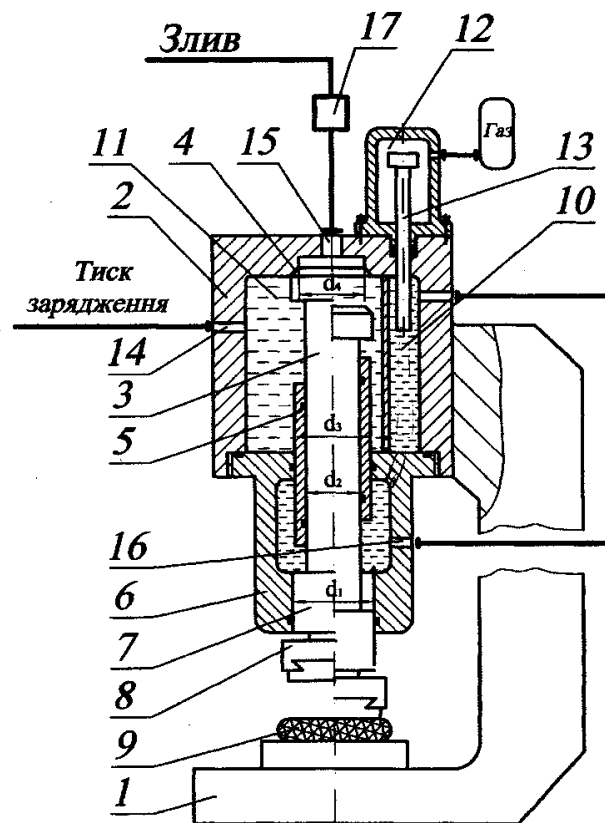


Рисунок 11 – Схема гідравлічного молоту

При конструюванні циліндра-акумулятора 2 повинні виконуватися співвідношення $d_3 > d_1$, $d_4 > d_2$.

Гідравлічний молот працює таким чином.

В порожнині гідравлічного циліндра 6 постійно знаходиться рідина під тиском, який створюється у порожнині низького тиску 10 циліндра-акумулятора 2 пневматичним циліндром 12. За рахунок цього тиску гільза 5 притискує плунжер 3 до торцевого ущільнення 4. Отвір 15 з'єднано зі зливом.

Коли тиск рідини в порожнині циліндра-акумулятора 2 перевищить тиск рідини у порожнині гідравлічного циліндра 6, гільза 5 починає рухатися униз, підвищуючи тиск у порожнині циліндра 6. Плунжер 3 при цьому не рухається. Але після упору гільзи 5 в уступ бойка 7 з діаметром d_1 плунжер 3 відривається від торцевого ущільнення 4 та починає рухатись під дією стиснутої рідини на поверхню з діаметром d_4 та стиснутої рідини на кільцеву поверхню з d_1 і d_2 . При цьому отвір 15 перекрито системою керування 17. У кінці ходу здійснюється процес деформування заготовки 9 у робочій зоні молота.

Гільза 5 на робочому ході переміщується уверх в порожнину високого тиску 11 циліндра-акумулятора 2, підтримуючи в останній тиск рідини.

Ходи плунжера 3 та гільзи 5 повинні бути розраховані таким чином, щоб удар плунжера 3 по заготовці 9 здійснився раніше зустрічі його з гільзою 5.

Після зустрічі плунжера 3 з гільзою 5 починається зворотній хід плунжера 3 під дією гільзи 5. При цьому порожнину 11 циліндра-акумулятора 2 з'єднано зі зливом.

Цикл роботи пристрою повторюється.

Така конструкція молота дозволяє збільшити його технологічні можливості за рахунок керування енергією удару.

1.4.5 Розрахунок приводів гідропресів

Розрахунок гідропресів наведений у спеціальній та навчальній літературі [3, 5]. Приведемо розрахункові схеми і моделі гідравлічних пресів з насосним (рис.12) і насосно-акумуляторним приводом (рис.13).

У цих розрахункових схемах позначено:

P_1, P_2 – тиск рідини у робочих та зворотних циліндрах;

S_1, S_2, S_3 – площа робочих, зворотних циліндрів і акумулятору;

F_q – сила деформування;

ζ – приведений опір руху рідини у гідролініях;

ρ – щільність рідини;

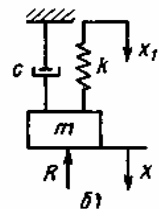
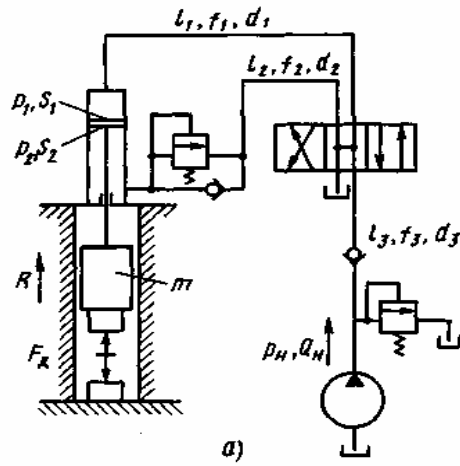
p_n, Q_n – тиск і подача насосу;

x_1, x_2 – зміщення мас;

l_i, d_i, f_i – довжина, діаметр і площа перерізу труб;

m – маса рухомих частин.

Розрахунки наведені у літературі [5, стор. 76, 77].



а - принципова схема; б - розрахункова модель
Рисунок 12 – Гідравлічний прес з насосним приводом
[5, стор, 72, рис. 2.1.4]

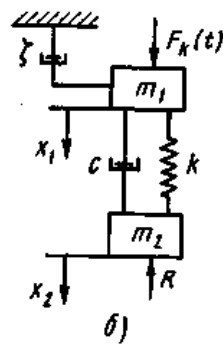
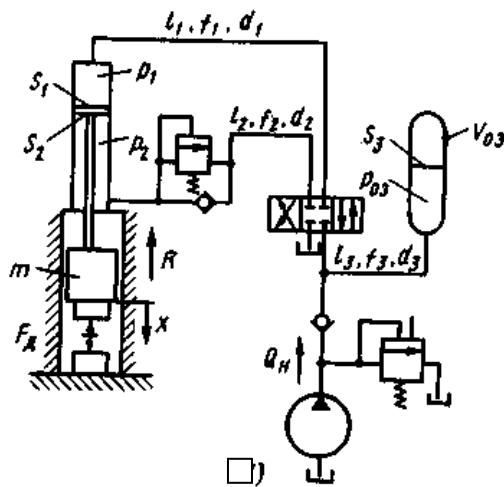
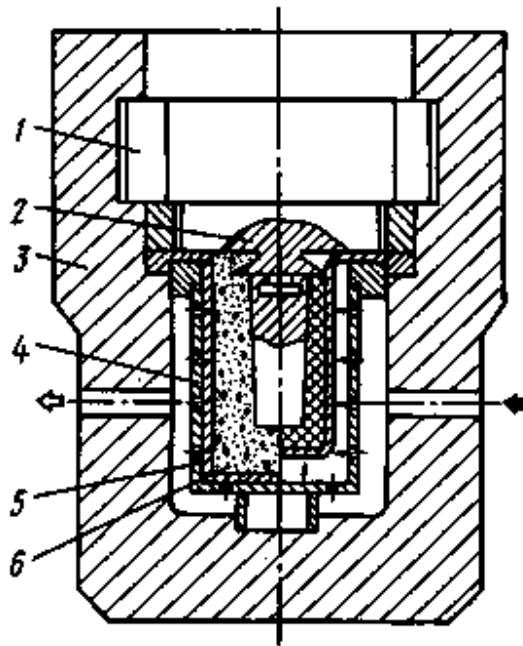


Рисунок 13 – Принципова схема (а) і розрахункова модель (б) гідравлічного преса з насосно-акумуляторним приводом [5, стор, 74, рис. 2.1.5]

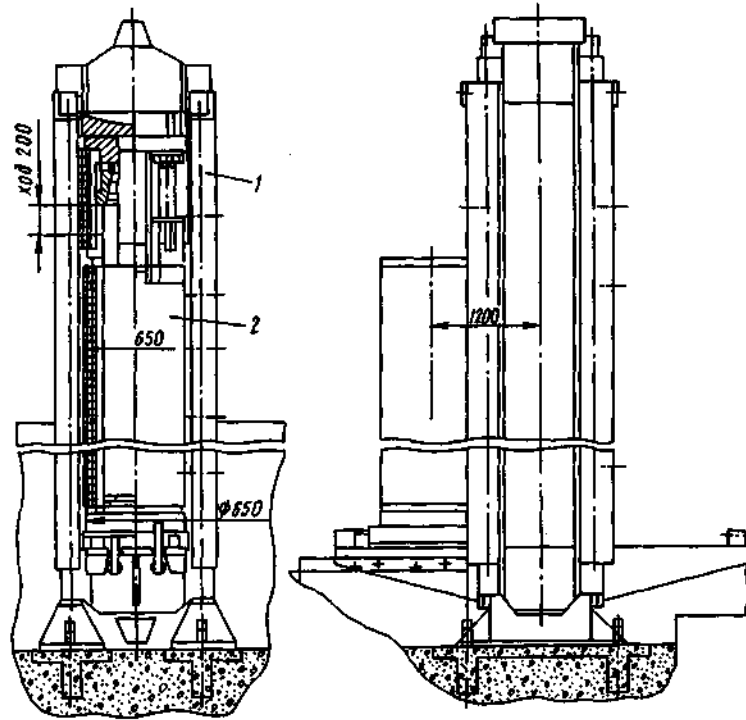
1.4.6 Гідравлічні і газові стати

Стати використовуються для компактування матеріалів з порошку, а також у деяких спеціальних методах обробки тиском. Гідростати поділяються для “сухого” та “мокрого” пресування [5, стор. 89, 90]. На рис. 14 показана конструктивна схема гідростату для “сухого” методу пресування. На рис. 15 показана схема гідростату для “мокрого” методу пресування.

З метою підвищення якості виробів з порошкових матеріалів сумісно з дією високого тиску на заготовку діють високою температурою до 1400-1500 К. Такий процес відбувається у газостатах, які відрізняються від гідростатів значно більшою складністю [5, стор. 92].



*1–байонентний затвір; 2 – відсікач; 3 – контейнер; 4– обмежувач;
5 – еластичний чохол; 6 – порошкова заготовка; 7 – готова деталь
Рисунок 14 – Схема гідростату для «сухого» метода*



1 – скріплена обмотуванням станина; 2 – скріплений обмотуванням контейнер

Рисунок 15 – Схема гідростату «мокрого» метода пресування, скріпленого обмотуванням з високоміцної стрічки

У контейнері 3 розміщується порошкова заготовка 6 у еластичному чохлі 5, подається рідина під високим тиском і формується порошкова деталь 7 [5, стор. 89].

Гідростат для «мокрого» пресування витримує тиск до 1000 МПа і тому виконується з обмоткою станіни і контейнера високоміцною стрічкою [5, стор. 90].

1.4.7 Пристрій статико-динамічного навантаження

Відомий клиношарнірний прес з перпендикулярним напрямком переміщення клина щодо напрямку переміщення повзуна, у якого одна з робочих поверхонь клина виконана циліндричною, яка сполучена з додатковою ланкою - шарніром. Шарнір має другу робочу поверхню, що також виконана по радіусу і сполучається з циліндричною поверхнею повзуна. Переміщення клина уздовж нерухомих напрямних приводить до зміни кута між прямою, перпендикулярною напрямку переміщення клина, і прямою, що з'єднує центри циліндричних поверхонь. А це, у свою чергу дає можливість одержати перемінне співвідношення між приводним зусиллям на клині і виконавчим зусиллям на повзуні, що дозволяє знизити масу та габарити преса при збільшенні жорсткості [2].

З відомих високошвидкісних машин найбільш близьким за технічною суттю до винаходу є механізм з гідропружним приводом, що склада-

ється із станини, з розташованим на ній гідропружним циліндром, який містить шток з бойком, торець якого ущільнений щодо дна циліндра кільцевим ущільненням з діаметром більшим діаметра штока [2].

Основною особливістю гідропружного привода є використання для розгону рухливих частин та навантаження заготовки енергії пружної деформації стиснутої рідини і деталей ковальсько - пресової машини, що пружно деформуються. Такий привід дозволяє забезпечити: точне дозування енергії або сили при деформуванні заготовки; створення устаткування для деформування в широкому діапазоні швидкостей, енергій і сил; виключення повторного удару по заготовці за рахунок зниження до нуля сили, що діє на інструмент із боку робочого циліндра; екологічно чисте використання енергії за рахунок замкнутої безвихлопної системи живлення; застосування для системи живлення стандартної, освоєної промисловістю гідроапаратури і насосів; підвищення коефіцієнту корисної дії за рахунок зниження втрат на рух рідини по гідролініях і через гідроапаратуру.

Машинам з гідропружним і клиношарнірним приводом властиві недоліки. Насамперед, застосування машин з гідропружним приводом з великою енергією удару стримується через низьку стійкість штампового оснащення. На машинах із клиношарнірним приводом навантаження здійснюється при ході клина, рівному чи меншому кута тертя, що є причиною заклинювання машини. Для розклинення необхідно прикласти до клина силу, більшу технологічної.

Поставлена задача підвищення надійності, продуктивності і якості роботи пристрою, розширення технологічних можливостей.

Ця задача вирішується тим, що в пристрої статико-динамічного навантаження між станиною й рухомою траверсою встановлено клиношарнірний механізм, клин якого розміщений з можливістю взаємодії своєю опуклою циліндричною поверхнею з увігнутою циліндричною поверхнею шарніра, яка контактує у свою чергу опуклою циліндричною поверхнею з увігнутою поверхнею рухомої траверси, при цьому шарнір установлений з можливістю обертального руху щодо своєї осі в рухомій траверсі.

Спільне застосування клиношарнірного і гідропружного приводів дозволяє усунути заклинювання і знизити необхідну потужність приводу. Стає можливим використовувати привід при малих кутах клина $3...5^{\circ}$, що підвищує силу технологічного навантаження, оскільки ударне деформування заготовки за допомогою гідропружного циліндра знімає навантаження з клиношарнірного механізму.

Поєднання клиношарнірного і гідропружного приводів забезпечує зниження енергії удару, підвищується стійкість інструмента.

На кресленні представлена структурна схема пристрою статико-динамічного навантаження (рис. 16).

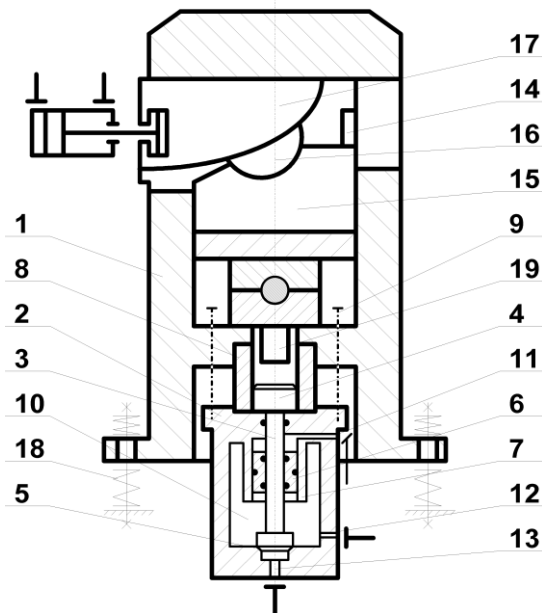


Рисунок 16 – Пристрій статико-динамічного навантаження

Пристрій складається зі станини 1, з розташованим на ній гідропружним циліндром 2, що містить шток 3 з бойком 4. Торець штока ущільнений щодо дна циліндра 2 кільцевим ущільненням 5 з діаметром більшим діаметра штока 3. Концентрично штоку 3 установлений кільцевий поршень 6 з направляючою 7. Циліндр 2 центрується відносно станини 1 втулкою 8 і кріпиться гвинтами 9 до її столу. Внутрішня порожнина 10 циліндра 2 є акумулятором енергії. Керування циліндром здійснюється по каналах 11,12,13. У направляючих 14 станини 1 установлена рухома траверса 15, що контактує із шарніром 16, на який у свою чергу діє клин 17, що спирається плоскою частиною на станину 1. На рухомій траверсі 15 і плиті станини 1 установлене технологічне оснащення. Для зниження динамічних навантажень на фундамент пристрій установлений на пружні елементи 18.

Пристрій працює таким чином. У вихідному положенні рухлива траверса 15 разом зі штамповим оснащенням піднята, клин 17 виведений зі станини 1. Шток 3 з бойком 4 у гідропружному циліндру 2 знаходиться в нижньому положенні на кільцевому ущільненні 5. При робочому ході вводять клин 17 у станину 1. Клин 17 діє на шарнір 16, що повертається щодо своєї осі на робочий кут α і опускає по направляючій 14 рухома траверсу 15. При цьому відбувається деформування заготовки. Привод клина 17 може бути як статичної, так і динамічної дії. Після набору тиску в порожнині циліндра 10 рідину подають під кільцеве ущільнення 5 по каналі 13 під тиском. Відбувається розгін штока 3 з бойком 4 і удар по проміжному пуансону 19. Після удару і відскоку бойка 4 за рахунок додаткової деформації заготовки технологічна сила на рухомій траверсі 15 знижується, або знімається цілком. Приводом клина 17 здійснюється його переміщення у вихідне положення і підйом рухомої траверси 15. Цикл роботи повторюється.

ВИСНОВОК

В розділі 1 цієї роботи наведені деякі найбільш сучасні розробки у галузі механічних і гідравлічних приводів КПМ. Більш широко КПМ розглянуто у спеціальній літературі. Найбільш повно сучасні приводи і КПМ розглянуто у [5, стор. 70 - 75].

2 ЕЛЕКТРОПРИВОДИ З ЧАСТОТНИМ РЕГУЛЮВАННЯМ ШВИДКОСТІ

2.1 Вимоги до електроприводів ковальсько-штампувальних машин

Ковальсько-штампувальні машини повинні забезпечувати виробництво заготовів у необхідних кількостях і необхідній якості.

Для забезпечення цих вимог властивості електроприводів повинні бути погоджені із властивостями машин.

Для більшості кривошипних ковальсько-штампувальних машин (КШМ) властивості електроприводів повинні задовольняти наступним загальним вимогам:

- 1 Надійність в експлуатації;
- 2 Простоту обслуговування;
- 3 Економічність;
- 4 Зміна числа ходів, включаючи автоматичні;
- 5 Регулювання швидкості пластичної деформації при зміні механічних властивостей вироблених деталей;
- 6 Забезпечувати задану статичну й динамічну помилки регулювання швидкості;
- 7 Забезпечувати заданий діапазон регулювання швидкості;
- 8 Обмежувати статичні й динамічні струми в електродвигунах;
- 9 Забезпечувати плавний запуск;
- 10 Забезпечувати захисти й блокування механічного й електричного устаткування й обслуговуючого персоналу.
- 11 Забезпечувати моніторинг і діагностику основних вузлів (модулів) електропривода.
- 12 Цифрова система керування приводом повинна мати модуль зв'язку, наприклад Profibus, з ієрархічною системою керування КШП.

Зміна числа ходів у більшості КШП здійснюється вниз від основного, здійснюється за допомогою фрикційних електромагнітних муфт. Якщо застосувати електропривод з регулюванням швидкості, то можливо спростити кінематичну схему КШП за рахунок виключення фрикційної муфти, якщо зміна швидкості в заданому діапазоні не впливає на якість виготовлених деталей.

Для особливих фізико-механічних властивостей матеріалів вироблених деталей існують оптимальні швидкості пластичної деформації, при яких досягається необхідна якість обробки й оптимальне енергоспоживання.

Для приводів КШП без маховика статична й динамічна помилки регулювання швидкості повинні бути мінімальними.

Для приводів КШП із маховиком статична помилка регулювання швидкості для кращого використання енергії, запасеної в ньому, повинна бути не менш ніж значення критичного ковзання s_k в %.

Діапазон регулювання швидкості може визначатися при регулюванні числа ходів як відношення максимального числа ходів до мінімального, а при регулюванні швидкості пластичної деформації - як відношення максимальної до мінімальної швидкостей.

Обмеження статичних і динамічних струмів в електродвигунах необхідно з метою стабілізації на номінальному рівні теплових режимів двигуна.

Серед усіх електроприводів найбільш надійним є асинхронний електропривод, у якого електромеханічний перетворювач виконаний на базі асинхронного електродвигуна (АД) з короткозамкненим ротором.

Найбільш економічним способом регулювання швидкості АД з к. з. ротором є частотний, при якому змінюється частота f_1 живильного струму статора.

2.2 Електромеханічні властивості асинхронних двигунів при частотному регулюванні швидкості

Принцип регулювання швидкості ω вала АД заснований на залежності її від частоти живильного струму:

$$\omega = \omega_0(1 - s) = \frac{2\pi f_1}{p}(1 - s), \quad (2.1)$$

де ω_0 - синхронна кутова швидкість, або кутова швидкість обертання поля статора;

$s = (\omega_0 - \omega)/\omega_0$ - ковзання АД;

p - число пар полюсів статорної обмотки двигуна.

З формули (2.1) видно, що кутова швидкість АД пропорційна частоті живильного струму.

Але при зміні частоти f_1 змінюються індуктивні опори розсіяння обмоток статора

$$x_1 = 2\pi f_1 L_1 \quad (2.2)$$

і ротора

$$x_2 = 2\pi f_2 L_2, \quad (2.3)$$

де L_1 й L_2 - індуктивності обмоток статора і ротора відповідно, Гн;
 f_1, f_2 - частоти струмів в обмотках статора й ротора відповідно,

$$f_2 = f_1 s. \quad (2.4)$$

Зміна цих опорів приводить до неприпустимих змін струмів статора й ротора, магнітного потоку Φ , перегріву обмоток і магнітопровода асинхронної машини, зниженню її перевантажувальної здатності.

Тому при регулюванні частоти необхідно прагнути до того, щоб механічні характеристики двигуна у всьому діапазоні відрізнялися високою жорсткістю, а двигун мав достатню перевантажувальну здатність.

Якщо зневажити спаданням напруги на опорах обмотки статора ($r_1, x_1 \approx 0$), то напруга обмотки статора врівноважується ЕРС обмотки статора E_1

$$U_1 \approx E_1 = k_1 \Phi f_1 \quad (2.5)$$

де Φ – магнітний потік асинхронної машини;

k_1 – коефіцієнт, що залежить від конструкції машини.

З формули (2.5) видно, що при $U_1 = const$ зміна частоти приводить до зміни магнітного потоку. Це означає, що зі збільшенням частоти магнітний потік вимушено зменшується, а це при незмінному статичному моменті на валу

$M_C = const$ через закон статичної рівноваги $M = M_C$ веде до збільшення струму ротора I_2 , тому що обертаючий момент

$$M = k_M \Phi I_2 \cos \phi_2, \quad (2.6)$$

пропорційний активній складовій струму ротора $I_2 \cos \phi_2$,

де k_M – конструктивний коефіцієнт пропорційності;

ϕ_2 – кут між вектором струму ротора I_2 та вектором магнітного потоку Φ . Аналогічне явище виникає при ослабленні магнітного потоку в приводі постійного струму.

Перевантажувальна здатність двигуна падає й при зниженні частоти через насичення магнітних ланцюгів двигуна. Отже для більш ефективного використання електродвигуна при регулюванні швидкості зміною частоти необхідно регулювати напругу на затискачах статора.

Для збереження перевантажувальної здатності λ_M АД відношення максимального (критичного) M_K моменту до номінального M_H повинне залишатися постійним

$$\frac{M_K}{M_H} = \lambda_M = const \quad (2.7)$$

Критичний момент двигуна

$$M_K = \frac{3U_1^2}{2\omega_0(r_1 \pm \sqrt{r_1^2 + x_K^2})}, \quad (2.8)$$

де x_k - індуктивний опір фази АД, приведений до параметрів обмотки статора.

Зневажаючи спаданням напруги на активному опорі обмотки статора ($r_l \approx 0$) і з огляду на те, що $x_k^2 = (2\pi f L_k)^2 \equiv f^2$ й $\omega_0 = \frac{2\pi f}{p} \equiv f_1$

критичний момент можна представити у вигляді

$$M_k = A \frac{U_1^2}{f_1^2}, \quad (2.9)$$

де $A = 3p/8\pi^2 L_k$; $L_k = L_1 + L_2'$ - індуктивність АД.

З урахуванням рівняння (2.9) перевантажувальна здатність двигуна

$$\lambda_M = \frac{M_k}{M(\omega)} = A \frac{U_1^2}{f_1^2 M(\omega)} \quad (2.10)$$

Для будь-якого значення регульованої частоти, у тому числі й для номінальної, перевантажувальна здатність залишається незмінною, якщо

$$\frac{U_1^2}{f_1^2 M(\omega)} = \frac{U_{1H}^2}{f_{1H}^2 M(\omega_H)} = const, \quad (2.11)$$

звідки можна одержати закон керування Костенко при частотному регулюванні швидкості АД:

$$\frac{U_1}{U_{1H}} = \frac{f_1}{f_{1H}} \sqrt{\frac{M(\omega)}{M_H}}. \quad (2.12)$$

Для найбільш частих випадків зміни статичного навантаження на валу двигуна

$$M(\omega) = M_c(\omega) = const \quad (2.13)$$

закон керування при частотному регулюванні швидкості приймає вид:

$$\frac{U_1}{f_1} = const. \quad (2.14)$$

Цей закон керування може бути реалізований перетворювачами частоти з ланкою постійного струму й автономним інвертором струму (АІС) або автономним інвертором напруги (АІН). Через адаптивність до різних типів АД більше поширення одержали частотні перетворювачі з АІН.

2.3 Силова схема частотного перетворювача з ланкою постійного струму й АІН

Структура електропривода з частотним регулюванням швидкості наведена на рисунку 2.1.

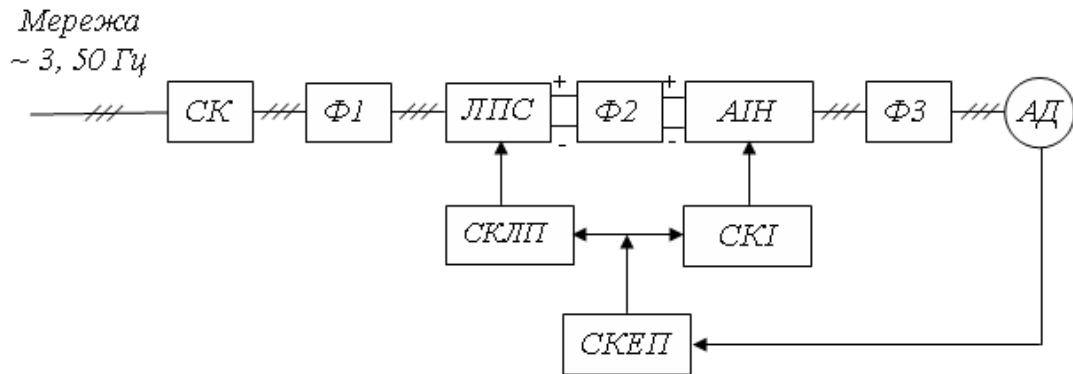


Рисунок 2.1 – Структура електропривода з частотним регулюванням швидкості

На рис.2.1 позначено:

СК – силовий комутатор;

Ф1 - мережний фільтр;

ЛПС – ланка постійного струму;

Ф2 – фільтр що згладжує;

АІН - автономний інвертор напруги;

Ф3 – синусний фільтр;

АД – асинхронний електродвигун з к. з. ротором;

СКІ – система імпульсного керування інвертором;

СКЛПС - система імпульсного керування ланкою постійного струму;

СКЕП – система керування електроприводом.

Силовий комутатор забезпечує включення й відключення частотного перетворювача від силової мережі змінного струму промислової частоти 50 Гц. Мережний фільтр Ф1 захищає мережу від струмів вищих гармонійних складових, які модулюються при комутації вентилів АІН.

Ланка постійного струму ЛПС випрямляє струм промислової частоти.

Фільтр що згладжує, Ф2, фільтрує (згладжує) пульсуючі струми після випрямлення.

АІН перетворює випрямлений струм у змінний трифазний регульованої частоти.

Синусний фільтр Ф3 поліпшує форму синусоїди перетвореного змінного трифазного струму за рахунок фільтрації струмів вищих гармонік.

Система керування інвертором СКІ формує відкриваючі імпульси для вентилів інвертора. Система керування ланкою постійного струму

СКЛПС формує відкриваючі імпульси для вентилів блоку рекуперації ЛПС.

Сучасні частотні перетворювачі мають ЛПС виконані у вигляді сукупності некерованого випрямляча, частіше зібраного за схемою Ларіонова й блоку рекуперації, що забезпечує рекуперацію (віддачу) електричної енергії в живильну мережу при електромеханічному гальмуванні, коли АД стає генератором електроенергії.

При необхідності електропривод комплектують блоком динамічного гальмування, що підключається до ланцюгів випрямленого струму.

Принципова схема силового модуля частотного перетворювача Simovert Masterdrives фірми Siemens наведена на рисунку 2.2.

Комплектний електропривод одержує живлення від згоджувального трансформатора $TV1$ через лінійний контактор $KM1$ захисної панелі.

У ланцюзі котушки керування лінійного контактора включені контакти реле максимального й нульового захистів, контакти блокувань (на силовій схемі не показані). Мережний фільтр на вході частотного перетворювача, виконаний на базі RC-ланцюжків ($R1.1... R1.3$, $C1.1... C1.3$), захищає живильну мережу від парних і непарних вищих гармонік несучої частоти модулятора широтно-імпульсної модуляції (ШІМ) АІН.

Одночасно фільтри виконують функції du/dt -фільтра, що захищає ізоляцію двигуна за допомогою обмеження швидкості наростання напруги й піків напруги на клеммах двигуна до некритичних величин згідно стандарту ІЕС 34-17:1992. Du/dt -фільтр призначений для поліпшення сінусоїдальної форми струму, знищення струмів статора несучої частоти модуляції 2-4 КГц.

Мережний трифазний дросель $CD1.1$, виконаний на основі котушок індуктивностей $L1.1... L1.3$ з феритовими сердечниками, обмежують динамічні струми в ланцюгах АІН, захищають живильну мережу від парних і непарних гармонік несучої частоти модуляторів ШІМ АІН і ланки постійного струму $VI.1$.

Ланки постійного струму $VI.1$ ($VD1... VD6$) випрямляють змінний струм по трифазній схемі Ларіонова.

Транзисторні комутатори $VT1... VT6$, зібрані по трифазній схемі Ларіонова, забезпечують рекуперативне гальмування електропривода в динамічних режимах, коли модуль противо ЕРС статора $|E_1|$ більше модуля напруги мережі $|U_c|$, ($|E_1| \geq |U_c|$).

Фільтри що згладжують, $3\Phi 1.1$ ($C_{\phi 1}$) зменшують амплітуди пульсацій випрямленої напруги U_{d1} на входах АІН.

Для забезпечення режиму динамічного гальмування асинхронного двигуна в схемі частотного перетворювача передбачені ланцюжки, що включають резистор $R_{\partial z1}$, транзисторний ключ $VT_{\partial z1}$, що спрацьовує в цьому режимі.

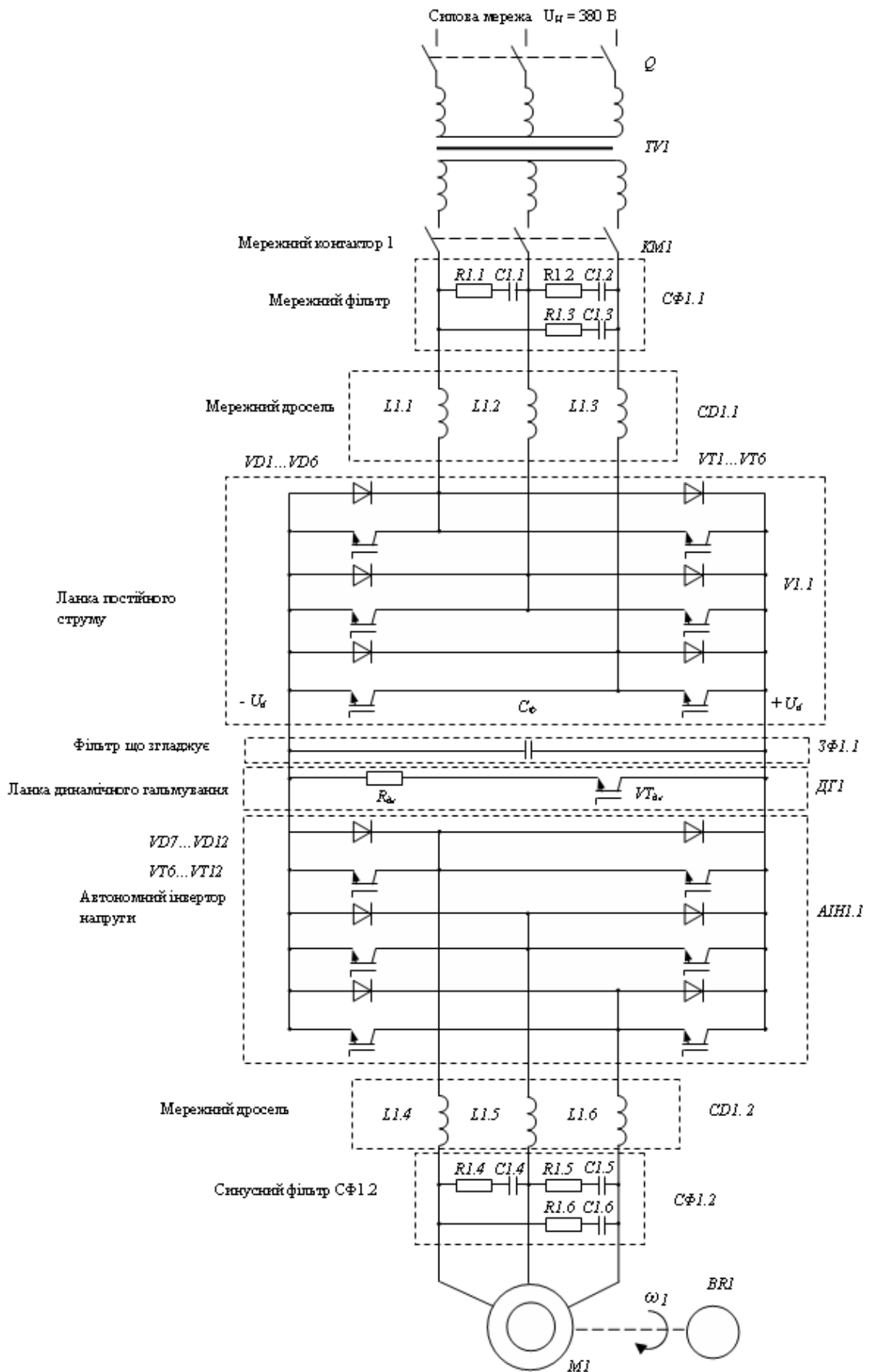


Рисунок 2.2 - Принципова схема силової частини електропривода з частотним регулюванням швидкості з ШІМ

Автономний інвертор напруги *АІН1.1* який складається з IGB-транзисторних ключів *VT7...VT12*, і комутаційних діодів *VD7...VD12*, забезпечує перетворення випрямленої напруги U_{d1} у трифазні системи змінних струмів регульованої частоти на основі широтно-імпульсної модуляції (ШІМ).

Вихідний мережний трифазний дросель *CD1.2*, виконаний на основі котушок індуктивностей *L1.4...L1.6* з феритовими сердечниками, обмежують динамічні струми в ланцюгах АІН, захищають обмотки статора від парних і непарних низьких гармонік несучої частоти модуляторів ШІМ *АІН* і ланки постійного струму *V1.1*.

Вихідний мережний фільтр *МФ1.2*, виконаний на базі набору режекторних *RC*-ланцюжків (*R2.4...R2.6, C2.4...C1.6*), виконують функції *sin* – фільтрів, що пропускають практично ідеально синусоїдальні струми від *АІН* до обмотки статора двигуна *М1*.

2.3.1 Перетворення випрямленого струму в трифазний змінний на основі широтно-імпульсної модуляції

Регулювання напруги в частотному перетворювачі з некерованою ланкою постійного струму за рахунок зміни тривалості відкриваючих імпульсів вентилів *АІН*.

Це стало можливим, коли промисловість стала випускати потужні біполярні транзистори з ізольованим затвором за технологією IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor). IGBT представляє р-п-р-транзистор, керований через високовольтний п-канальний польовий транзистор.

Важливими достоїнствами IGB транзисторів є:

- можливість керування напругою;
- висока швидкодія комутації 3-4 мкс;
- малий імпульсний опір, отже - невеликі втрати енергії при комутації струмів.

На рисунку 2.3 наведена спрощена схема керування АІН.

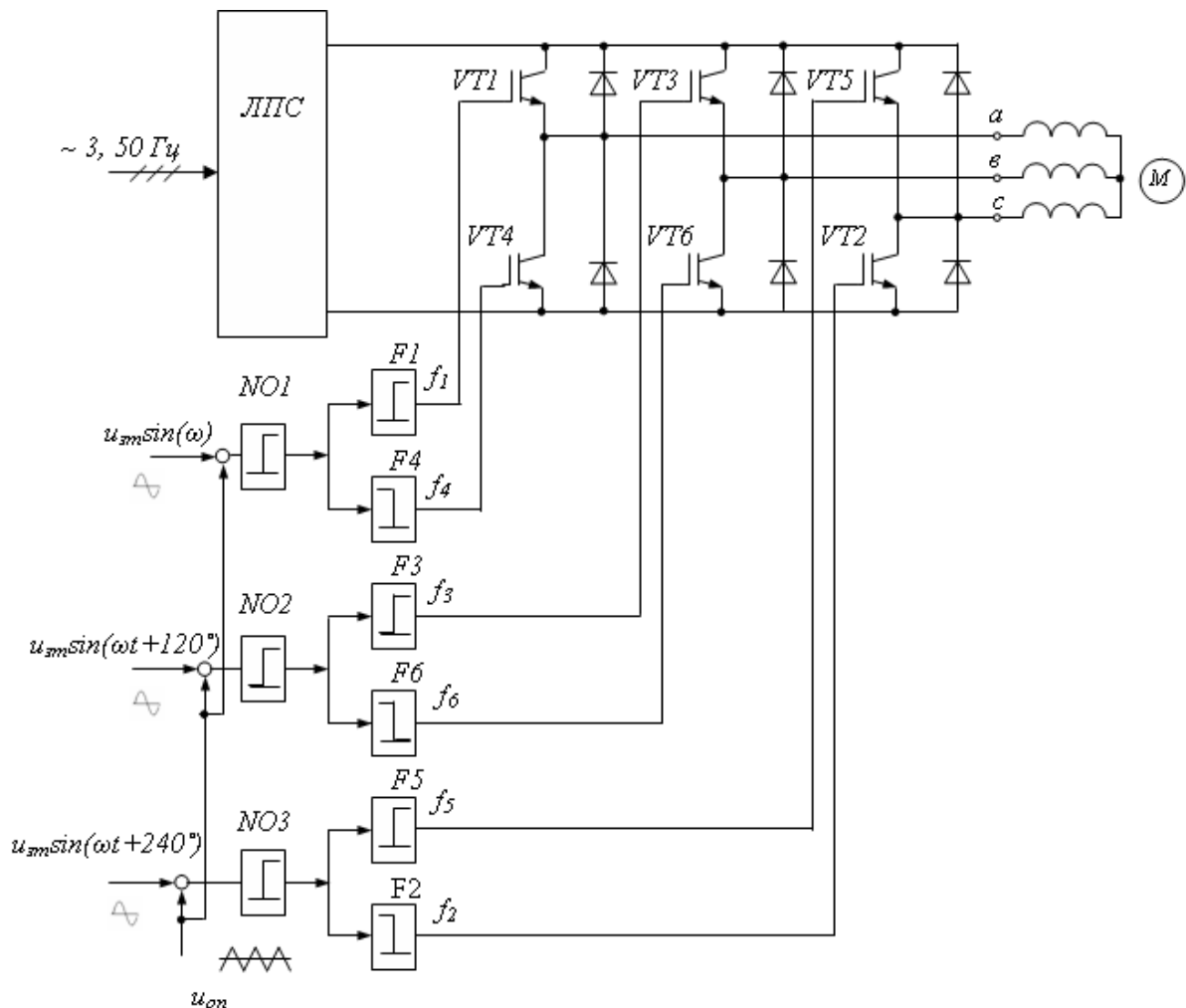


Рисунок 2.3 – Схема керування роботою трифазного АИН

Метою керування АИН є організація послідовної комутації ключів $VT1...VT6$ так, щоб на його виході формувалася трифазна система струмів і напруг з можливістю регулювання частоти струму й амплітуди напруги.

Схема керування АИН складається із трьох нуль-органів $NO1, NO2, NO3$ на підсумовуючі входи яких подаються по два сигнали. У фазі А перший задаючий синусоїдальний сигнал u_3 має частоту f_1 струму статора, другий пилкоподібний опорний сигнал u_{on} має частоту у декілька кілогерц.

На інверсні входи суматорів нуль-органів $NO2$ й $NO3$ фаз В і С подаються аналогічні пилкоподібні опорні сигнали u_{on} які мають частоту у декілька кілогерц, а на прямі входи подаються задаючі синусоїдальні сигнали u_3 має частоту f_1 струму статора, але зрушені кожний на 120° .

Ці сигнали порівнюються в суматорах $NO1, NO2$ й $NO3$ на виходах яких формуються сигнали, що відкривають або закривають транзисторні ключі $VT1...VT6$.

Якщо $u_3 \geq u_{on}$, то сигнали на виходах $NO1$, $NO2$ й $NO3$ позитивні, а сигнали на виходах формувачів імпульсів $F1$, $F2$ й $F3$ відкривають ключі $VT1$, $VT3$, $VT5$.

Якщо $u_3 < u_{on}$, то сигнали на виходах $NO1$, $NO2$ й $NO3$ негативні, а сигнали на виходах формувачів імпульсів $F4$, $F6$ й $F2$ відкривають ключі $VT4$, $VT6$, $VT2$.

На рисунку 2.4 наведені графіки задаючих u_{1A}^* , u_{1B}^* , u_{1C}^* , відкриваючих імпульсів з виходів формувачів $F1$, $F2$ й $F3$, опорного сигналу u_{on} і напруг на виході АІН [2]. Для зручності ілюстрації несуча частота опорного сигналу зменшена приблизно в 10 разів.

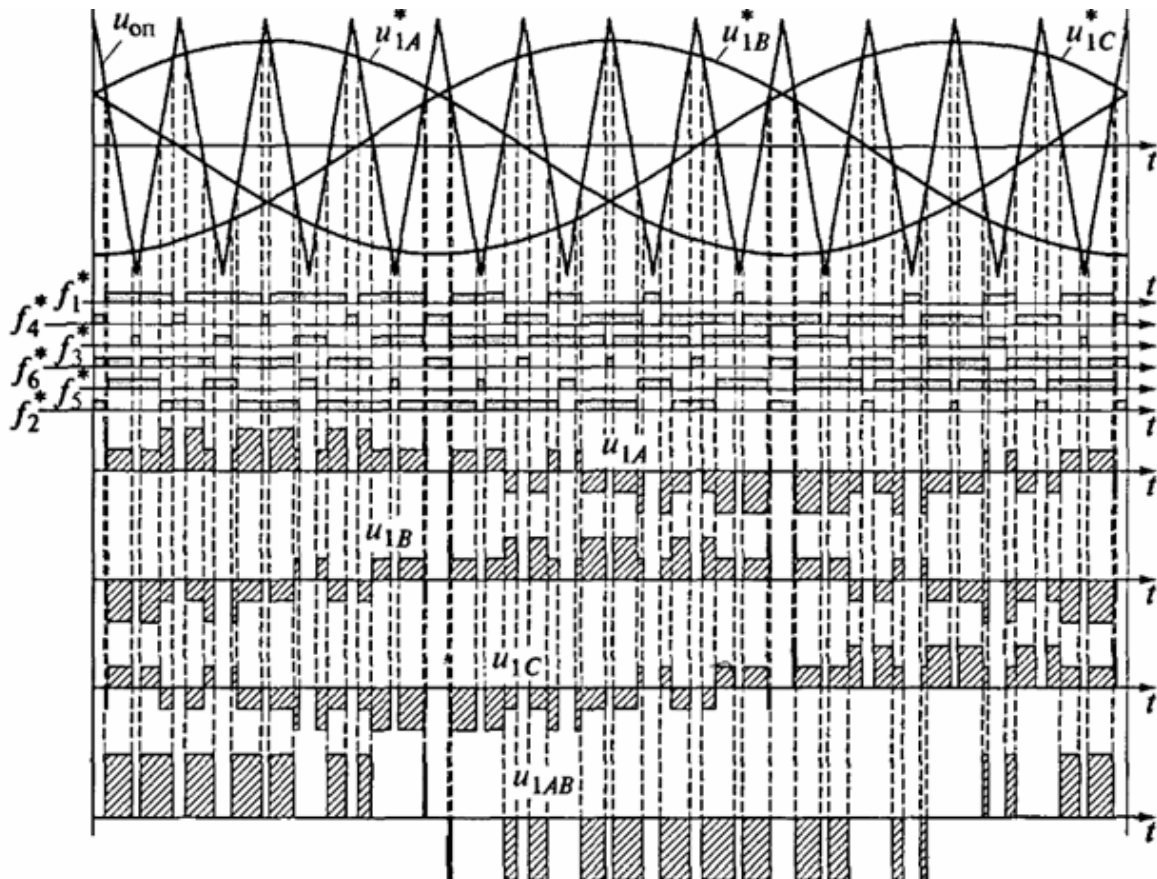


Рисунок 2.4 – Графіки задаючих u_{1A}^* , u_{1B}^* , u_{1C}^* , відкриваючих імпульсів $f1 \dots f6$ з виходів утворювачів $F1$, $F2$ и $F3$, опорного сигналу u_{on} і напруг u_{1A} , u_{1B} , u_{1C} на виході АІН

У зв'язку з тим, що опорний сигнал змінюється в часі лінійно, модульований струм в обмотці фази a має першу гармоніку керуючого синусоїдального сигналу [3]. Зміна частоти керуючого сигналу приводить до зміни частоти струму в обмотці статора.

Амплітуди імпульсних напруг у фазах можуть приймати п'ять різних значень:

$$+2/3U_1, +1/3U_1, 0, -2/3U_1, -1/3U_1,$$

де $U_1 = k_{AM}U_d$;

k_{AM} – коефіцієнт амплітудної модуляції.

Зміна амплітуди керуючого сигналу при незмінній частоті приводить до зміни ширини імпульсів позитивної й негативної полярності, отже до зміни амплітуди першої гармоніки модульованої фазної напруги статора.

Особливістю послідовної комутації відповідних пар ключів $VT1 \dots VT6$ є необхідність організації тимчасових затримок між моментами комутації чергових ключів через деяку інерційність запирання попередніх.

Несуча частота (частота ШІМ) опорної пилкоподібної напруги в сучасних частотних перетворювачах складає декілька кілогерц, тому при активно-індуктивному навантаженні, яким є обмотки статора АД, струм статора є практично синусоїдальним.

2.4 Скалярні системи керування електроприводами з частотним регулюванням швидкості

Скалярні системи частотного керування, засновані на контролі й регулюванні модулів струмів, напруг і магнітних потоків, мають низькі показники якості регулювання, але незважаючи на ці недоліки застосовуються в цей час у частотних електроприводах змінного струму з невисокими вимогами до діапазону й динамічних помилок регулювання швидкості. До них відносять приводи механізмів працюючі в режимі S1 (вентилятори, компресори, насоси, димососи, конвеєри, транспортери, ковальсько-пресові машини з маховиком) і різні допоміжні механізми (рольганги прокатних станів, дозатори, лебідки, вантажопідйомні крани, засувки й т.п.).

2.4.1 Функціональна схема скалярної системи керування частотним електроприводом за законом $U_1/f_1 = \text{const}$

Функціональна схема скалярної системи керування (СК) частотного електропривода, що реалізує закон керування $U_1/f = \text{const}$ залежить від виду САК.

Як приклад, на рисунку 2.6 наведена функціональна схема замкнутої СК двозонного частотного електропривода, виконаного за двоканальною системою підлеглого регулювання.

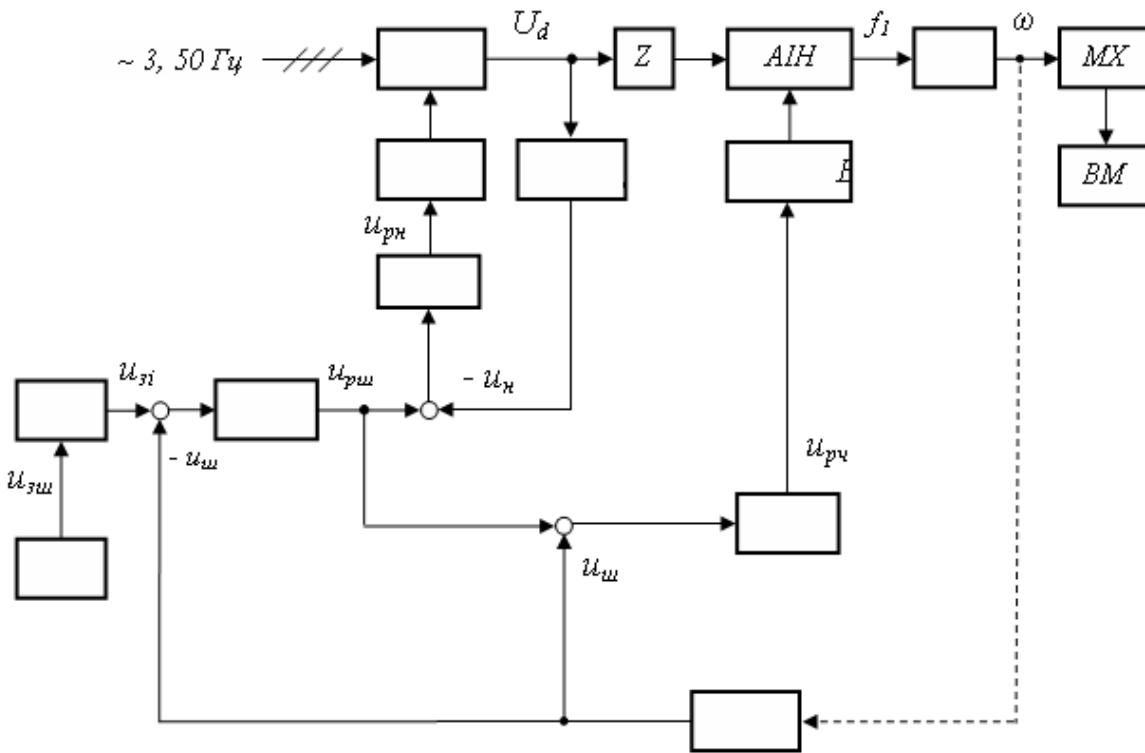


Рисунок 2.6 – Функціональна схема скалярної системи підпорядкованого двоканального керування частотним електроприводом, що реалізує закон керування $U_1/f_1 = const$

На схемі (рис. 2.6) позначено:

ЗШ – задатчик швидкості;

ЗІ – задатчик інтенсивності;

РШ – регулятор швидкості;

РЧ – регулятор частоти;

РН – регулятор напруги;

БКІ – блок керування інвертором;

БКП – блок керування тиристорним перетворювачем;

ДН – датчик напруги;

ДШ – датчик швидкості;

ТП – тиристорний перетворювач (ланка постійного струму);

Z – фільтр, що згладжує;

АІН – автономний інвертор напруги;

АД – асинхронний двигун з к. з. ротором;

МХ – маховик;

ВМ – виконавчий механізм.

Для стабілізації швидкості на валу двигуна на підсумовуючий вхід регулятора швидкості подається сигнал негативного зворотного зв'язку по швидкості.

Інтенсивність розгону електропривода регулюється задатчиком інтенсивності ЗІ.

Зупинка електропривода здійснюється зняттям сигналу завдання швидкості на виході датчика швидкості *ЗШ*. При цьому частота напруги на виході автономного інвертора напруги АІН плавно знижується, а двигун *AD* переходить у режим рекуперативного гальмування.

Реверс здійснюється зміною знака сигналу завдання швидкості u_{zc} .

Логічна схема блоку керування інвертором змінює при цьому порядок чергування фаз на виході інвертора *АІН* за рахунок зміни первісної послідовності комутації ключів *АІН*.

Контроль швидкості й напруги здійснюється датчиком швидкості *ДШ* і датчиком напруги *ДН*.

Керування роботою тиристорного перетворювача *ТП* здійснюється блоком керування *БКП*, а роботою *АІН* – блоком керування *БКІ*.

2.4.2 Структурна схема скалярної системи керування частотного електропривода, що реалізує закон керування $U_1/f_1 = \text{const}$

Структурна схема СКЕП складається на основі її функціональної схеми.

Структурна схема СКЕП розроблена у відповідності до функціональної схеми рис.2.6 наведена на рисунку 2.7.

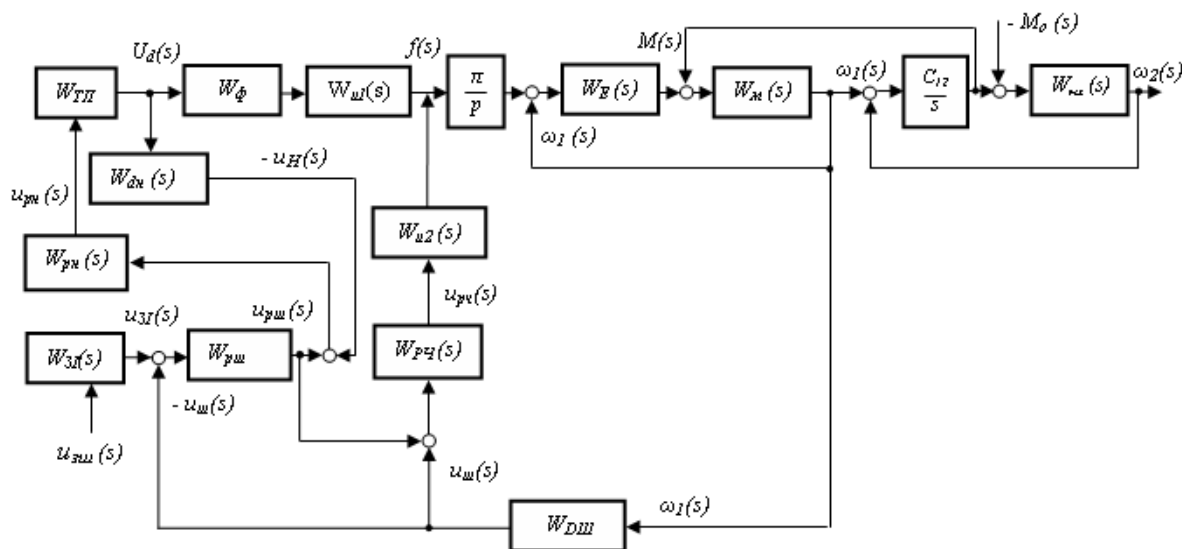


Рисунок 2.7 – Структурна схема скалярної системи керування частотним електроприводом з законом регулювання $U_1/f_1 = \text{const}$

2.4.3 Передатні функції елементів скалярної системи керування частотним електроприводом з законом регулювання $U_1/f_1 = \text{const}$

Вихідні дані

Номінальна фазна напруга АД при з'єднанні обмотки статора зіркою

$$U_{2\phi} = \frac{U_H}{\sqrt{3}}. \quad (2.15)$$

Номінальна фазна напруга АД при з'єднанні обмотки статора трикутником

$$U_{2\phi} = U_H. \quad (2.16)$$

Максимальна напруга ТП у другій зоні регулювання

$$U_{d\text{ MAX}} = k_{CX \lambda^2 f} U_{10} D_2, \quad (2.17)$$

де $k_{CX \lambda^2 f}$ - коефіцієнт схеми АИН;

D_2 - діапазон регулювання швидкості в другій зоні.

$$D_2 = \frac{\omega_{\text{MAX}}}{\omega_H}, \quad (2.18)$$

де ω_{MAX} - максимальна швидкість привода у другій зоні регулювання;

$$\omega_{\text{MAX}} = \frac{2\pi f_{1\text{ MAX}}}{p} (1 - s_H), \quad (2.19)$$

$f_{1\text{ MAX}}$ - максимальна частота струму статора на виході АИН.

Максимальна фазна напруга вторинної обмотки погоджувального трансформатора, ТП

$$U_{2\phi} = \frac{U_{d\text{ MAX}}}{k_{CX\text{ TP}}}, \quad (2.20)$$

де $k_{CX\text{ TP}}$ - коефіцієнт схеми ТП.

Максимальний сигнал завдання швидкості

$$u_{\zeta\phi \lambda\delta} = 10\hat{A}. \quad (2.21)$$

Номінальний сигнал завдання швидкості

$$u_{\zeta\phi \text{ III}} = \frac{u_{\zeta\phi \lambda\delta}}{D_2}. \quad (2.22)$$

Передатні функції САК

1 Передатна функція електричної частини асинхронного двигуна

$$W_E(s) = \frac{k_{d1}}{T_E s + 1}, \quad (2.23)$$

де k_{d1} - статичний коефіцієнт передачі електричної частини асинхронного електродвигуна.

$$k_{d1} = \frac{M_H}{\omega_0 - \omega_H}; \quad (2.24)$$

T_E – електромагнітна постійна двигуна,

$$T_A = \frac{1}{2\pi f_1 s_k}, \quad (2.25)$$

де s_k - критичне ковзання АД,

$$s_k = s_H (\lambda_M + \sqrt{\lambda_M^2 - 1}), \quad (2.26)$$

де s_H - номінальне ковзання.

$$s_H = \frac{n_0 - n_H}{n_0}. \quad (2.27)$$

3 Передатна функція механічної частини двигуна

$$W_M(s) = \frac{1}{J s}. \quad (2.28)$$

2 Передатна функція АІН за каналом керування частоти

$$W_{22}(s) = \frac{k_{22}}{T_{22}s + 1}, \quad (2.29)$$

де k_{I2} – статичний коефіцієнт передачі інвертора за каналом керування частоти;

$$k_{22} = \frac{f_H}{u_{D \times . \text{III}}}, \quad (2.30)$$

де T_{I2} – некомпенсована постійна часу АІН.

4 Передатна функція фільтра, що згладжує

$$W_{\phi}(s) = \frac{1}{T_{\phi}s + 1}, \quad (2.31)$$

де T_{ϕ} – постійна часу фільтра, що згладжує

$$T_{\phi} = \frac{1}{f_{\Pi}}, \quad (2.32)$$

де f_{Π} – основна гармоніка частоти пульсацій випрямленої напруги.

$$f_{\Pi} = mf_{ном},$$

де m – кількість пульсацій випрямленого струму, для мостових схем $m = 6$.
5 Передатна функція II - регулятора швидкості

$$W_{P\phi}(s) = k_{P\phi}, \quad (2.33)$$

де $k_{P\phi}$ – статичний коефіцієнт передачі регулятора швидкості, $k_{P\phi} = 1$.
6 Передатна функція датчика швидкості

$$W_{D\omega}(s) = k_{\omega}, \quad (2.34)$$

де k_{ω} - коефіцієнт зворотного зв'язку по швидкості.

$$k_{\omega} = \frac{u_{\phi} \cdot \ddot{m}}{\omega \ddot{m}}. \quad (2.35)$$

Уточнюється значення частоти на виході АІН при номінальному сигналі завдання 10 В

$$u_{\phi} \cdot \ddot{m} \cdot k_{P\phi} \cdot k_{D\omega} \cdot k_{22} = f_1. \quad (2.36)$$

Частота повинна відповідати номінальному значенню - 50 Гц.
7 Передатна функція III - регулятора напруги

$$W_{PH}(s) = \frac{T_M s + 1}{T_2 s}, \quad (2.37)$$

де T_2 - постійна часу III – регулятора напруги.

T_M - електромеханічна постійна часу привода;

$$T_M = \frac{J\omega_0 s_k}{M_k}, \quad (2.38)$$

де M_k - максимальний обертаючий момент асинхронного двигуна.
Коефіцієнт передачі пропорційної частини регулятора напруги

$$k_{PH} = \frac{T_M}{T_2}. \quad (2.39)$$

8 Передатна функція датчика напруги

$$W_{DH}(s) = k_H, \quad (2.40)$$

де k_H - статичний коефіцієнт зворотного зв'язку за напругою

$$k_H = \frac{u_{3H}}{U_{НОМ}}, \quad (2.41)$$

де u_{3H} - номінальний сигнал завдання напруги;

$U_{НОМ}$ - номінальна напруга двигуна.

9 Передатна функція П - регулятора частоти

$$W_{PC}(s) = k_{PC}, \quad k_{PC} = 1. \quad (2.42)$$

10 Передатна функція тиристорного перетворювача (ланки постійного струму)

$$W_{ТП}(s) = \frac{k_{ТП}}{\tau s + 1}. \quad (2.43)$$

11 Передатна функція АІН за каналом керування напругою

$$W_{21}(s) = \frac{k_{21}}{\tau s + 1}, \quad (2.44)$$

де k_{II} - статичний коефіцієнт передачі АІН за каналом керування напругою.

$$k_{21} = \frac{f_H}{U_{d \text{ ии}}}. \quad (2.45)$$

12 Передатна функція пружної ланки

$$W_i(s) = \frac{\tilde{N}_{12}}{s}, \quad (2.46)$$

де C_{12} - твердість пружної ланки (фрикційної муфти, клино-ремінної передачі).

13 Передатна функція маховика

$$W_{MX}(s) = \frac{1}{J_{MX} s}, \quad (2.47)$$

де J_{MX} - момент інерції маховика з наведеними моментами інерції виконавчого органа.

2.4.4 Оцінка статичних і динамічних властивостей системи регулювання швидкості частотного електропривода з законом керування $U_1/f_1 = \text{const}$ у середовищі MatLab

При складанні структурної схеми частотного електропривода в MatLab Simulink необхідно програмувати наступні режими:

- пуск на холостому ході;
- статичний режим роботи електропривода в першій зоні регулювання;
- накидання номінального навантаження на автоматичних ходах у першій зоні регулювання;
- скидання номінального навантаження на автоматичних ходах у першій зоні регулювання;
- рекуперативне гальмування в першій зоні регулювання;
- статичний режим роботи електропривода в другій зоні регулювання;
- накидання номінального навантаження на автоматичних ходах у другій зоні регулювання;
- скидання номінального навантаження на автоматичних ходах у другій зоні регулювання;
- рекуперативне гальмування в другій зоні регулювання;

На рисунку 2.8 як приклад представлена схема структурної моделі маховикового електропривода КШМ з законом керування $U_1/f_1 = \text{const}$ в MATLAB SIMULINK.

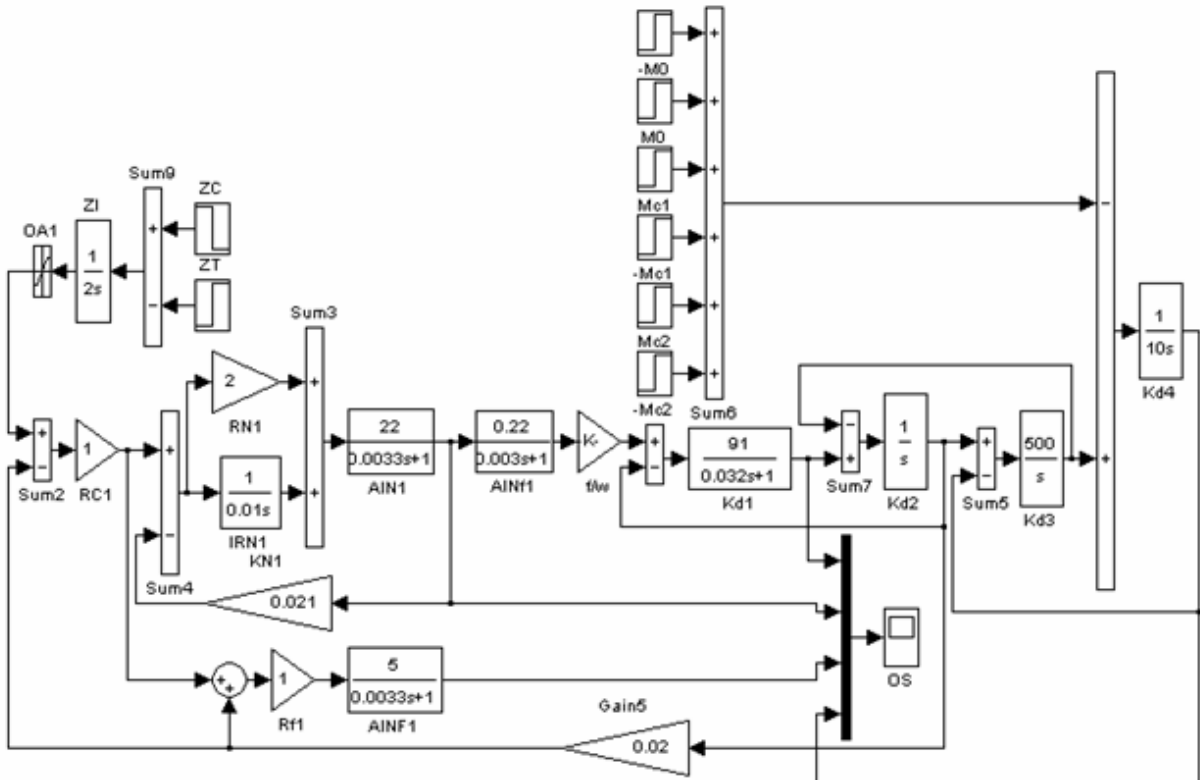


Рисунок 2.8 - Схема структурної моделі маховикового електропривода КШМ з законом керування $U_1/f_1 = const$ в MATLAB SIMULINK

На рисунку 2.9 наведені отримані графіки зміни швидкості ω , моменту M , напруги U_d , частоти f_1 при пуску, накиданні, скиданні навантаження (2 ходи) і гальмуванні електропривода КШМ у першій зоні регулювання швидкості.

На рисунку видно, що при накиданні навантаження має місце осідання швидкості, що досягається спеціальним ослабленням дії негативного зворотного зв'язку за швидкістю. При цьому більш ефективно використовується кінетична енергія, запасена в маховику.

Гальмування наприкінці кожного ходу здійснюється з рекуперацією електричної енергії в мережу, про що свідчить негативне значення моменту двигуна.

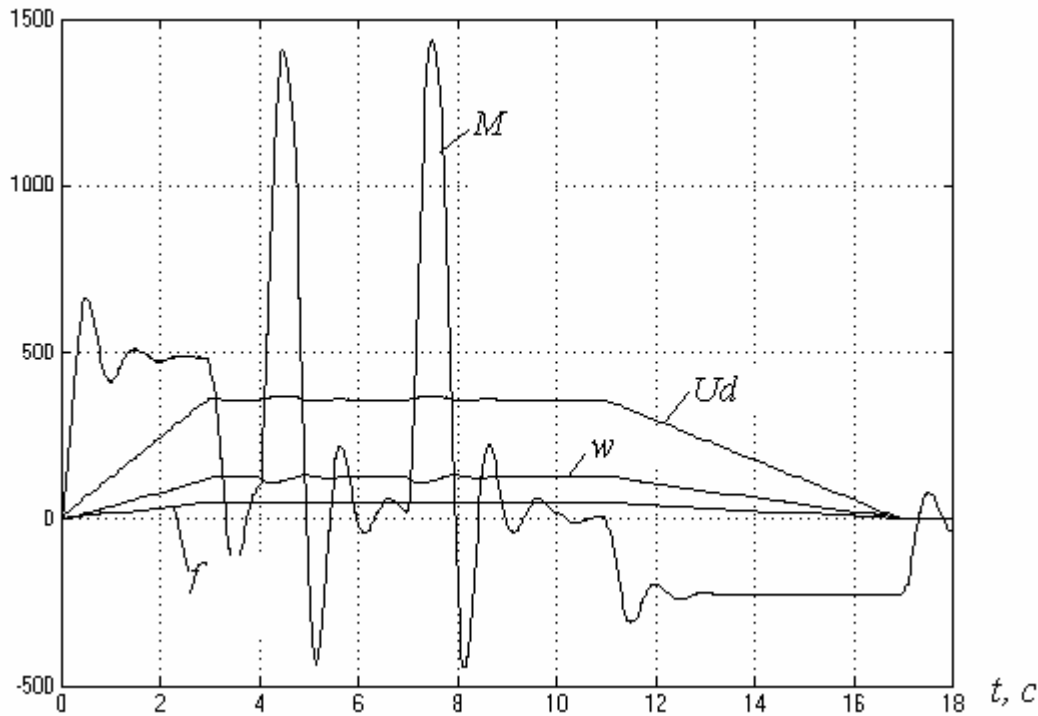


Рисунок 2.9 - Графіки зміни швидкості ω , моменту M , напруги U_d , частоти f_1 при пуску, накиданні, скиданні навантаження і гальмуванні частотного електропривода КШМ у першій зоні регулювання швидкості

2.4.4 Скалярне регулювання швидкості частотних електроприводів за законом $\Psi_1 = \text{const}$

Закон керування $U_1 / f_1 = \text{const}$ не дає можливості забезпечувати стабільну перевантажувальну здатність частотного електропривода, тому що при різних частотах особливо в потужних електроприводах активний опір статора стає порівняним з індуктивним, при цьому критичний момент асинхронного двигуна зменшується через спадання напруги на активному опорі.

Для компенсації цього спадання напруги використовують закон керування

$$\frac{E_1}{f_1} = \frac{(U_1 - I_1 r_1)}{f_1} = \text{const}, \quad (2.48)$$

де E_1 - ЕРС статора;

U_1 - напруга статора;

$I_1 r_1$ - спадання напруги на активному опорі статора.

Модуль ЕРС статора E_1 пропорційний потокозчепленню статора Ψ_1 :

$$E_1 = \omega_1 \Psi_1, \quad (2.49)$$

де $\omega_1 = 2\pi f_1$ - синхронна частота обертання магнітного поля статора. Тому стабілізація ЕРС статора фактично означає стабілізацію модуля поточосцеплення статора:

$$\Psi_1 = const. \quad (2.50)$$

Цей закон керування дає можливість стабілізувати перевантажувальну здатність частотного електропривода й зменшити статичну помилку регулювання швидкості.

2.4.5 Функціональна схема скалярної системи керування частотним електроприводом з регулюванням швидкості за законом $\Psi_1 = const$

Функціональна схема скалярної системи керування частотного електропривода, що реалізує закон керування $\Psi_1 = const$ наведена на рисунку 2.10. На схемі прийняті позначення аналогічні позначенням рис. 2.8, за винятком:

РЕ – регулятор ЕРС;

БКИ – блок керування інвертором;

БКП - блок керування транзисторним перетворювачем;

ДН – датчик напруги статора;

ДС – датчик струму статора;

ДЕ – датчик ЕРС статора;

ТП – транзисторний перетворювач (ланка постійного струму);

Ф – фільтр.

Датчик противоерс статора *ДЕ* вимірює напругу U_1 і струм I_1 статора й робить обчислення ЕРС статора $E_1 = U_1 - I_1 r_1$.

Датчик напруги *ДН* може підключатися до або після *АН*.

Також, як і попередня система керування побудована за принципом двоканальної системи підлеглого регулювання частоти з використанням автономного інвертора напруги *АН* з широтно-імпульсною модуляцією ШІМ.

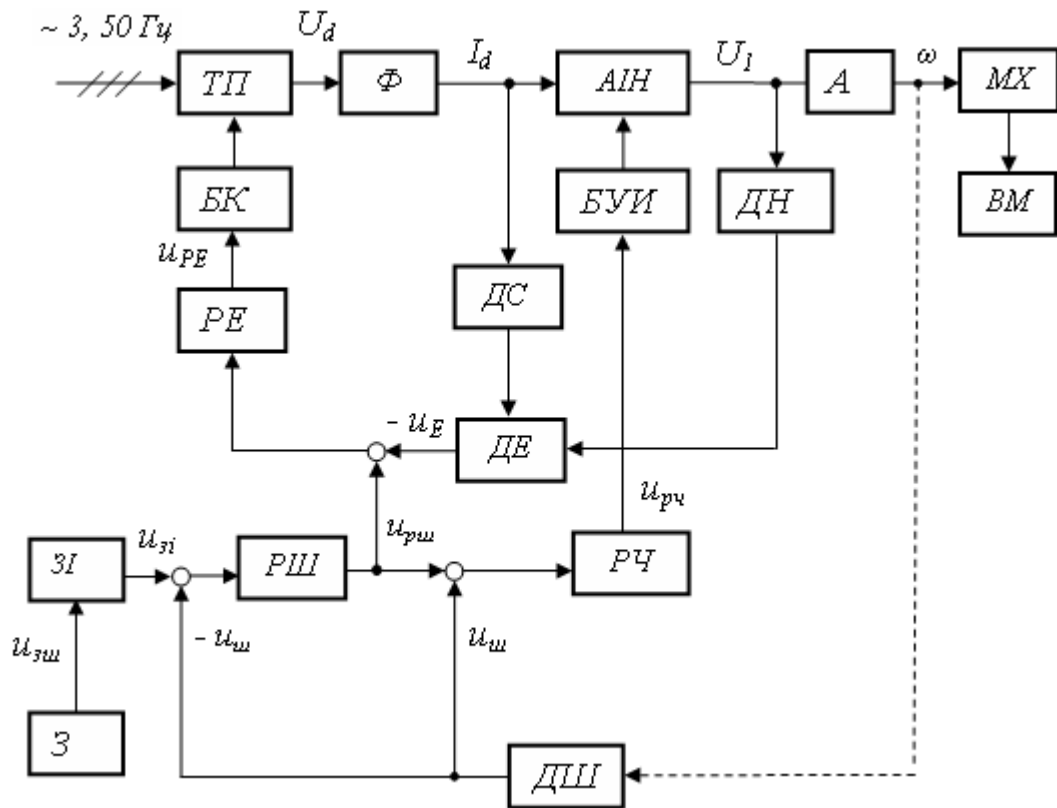


Рисунок 2.10 - Функціональна схема скалярної системи керування частотним електроприводом КШМ за законом $\Psi_1 = const$

Перший канал керування включає контур регулювання ЕРС, він підлеглий зовнішньому контуру - контуру керування швидкістю.

Другий підлеглий контур - контур регулювання частоти.

Для адаптації регулятора частоти до змін швидкості двигуна при коливаннях навантаження також, як і у попередній системі керування в ній застосовується позитивний зворотний зв'язок за швидкістю.

Для стабілізації швидкості на валу двигуна на підсумовуючий вхід регулятора швидкості подається сигнал негативного зворотного зв'язку за швидкістю.

Інтенсивність розгону електропривода регулюється задатчиком інтенсивності $ЗІ$.

Зупинка електропривода здійснюється зняттям сигналу завдання швидкості на виході задатчика швидкості $ЗШ$. При цьому частота напруги на виході автономного інвертора напруги $АІН$ плавно знижується, а двигун $АД$ переходить у режим рекуперативного гальмування.

Реверс здійснюється зміною знака сигналу завдання швидкості $u_{зш}$.

Логічна схема блоку керування інвертором змінює при цьому порядок чергування фаз на виході інвертора $АІН$ за рахунок зміни первісної послідовності комутації ключів $АІН$.

Контроль швидкості й напруги й струму здійснюється датчиком швидкості *ДШ*, датчиком напруги *ДН* і датчиком струму *ДС* відповідно.

Керування роботою тиристорного (транзисторного) перетворювача *ТП* здійснюється блоком керування *БКП*, а роботою *АІН* – блоком керування *БКІ*.

2.4.6 Структурна схема скалярної системи керування частотного електропривода з законом регулювання $\Psi_1 = \text{const}$

Структурна схема скалярної системи керування частотного електропривода, що реалізує закон регулювання $\Psi_1 = \text{const}$, складена на основі її функціональної схеми наведеної на рисунку 2.11.

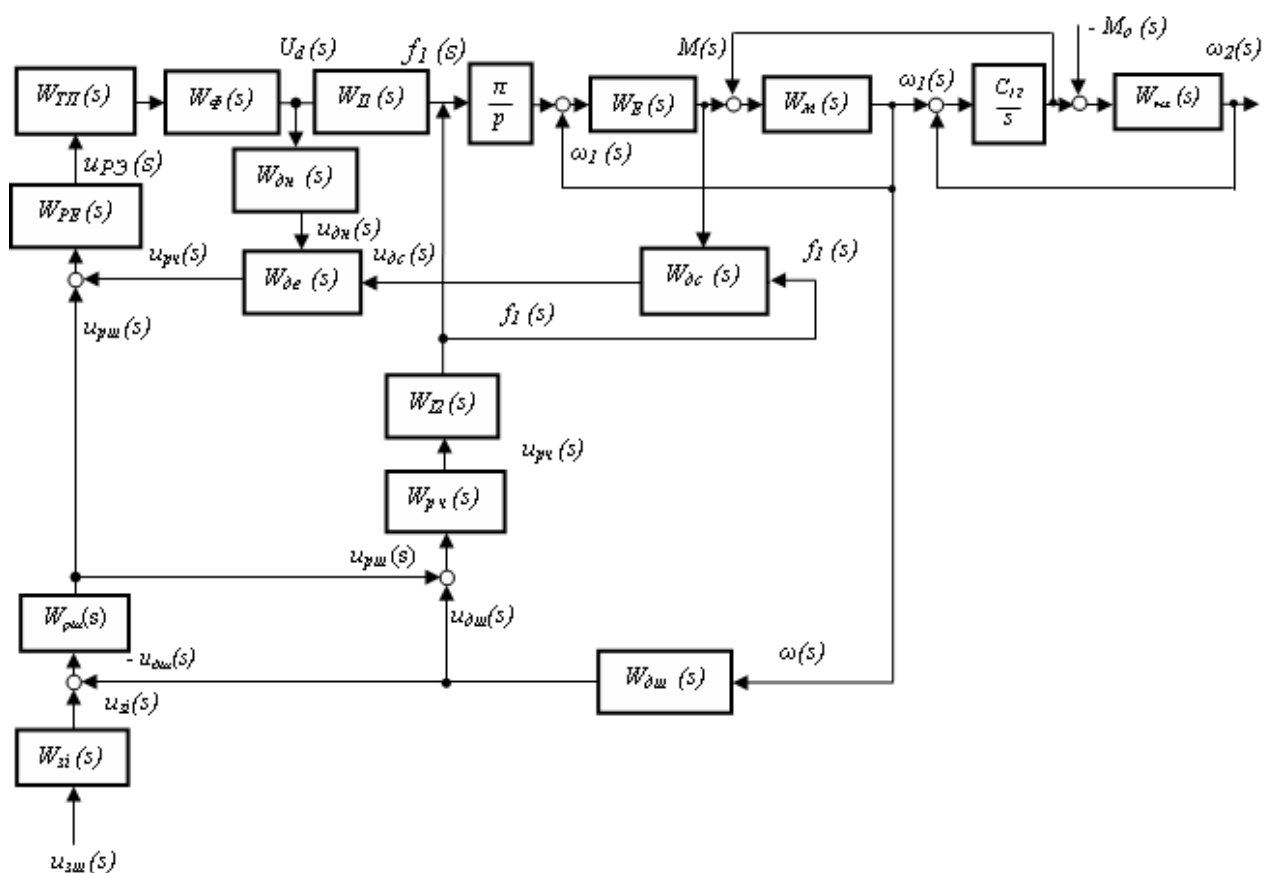


Рисунок 2.11 – Структурна схема скалярної системи керування частотним електроприводом КШМ з законом регулювання $\Psi_1 = \text{const}$

2.4.7 Передатні функції елементів скалярної системи керування частотного електропривода з законом регулювання $\Psi_1 = \text{const}$

1 Передатна функція III - регулятора ЕРС

$$W_{DA}(s) = \frac{k_{DA}(T_{IN} + 1)}{T_2};$$

$$T_{OC} = T_M.$$

2 Передатна функція II - регулятора частоти

$$W_{PC}(s) = k_{PC}, \quad k_{PC} = 1. \quad (2.51)$$

3 Передатна функція датчика струму

$$W_{AN}(s) = k_{AN}, \quad (2.52)$$

де k_{AN} - статичний коефіцієнт передачі датчика струму;

$$k_{AN} = \frac{u_{AN.\hat{m}}}{I_{1.\hat{m}}}, \quad (2.53)$$

де $u_{AN.\hat{m}}$ - номінальне значення сигналу на виході датчика струму;

$I_{1.HOM}$ - номінальний струм статора, обумовлений за значенням моменту;

$$I_{1.HOM} = \sqrt{\frac{\pi f_1 s_H M_H}{2r_2'}}, \quad (2.54)$$

де M_H - номінальний момент електродвигуна;

r_2' - активний опір ротора.

4 Передатна функція датчика ЕРС

$$W_{AA}(s) = k_{AA}, \quad (2.55)$$

де k_{AA} - статичний коефіцієнт передачі датчика ЕРС;

$$k_{AA} = \frac{u_{C\phi.\hat{m}} \delta_\omega}{u_{AI.\hat{m}} - r_1 u_{AN.\hat{m}}}. \quad (2.56)$$

Передатні функції інших елементів структурної схеми САК визначаються за методикою, викладеною в розділі 2.4.5.

2.4.8 Оцінка статичних і динамічних властивостей системи регулювання швидкості частотного електропривода з законом керування $\Psi_1 = \text{const}$ у середовищі MatLab

Оцінка статичних і динамічних властивостей системи регулювання швидкості здійснюється в режимах, зазначених у розділі 2.4.6.

На рисунку 2.12 як приклад наведена структурна модель частотного електропривода КШМ з двозонним регулюванням швидкості за законом $\Psi_1 = \text{const}$ у середовищі MatLab.

Струм статора в моделі визначається за обчисленням залежності (2.54) за допомогою блоків Pr, sqrt.

Поточне значення ЕРС статора визначається в моделі з урахуванням залежності (2.49) за допомогою блоку Sum 5.

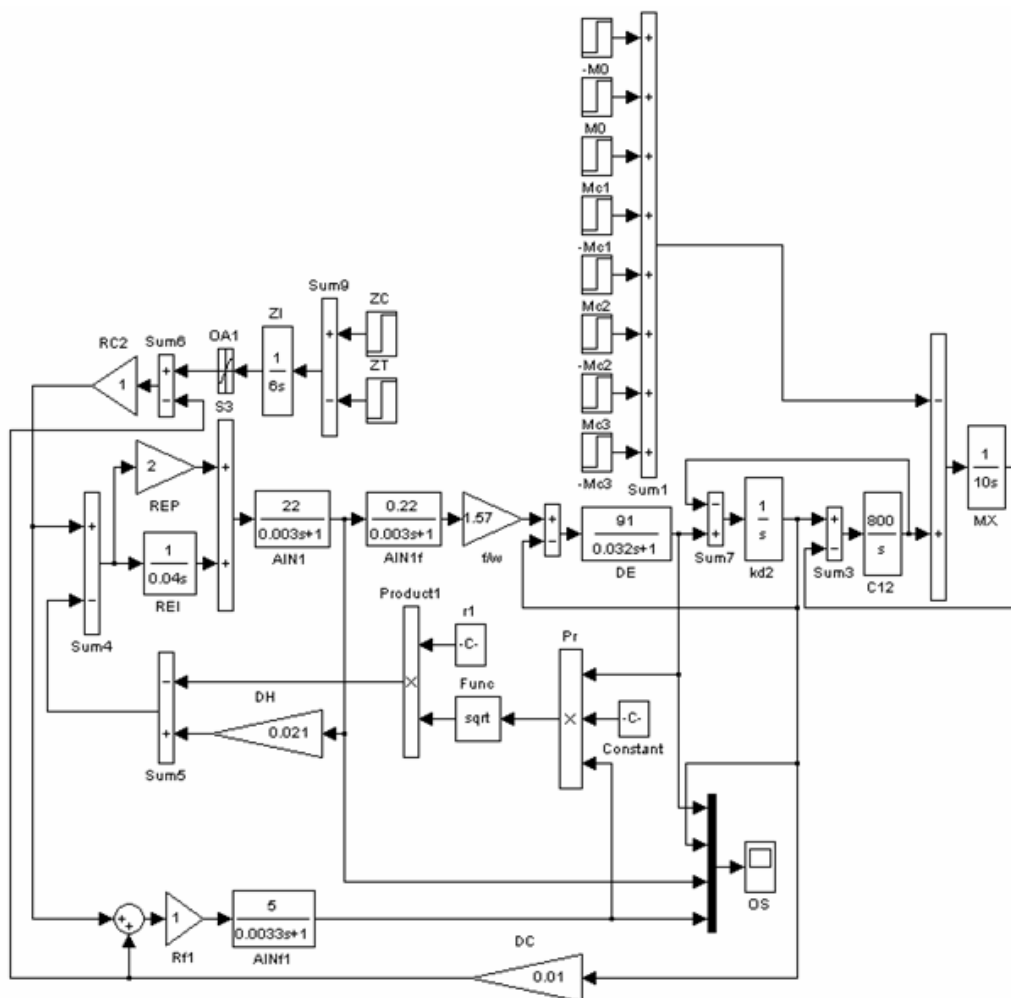


Рисунок 2.12 - Схема структурної моделі частотного електропривода КШМ з законом регулювання $\Psi_1 = \text{const}$ в MATLAB SIMULINK

На рисунку 2.13 наведені отримані графіки зміни швидкості ω , моменту M , напруги U_d , частоти f_1 при пуску, накиданні, скиданні навантаження й гальмуванні електропривода КШП на прикладі 3-х ходів у другій зоні регулювання.

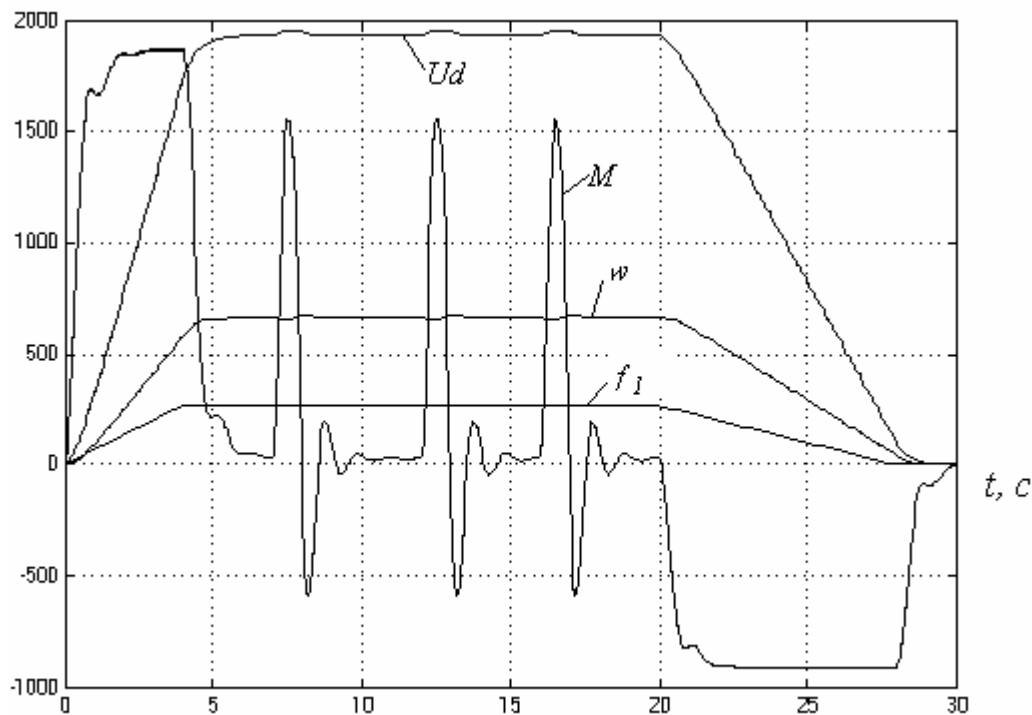


Рисунок 2.13 - Графіки зміни швидкості ω , моменту M , напруги U_d , частоти f_1 при пуску, накиданні, скиданні навантаження й гальмуванні електропривода КШП у другій зоні регулювання

Дія негативного зворотного зв'язку за швидкістю спеціально ослаблено з метою більш ефективного використання кінетичної енергії, запасеної в маховику.

При скиданні навантаження електропривод автоматично переходить у режим рекуперації електричної енергії в мережу.

Осідання швидкості не перевищує 1%, а перевищення моменту не більше 2-х кратного значення від номінального.

Із графіка $U_d(t)$ видно, що при збурюванні по навантаженню стабілізується ЕРС і виконується закон регулювання $\Psi_f = const$.

2.5 Векторне керування частотним асинхронним електроприводом у перетвореній ортогональній системі координат $x - y$

При синтезі систем керування частотних електроприводів вихідну систему диференціальних рівнянь, що описують електроприводи в трифаз-

ній системі, перетворюють у системи диференціальних рівнянь в ортогональних системах координат:

- 1) $\alpha - \beta$, жорстко пов'язаній з нерухомим статором;
- 2) $d - q$, жорстко пов'язаній з обертовим з кутовою частотою ω ротором;
- 3) $x - y$, що обертається з кутовою частотою ω_1 магнітного поля статора.

Такі перетворення дають можливість представити симетричну трифазну електричну машину двофазною, що значно спрощує математичний опис процесів електромеханічного перетворення енергії в електроприводах.

При синтезі систем керування частотним електроприводом, що забезпечують закон керування $\Psi_2 = const$ системи диференціальних рівнянь асинхронного двигуна перетворюють в ортогональну систему координат $x - y$.

Векторна діаграма струму статора I_1 і потокозчиплення ротора Ψ_2 у перетвореній ортогональній системі координат $x - y$ представлена на рисунку 2.14.

Проекція струму статора на вісь x є потокоутворюючою, $I_{1x} \equiv \Psi_2$.
Проекція струму статора на вісь y є моментоутворюючою, $I_{1y} \equiv M$.

Ідея векторного керування при законі регулювання $\Psi_2 = const$ ґрунтується на регулюванні складової струму статора $I_{1x} \equiv \Psi_2$.

Можливі 2 принципи векторного керування:

- 1) Регулюють модуль струму статора I_1 й кут ε_ψ ;
- 2) Регулюють проекції струму статора I_{1x} й I_{1y} .

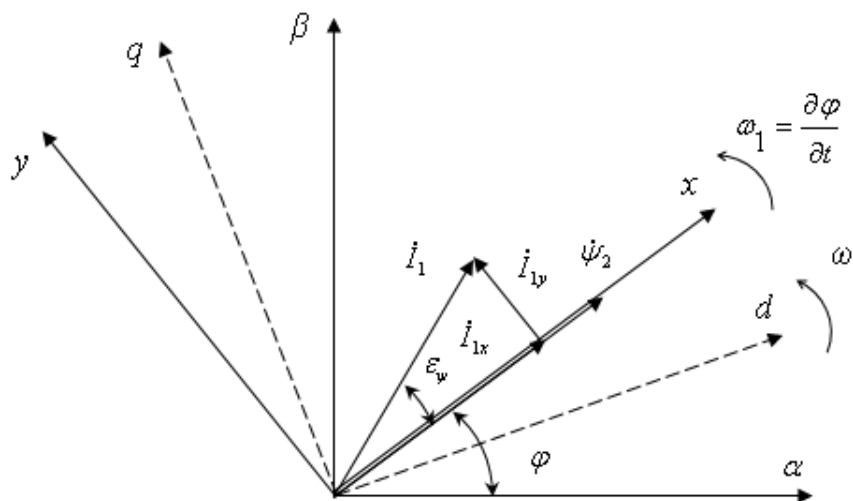


Рисунок 2.14 – Векторна діаграма струму статора I_1 і потокозчиплення ротора Ψ_2 у перетвореній ортогональній системі координат $x - y$

Перший принцип не одержав поширення через складність виміру кута ε_{ψ} в динамічних режимах, через що в електроприводі виникають некерувані надструми й значні динамічні моменти.

Другий принцип керування використовується у всіх сучасних частотних електроприводах.

Для реалізації цього принципу керування необхідно спочатку трифазну систему струмів статора двигуна перетворити у двофазну, виділивши проекції струму статора на вісь x и y .

Потокозчеплення Ψ_2 можна виміряти за допомогою датчиків Холу, розташованих в основному магнітному полі АД ортогонально або визначити обчисленням за складовою струму статора.

У сучасних частотних електроприводах з векторним керуванням потокозчеплення й швидкість обчислюють за допомогою контролерів за алгоритмами, заснованими на різних непрямих методах з достатньою точністю.

2.5.1 Функціональна схема системи векторного керування частотним електроприводом за законом $\Psi_2 = const$ з вимірюванням швидкості

Векторна система керування за законом $\Psi_2 = const$ дає можливість одержати електромеханічні властивості АД аналогічні приводу постійного струму. При цьому збільшується швидкодія, значно підвищується надійність привода.

Функціональна схема системи векторного керування частотним електроприводом за законом $\Psi_2 = const$ у координатах $x - y$ з вимірюванням швидкості наведена на рисунку 2.15.

На функціональній схемі позначено:

АІН – автономний інвертор напруги з ШІМ;

ДС1...ДС3 – датчики струму статора;

М – виконавчий двигун;

ВР – датчик швидкості;

РШ – регулятор швидкості;

РП – регулятор потокозчеплення;

РС – регулятор струмів;

ПК1 – перетворювач трифазної системи координат в ортогональну двофазну $x - y$;

ПК2 – перетворювач ортогональної системи координат $x - y$ у трифазну.

БОП – блок обчислення потокозчеплення;

БО ω – блок обчислення ковзання.

Струми статора в трьох фазах вимірюються датчиками струму *ДС1...ДС3* й у координатному перетворювачі *ПК1* перетворюються у двофазні, при цьому визначаються проекції струму статора на осі x та y .

У блоці *БОП* обчислюється поточне значення потокозчеплення Ψ_2 .

Система керування швидкістю побудована по двоканальному підлеглому принципу регулювання.

Підлеглими контурами керування є контур регулювання струму i_{1y} і контур регулювання струму i_{1x} .

У такий спосіб система керування забезпечує стабілізацію заданого значення потокозчіплення Ψ_2 і регулювання моменту.

2.5.2 Структурна схема системи векторного керування в координатах $x - y$ частотного електропривода з законом $\Psi_2 = \text{const}$

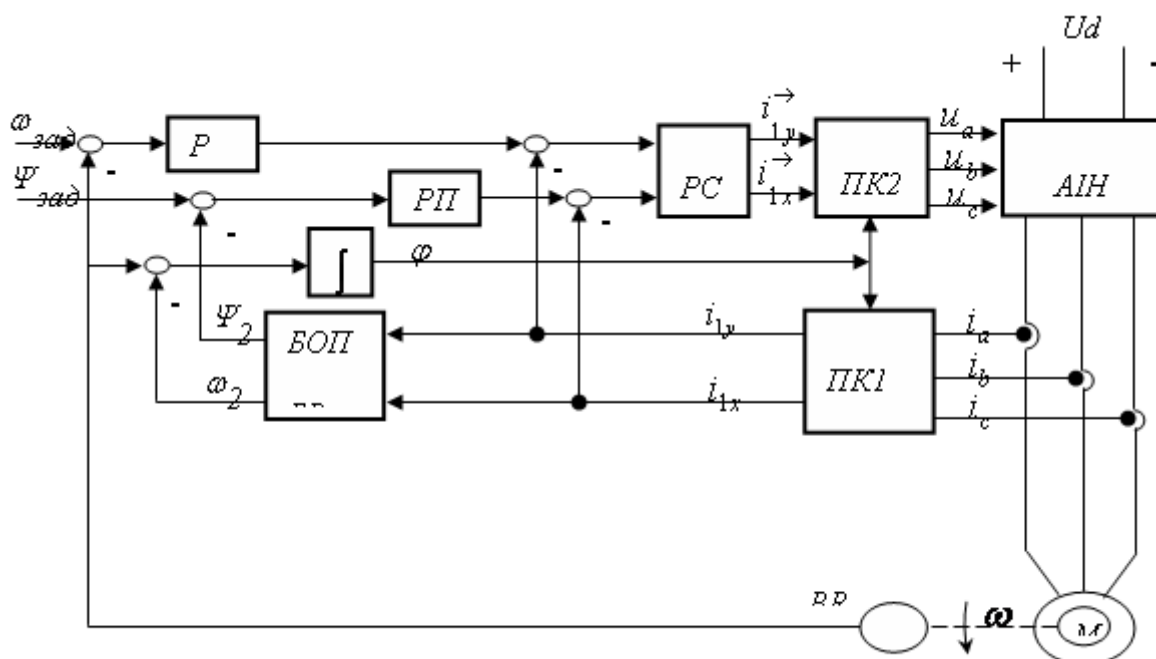


Рисунок 2.15 – Функціональна схема системи векторного керування частотним електроприводом за законом $\Psi_2 = \text{const}$ із вимірюванням швидкості

З математичної моделі системи керування і векторних діаграм встановлено [4], що:

- 1 Потокзчіплення Ψ_2 пропорційне струму i_{1X} ($\Psi_2 \equiv i_{1X}$);
- 2 Електромагнітний обертаючий момент M пропорційний i_{1y} ($M \equiv i_{1y}$);
- 3 Струм $i_{1X} \equiv U_{1X}$;
- 4 Струм $i_{1y} \equiv U_{1y}$.

З урахуванням цих співвідношень і функціональної схеми СКЕП без обліку прямих і зворотних координатних перетворень, обчислень Ψ_2 й ω_2 структурна схема СКЕП представляється аналогічній структурі двозонного електропривода постійного струму (рис. 2.16).

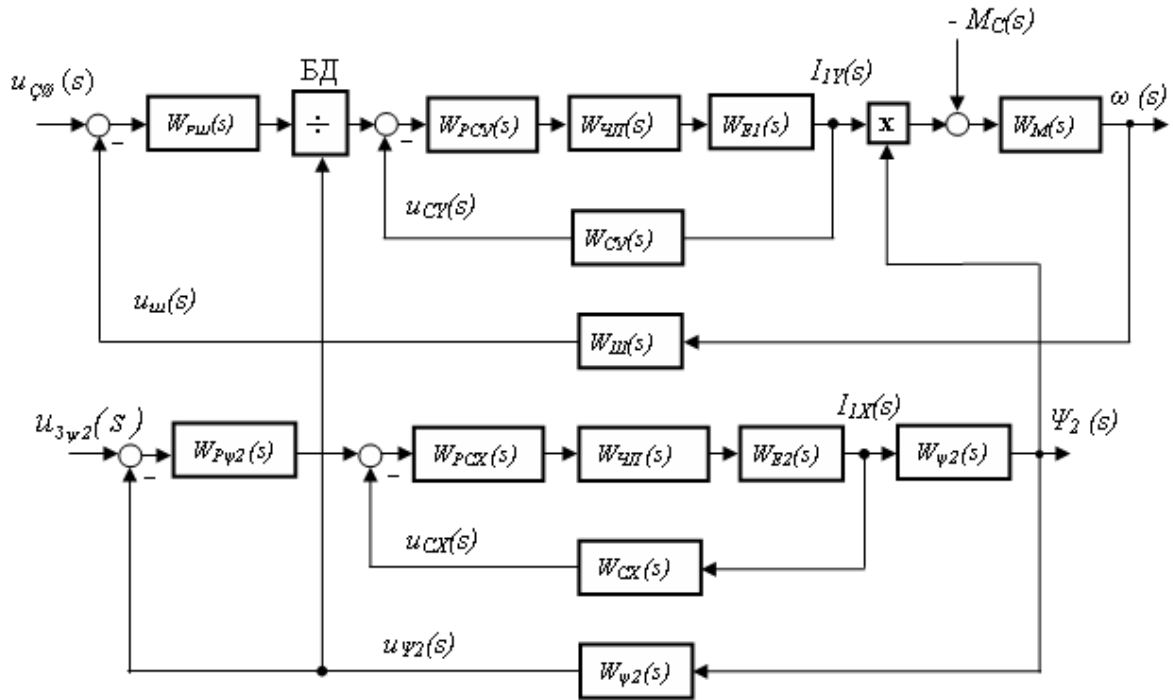


Рисунок 2.16 – Структурна схема системи векторного керування частотним електроприводом за законом $\Psi_2 = \text{const}$ з вимірюванням швидкості

2.5.3 Передатні функції елементів структурної схеми аналогової СКЕП з векторним керуванням

У зв'язку зі значним обсягом обчислювальних операцій аналогові системи векторного керування частотним електроприводом не забезпечують необхідні показники якості регулювання швидкості.

Розрахунок параметрів аналогової системи керування доцільно робити з метою наступної параметризації цифрової системи керування.

З обліком високої розв'язної здатності імпульсних засобів виміру технологічних параметрів електропривода, високою розрядністю й частотою генераторів синхроімпульсів сучасних мікропроцесорів, погрішність параметризації керуючих контролерів приводів не перевищує 1%. Ця погрішність легко усувається в процесі налагодження системи керування.

Параметри каналу регулювання швидкості

Передатна функція ланцюга зворотного зв'язку за струмом i_{1Y} :

$$W_{c\omega}(\delta) = k_{c\omega}, \quad (2.57)$$

$$\text{де } k_{\text{CÓ}} = \frac{u_{\text{CÓ}} \dot{m}}{\lambda \cdot I_{\text{CÓ}} \dot{m}} ; \quad (2.58)$$

$$I_{\text{IV НОМ}} = \frac{M_{\text{H}}}{\frac{3}{2} k \psi_{2 \text{НОМ}}} ; \quad (2.59)$$

$$k = p_{\text{II}} \frac{L_{12}}{L_2} ; \quad (2.60)$$

$$\psi_{2 \text{НОМ}} = L_2 I_{2 \text{НОМ}} + L_{12} I_{1 \text{НОМ}} , \quad (2.61)$$

де L_1, L_2 - наведені індуктивності обмоток статора й ротора відповідно;
 L_{12} - взаємна індуктивність між статором і ротором;

$$L_1 = (1 + \sigma_1) L_{12} ; \quad (2.62)$$

$$L_2 = (1 + \sigma_2) L_{12} ; \quad (2.63)$$

σ_1, σ_2 - коефіцієнти розсіювання магнітних полів статора й ротора відповідно;

p_{II} - число пар полюсів двигуна;

$I_{1 \text{НОМ}}, I_{2 \text{НОМ}}$ - номінальні струми статора й ротора відповідно;

Передатна функція регулятора струму i_{Iy} :

$$W_{\text{DCÓ}}(s) = k_{\text{DCÓ}} + \frac{1}{\tilde{O}_{\text{DCÓ}} s} , \quad (2.64)$$

де $k_{\text{DCÓ}}$ - статичний коефіцієнт передачі пропорційної частини ПІ-регулятора струму.

$$k_{\text{DCÓ}} = \frac{\tilde{O}_1 R_{\text{A1}}}{2\tau k_{\text{xI}} k_{\text{NÓ}}} , \quad (2.65)$$

де T_1 - постійна часу статора;

$$\tilde{O}_1 = \frac{\tilde{O}_1 / 2\pi f_1}{R_{\text{A1}}} ; \quad (2.66)$$

X_1 - індуктивний опір статора

$$R_{\dot{A}1} = R_{\dot{A}2} = R_1 + \frac{L_{12}^2}{L_2} R_2; \quad (2.67)$$

R_1, R_2 - активні опори обмоток статора й ротора відповідно при робочій температурі;

τ - некомпенсована постійна часу системи керування привода;

$k_{\text{чп}}$ - еквівалентний статичний коефіцієнт передачі частотного перетворювача;

$$k_{\text{чп}} = \frac{f_{1H}}{u_{3\text{ч. ном}}}, \quad (2.68)$$

де $u_{3\text{ч. ном}}$ - номінальне завдання по частоті;

для однозонних приводів $u_{3\text{ч. ном}} = 10B$;

$\dot{\omega}_{\text{ДНО}}$ - постійна часу регулятора струму;

$$\dot{\omega}_{\text{ДНО}} = \frac{2\tau k_{\times i} k_{\dot{\omega}}}{R_{\dot{A}1}}; \quad (2.69)$$

Передатна функція частотного перетворювача:

$$W_{\text{чп}}(s) = \frac{k_{\text{чп}}}{T_{\text{чп}}s + 1}, \quad (2.70)$$

де $T_{\text{чп}} = \tau$.

Передатна функція електричної частини двигуна за каналом регулювання струму i_{ly}

$$W_{\dot{A}1}(s) = \frac{1/R_{\dot{A}1}}{\dot{\omega}_{\dot{A}1}s + 1}, \quad (2.71)$$

де

$$\dot{\omega}_{\dot{A}1} = \frac{L_1(L_1L_2 - L_{12}^2)}{R_1L_2^2 + L_{12}^2R_2}. \quad (2.72)$$

Передатна функція механічної частини двигуна

$$W_M(s) = \frac{1}{J s}. \quad (2.73)$$

Передатна функція ПІ-регулятора швидкості

$$W_{P\phi}(s) = k_{P\phi} + \frac{1}{T_{P\phi} s}, \quad (2.74)$$

$k_{P\phi}$ - статичний коефіцієнт передачі регулятора швидкості

$$k_{P\phi} = \frac{J_{\Sigma} k_{\tilde{N}\phi}}{6 p_i \frac{L_{12}}{L_2} k_{\phi} \tau}, \quad (2.75)$$

де $T_{P\phi}$ - постійна часу інтегруючої частини ПІ-регулятора швидкості

$$T_{P\phi} = \frac{24 p_i L_2 k_{\phi} \tau^2}{J_{\Sigma} k_{\tilde{N}\phi} L_{12}}, \quad (2.76)$$

k_{ϕ} - коефіцієнт зворотного зв'язку по швидкості.

Передатна функція ланцюга зворотного зв'язку за швидкістю

$$W_{\phi}(s) = k_{\phi}, \quad (2.77)$$

де

$$k_{\phi} = \frac{u_{\zeta\phi.\tilde{m}}}{\omega_{\tilde{m}}}, \quad (2.78)$$

$u_{\zeta\phi.\tilde{m}}$ - сигнал завдання номінальної швидкості;

Параметри каналу регулювання поточозчиплення Ψ_2

Передатна функція ланцюга зворотного зв'язку за струмом

$$W_{\tilde{N}\phi}(s) = k_{\tilde{N}\phi}, \quad (2.79)$$

де

$$k_{\tilde{N}\phi} = \frac{\dot{e}_{\zeta\tilde{N}\phi.\tilde{m}}}{I_{1\phi.\tilde{m}}}; \quad (2.80)$$

$$\dot{e}_{\zeta\tilde{N}\phi.\tilde{m}} = 10 \hat{A};$$

$$I_{1\phi.\tilde{m}} = \Psi_{2\text{НОМ}} \frac{T_2}{L_2}; \quad (2.81)$$

T_2 - постійна часу ротора;

$$T_2 = \frac{L_2}{R_2}. \quad (2.82)$$

Передатна функція регулятора струму i_{1x} представляється динамічною ланкою ПІ-регулятора

$$W_{D\bar{N}\bar{O}}(s) = k_{D\bar{N}\bar{O}} + \frac{1}{\dot{O}_{D\bar{N}\bar{O}} s}, \quad (2.83)$$

де $k_{D\bar{N}\bar{O}}$ - статичний коефіцієнт передачі пропорційної частини ПІ-регулятора струму

$$k_{D\bar{N}\bar{O}} = \frac{\dot{O}_1 R_{\bar{A}2}}{2\tau k_{\times I} k_{\bar{N}\bar{O}}}; \quad (2.84)$$

де $R_{\bar{A}2} = R_{\bar{A}1}$;

$\dot{O}_{D\bar{N}\bar{O}}$ - постійна часу інтегруючої частини ПІ-регулятора струму i_{1x}

$$\dot{O}_{D\bar{N}\bar{O}} = \frac{2\tau k_{\times I} k_{\bar{N}\bar{O}}}{R_{\bar{A}2}}. \quad (2.85)$$

Передатна функція ланцюга зворотного зв'язку за поточозчепленням

$$W_{\psi}(s) = k_{\psi}, \quad (2.86)$$

де $k_{\psi} = \frac{u_{3\psi \text{ НОМ}}}{\psi_{2 \text{ НОМ}}}; \quad (2.87)$

$u_{3\psi \text{ НОМ}}$ - сигнал завдання номінального поточозчеплення.

Передатна функція регулятора поточозчеплення

$$W_{P\psi 2}(s) = k_{P\psi 2} + \frac{1}{T_{P\psi 2} s}, \quad (2.87)$$

де $k_{P\psi 2}$ - статичний коефіцієнт передачі пропорційної частини ПІ-регулятора поточозчеплення

$$k_{P\psi 2} = \frac{\dot{O}_2 k_{C\bar{O}}}{\dot{O}_{\psi} k_{\psi} L_{12}}, \quad (2.88)$$

де $T_{\psi} = 2\tau$ (приймається з урахуванням модульного оптимуму);

$$T_2 = \frac{L_2}{R_2}. \quad (2.89)$$

$T_{P\psi_2}$ - постійна часу ПІ-регулятора потокозчіплення;

$$T_{P\psi_2} = \frac{T_\psi k_\psi L_{I2}}{k_{C\dot{\psi}}} \quad (2.90)$$

Передатна функція електричної частини двигуна за каналом регулювання струму i_{lx}

$$W_{\dot{A}_2}(s) = W_{\dot{A}_1}(s) = \frac{1/R_{\dot{A}_2}}{\dot{\omega}_{\dot{A}_2} s + 1}, \quad (2.91)$$

де $\dot{\omega}_{\dot{A}_1} = \dot{\omega}_{\dot{A}_2}$.

Передатна функція перетворювача струму i_{lx} у потокозчіплення ψ_2

$$W_{\psi_2}(s) = \frac{L_{I2}}{T_2 s + 1}. \quad (2.92)$$

2.5.4 Оцінка статичних і динамічних властивостей системи регулювання швидкості частотного електропривода з законом регулювання $\Psi_2 = \text{const}$ у середовищі MatLab

Оцінка статичних і динамічних властивостей системи регулювання швидкості здійснюється в режимах, зазначених у розділі 2.4.4.

На рисунку 2.17 як приклад представлена структурна модель частотного електропривода КШМ без маховика із двозонним регулюванням швидкості за законом $\Psi_2 = \text{const}$ у середовищі MatLab.

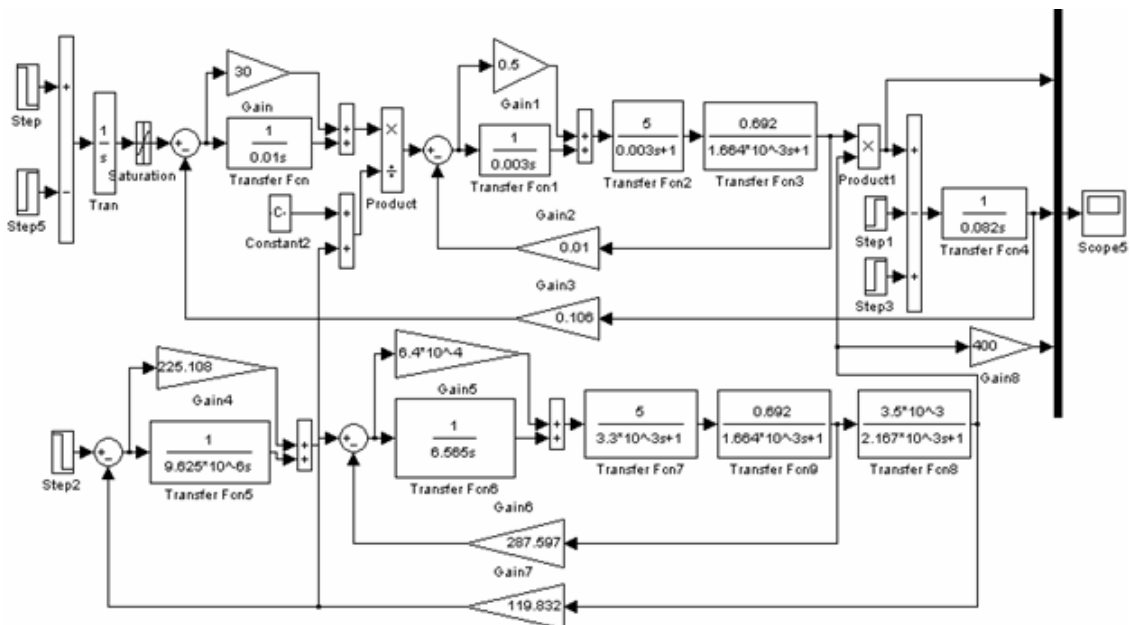


Рисунок 2.17 - Схема структурної моделі частотного електропривода з законом регулювання $\Psi_2 = \text{const}$ в MATLAB SIMULINK

На рисунку 2.18 наведені отримані графіки зміни швидкості ω , моменту M , потокозчіплення Ψ_2 при пуску, накиданні, скиданні навантаження й гальмуванні електропривода при номінальному сигналі завдання швидкості.

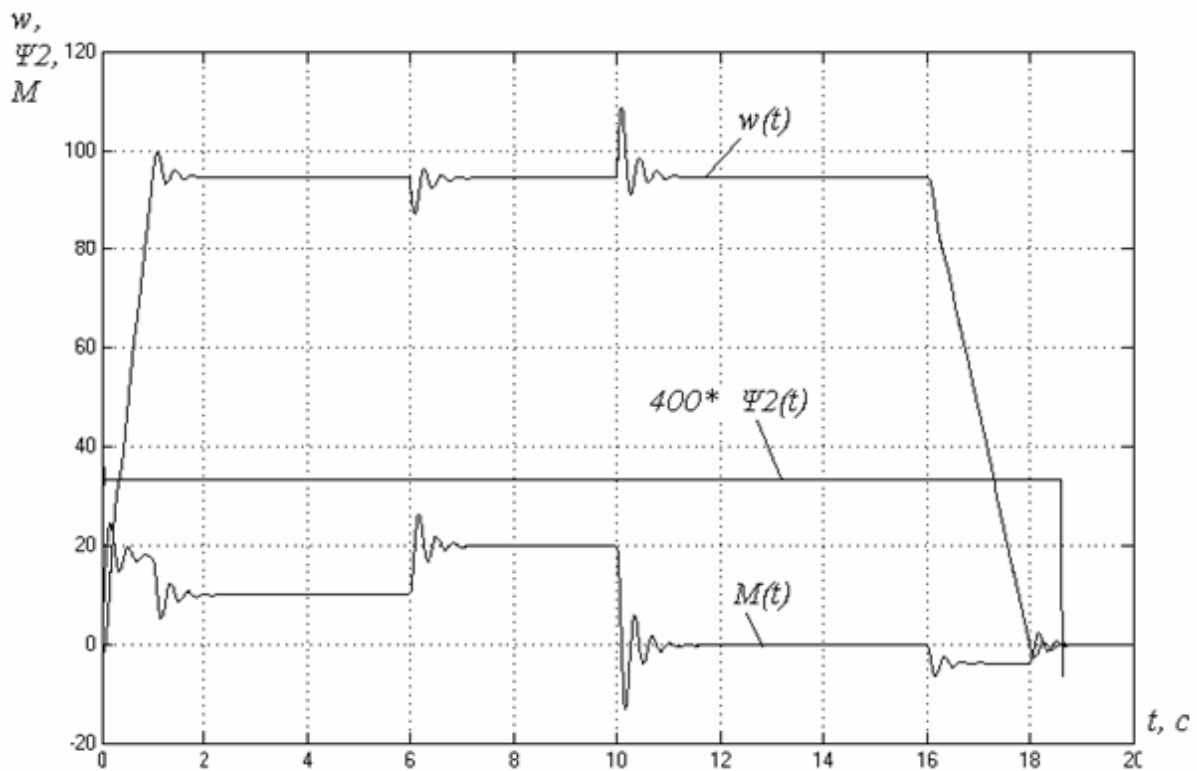


Рисунок 2.18 - Графіки перехідних процесів $\omega(t)$, $M(t)$, $f(t)$, $\Psi_2(t)$ у частотному електроприводі КШП без маховика з законом регулювання $\Psi_2 = const$

3 УДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМ ПРИВОДУ ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНИХ МОЛОТІВ ТА ГВИНТОВИХ ШТАМПУВАЛЬНИХ ПРЕСІВ

3.1 Інформаційно-патентний пошук по удосконаленню конструкції молотів і прес-молотів

3.1.1 Загальні відомості про молоти

Загальним для всіх молотів є характер дії їх у період робочого ходу, заснованого на перетворенні кінетичної енергії рухливих частин привода, виконавчого механізму й навіть станини за допомогою удару в енергію пластичної деформації оброблюваного металу [12].

Для привода рухливих частин молотів використовується енергія: водяної пари, стисненого повітря, стислого до високого тиску газу, горючих сумішей і вибухових речовин, обертowego руху, рідини високого тиску, електрична. Відповідно до цього розрізняють пароповітряні, газові, підривні, пневматичні, механічні, гідравлічні й електричні молоти.

Приведемо кілька конструкцій молотів

Пароповітряний молот (рис. 3.1, а) – типова парова машина з робочим циліндром, у нижню й верхню порожнини якого поперемінно впускається або випускається пара або стиснене повітря. Тим самим забезпечується зворотно-поступальний рух униз поршня, що утворює із циліндром руховий механізм, штока (передавальний механізм) і баби (виконавчий орган) з верхнім бойком або штампом. Поршень, шток і бабу прийнято поєднувати в одному конструктивному вузлі рухливих або падаючих частин.

Зразкова схема високошвидкісного – *газового молота* показана на рис. 3.1, б. Верхній циліндр служить газовим акумулятором. При відкритті прохідного отвору починається інтенсивне перетікання газу в нижній циліндр. Тиск газу передається на поршень, безупинно прискорюючи рухливі частини. Для підйому їх призначається нижня порожнина нижнього циліндра.

Підришний молот, що використовує горючої суміші, за принципом дії подібний до двигуна внутрішнього згорання й крім дозуючих пристроїв повинен мати запальні свічі. Підришний молот, що працює на ВР, аналогічний вогнепальній системі (гарматі) і містить казенну частину, куди заставляються дозовані ВР (наприклад, у вигляді патрона), і затвор з електрозапальним пристроєм або ударником для впливу на детонатор. При вибуху газові продукти з більшим тиском діють на бойок, прискорюючи його до десятків метрів у секунду.

Пневматичний молот (рис. 3.1, в) має вбудований компресорний циліндр для перекачування повітря в нижню або верхню порожнини лівого робочого циліндра. Стиснене повітря, виконуючи функції робочого тіла, що пружно зв'язує компресорний і робітник поршні, примушує падаючі частини до циклічного зворотно-поступального переміщення. У пневмати-

чних молотів є індивідуальний привод від електродвигуна, обертовий рух якого перетворюється в прямолінійний зворотно-поступальний рух компресорного поршня за допомогою кривошипно-повзунного механізму.

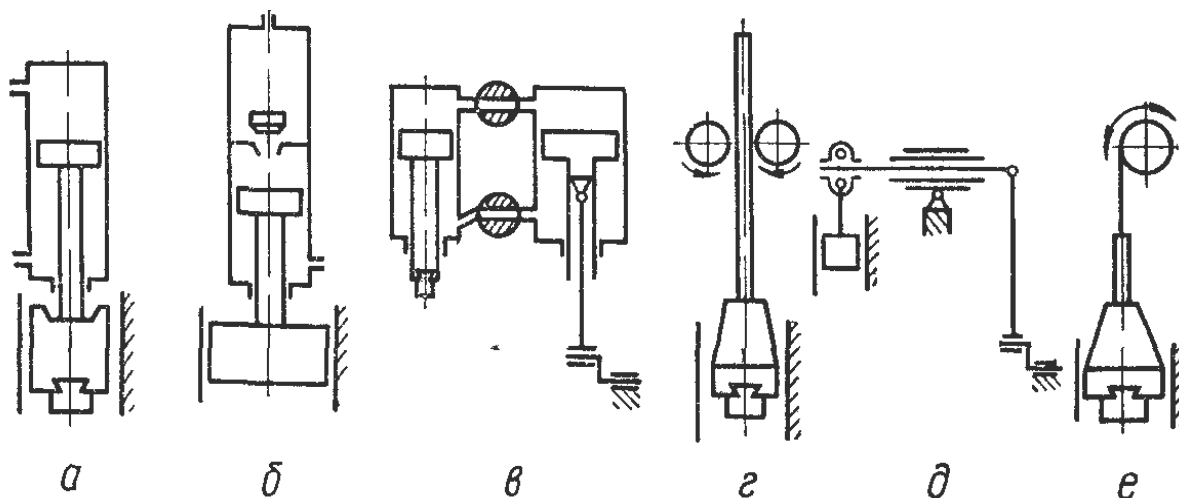


Рисунок 3.1 – Типові конструкції молотів

Механічні молоти також мають індивідуальний привод від електродвигуна, причому передача руху від кінцевої ланки його до падаючих частин (баби зі штампом або бойком) здійснюється за допомогою механічних зв'язків твердого, пружного або гнучкого типу. Перший тип зв'язків застосовується у фрикційних молотах з дошкою (рис. 3.1, г), у яких підйом падаючих частин забезпечується за рахунок сил зчеплення, що виникають між обертовими в різні сторони роликками й дошкою. Рух униз здійснюється під дією сили ваги при розведених роликках.

У *гідравлічному молоті* робочим тілом служить рідина під високим тиском (від індивідуального насосного привода), що впускає під поршень робочого циліндра при ході падаючих частин нагору або в порожнину циліндра над поршнем при ході вниз. Молот працює за схемою, зазначеної на рис. 3.1, а.

В *електричному молоті* використовується енергія поля, утвореного обмотками електромагніта, що втягує металевий сердечник-шток і тим самим примушує рухатися падаючі частини нагору. Молоти застосовуються для здійснення багатьох технологічних процесів сучасного ковальсько-штампувального виробництва й металообробки: кування, об'ємного й листового штампування, а так називані імпульсні ножиці, тобто підбивні молоти, для розрізання сортового прокату.

Відповідно до технологічного призначення розрізняють *кувальні, штампувальні й листоштампувальні молоти*.

3.1.2 Класифікація гвинтових пресів

Гвинтовий прес - ковальсько-штампувальна машина квазиударної дії, у якій для деформування матеріалу використовується кінетична енергія поступального й обертового руху робочих мас, передана виконавчій ланці за допомогою гвинтового робочого механізму. Для приводу гвинтових пресів використовують електродвигуни й передавальні механізми: механічні фрикційні, електричні й гідравлічні або пневматичні [13].

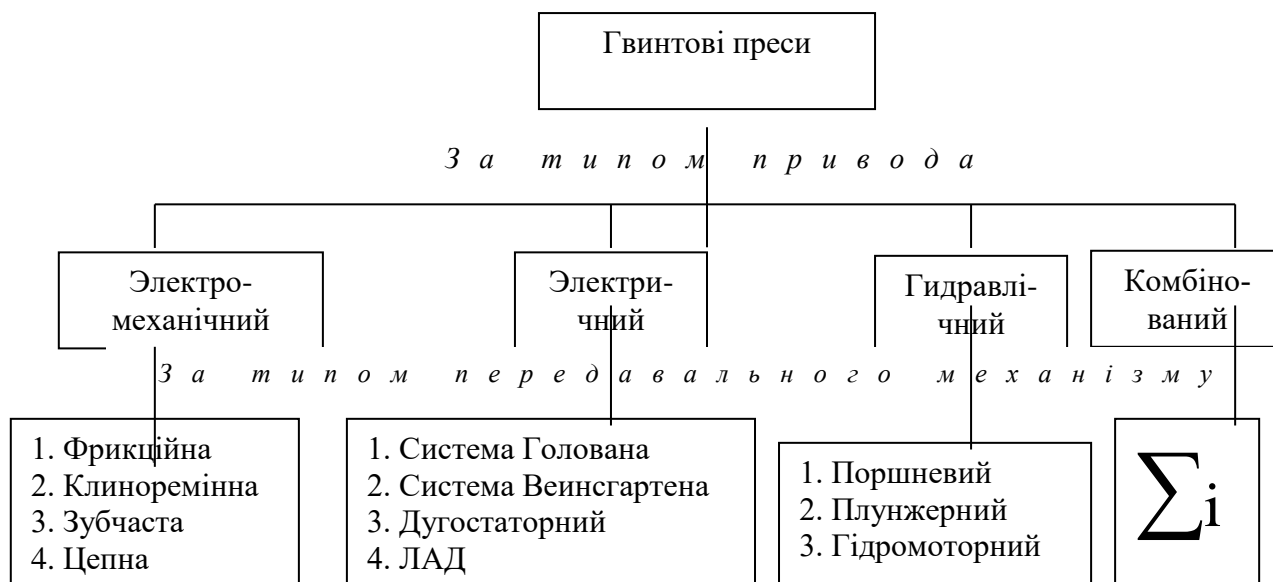


Рисунок 3.2 – Класифікація гвинтових пресів

Принцип дії гвинтових пресів полягає в розгоні робочих мас (маховик, гвинт, повзун і верхній штамп) приводом під час холостого ходу вниз (або в напрямку до кування) до швидкості $V \approx (0,1-0,2)$ м/с, при $[v] \approx (0,5-1)$ м/с, з метою нагромадження кінетичної енергії обертового й поступального руху. Ця енергія під час робочого ходу використовується для деформування поковки:

$$T_{ip} = T_i + T_a = \frac{mV^2}{2} + \frac{J\omega^2}{2}$$

T_i - кінетична енергія поступального руху мас, Дж;

T_a - кінетична енергія обертового руху мас, Дж;

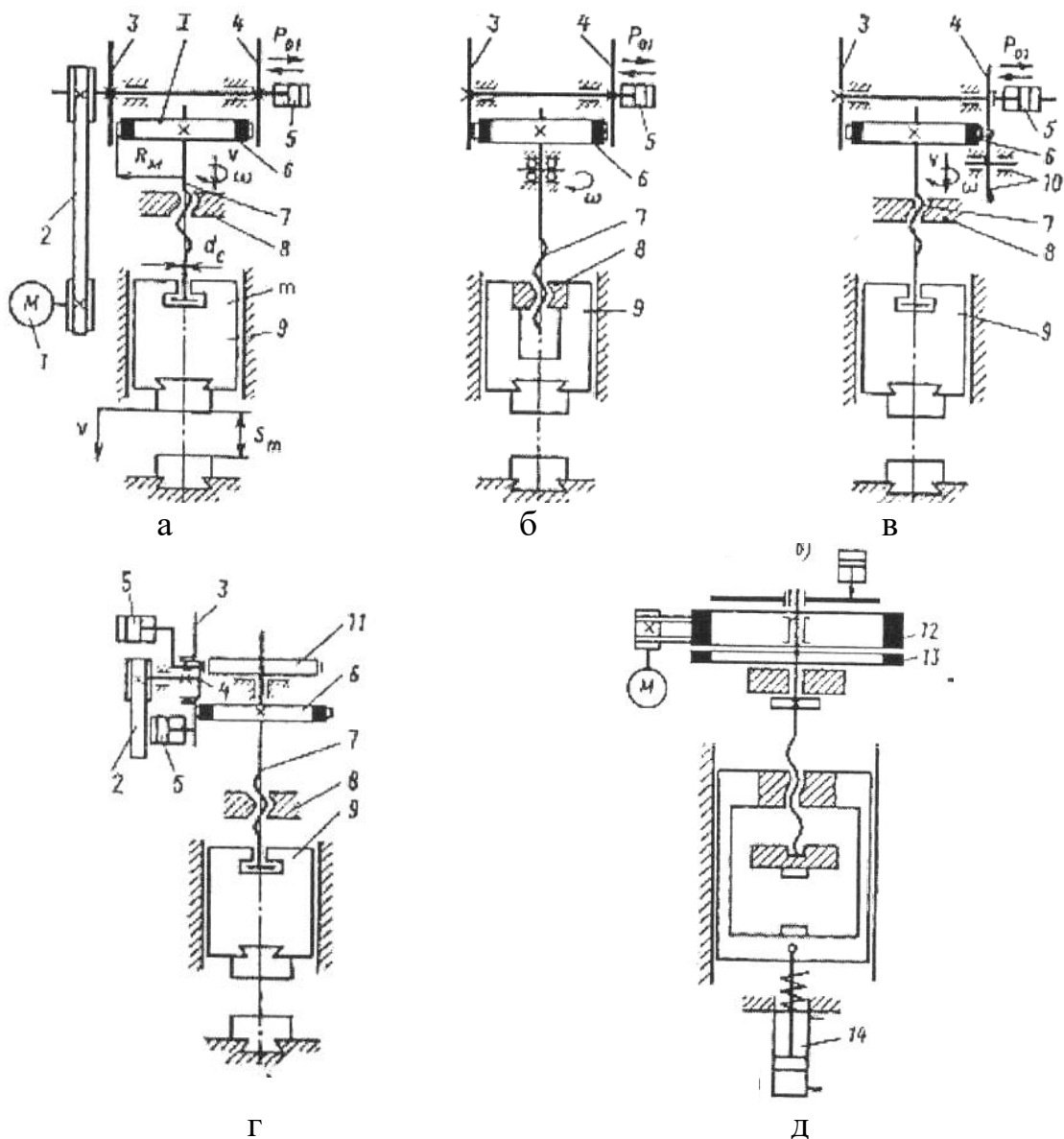
$T_{i\delta}$ - кінетична енергія гвинтового руху мас, Дж;

m - маса поступально, що рухаються мас, кг;

v - швидкість поступально, що рухаються мас, м/с;

J - момент інерції обертових частин, кгм²;

ω - кутова швидкість обертових частин, рад/с;



*а, б і г – дводискового, в- трьох дискового, д – фрикційно-муфтового
 1 - електродвигун, 2 - клиноремінна передача, 3,4 - диски, 5 - натискний механізм, 6,11,12,13 - обід маховика, 7 - гвинт, 8 - гайка, 9 - повзун, 10 - диск, 14 - гідроциліндр*

Рисунок 3.3 – Принципові схеми гвинтових фрикційних пресів

Сучасні гвинтові преси можна класифікувати по наступних основних ознаках:

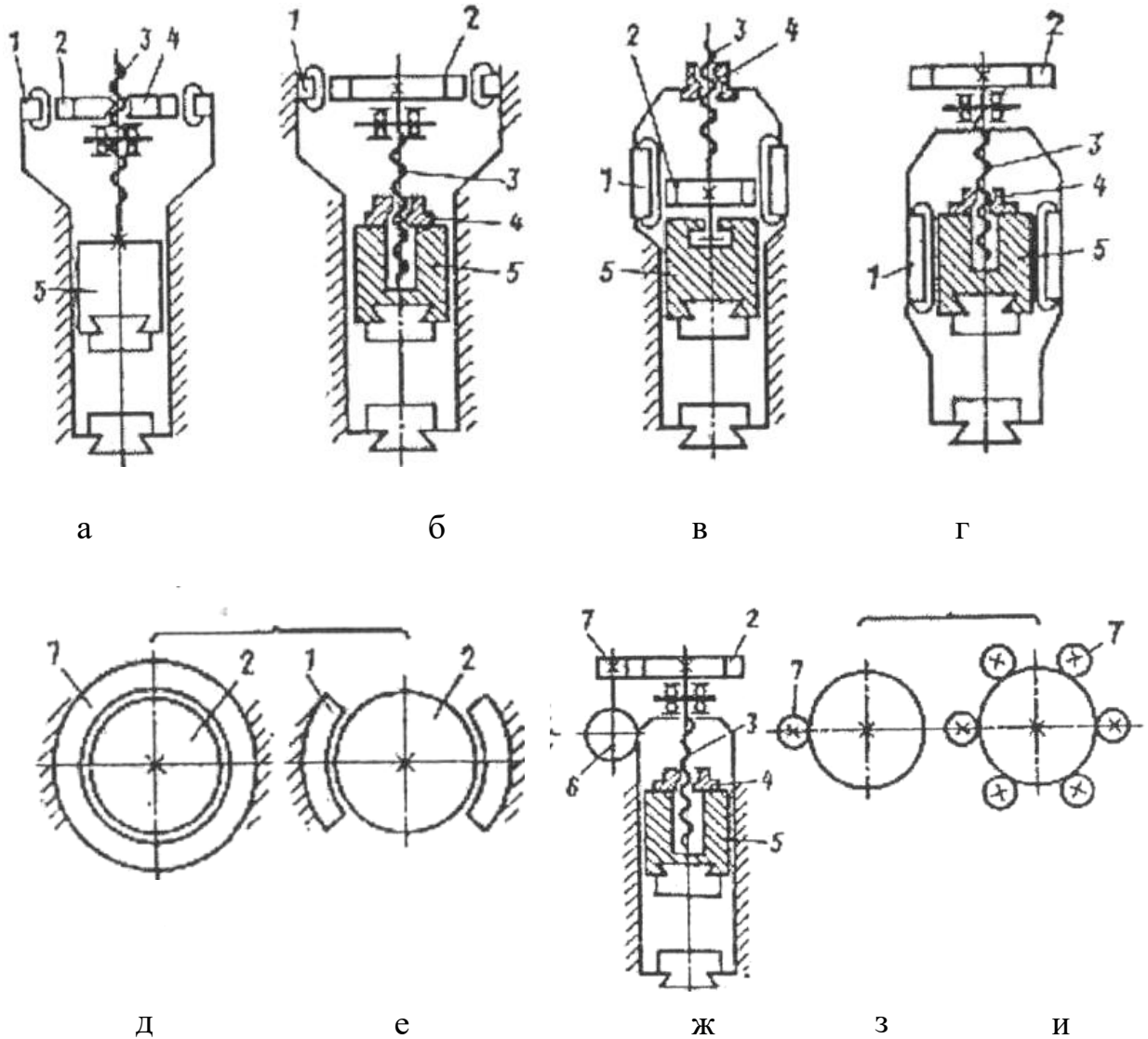
- по типу передавального механізму привода розрізняють преси фрикційні, електричні, пневматичні й гідравлічні;

- по кратності дії розрізняють преси простої дії з одним повзуном, подвійної дії із зустрічним рухом повзунів, подвійної дії з попутним рухом повзунів, потрійного й багаторазового з комбінованим рухом повзунів;

- по кінематичному стану гвинта розрізняють преси з нерухомим гвинтом, із гвинтом, що робить лінійний рух, із гвинтом, що робить обертовий рух і із гвинтом, що робить гвинтовий рух;

- по приводному впливу на маховик розрізняють преси силового впливу й за допомогою крутного моменту;

- по об'єкту приводного впливу - гвинт, гайка, повзун;

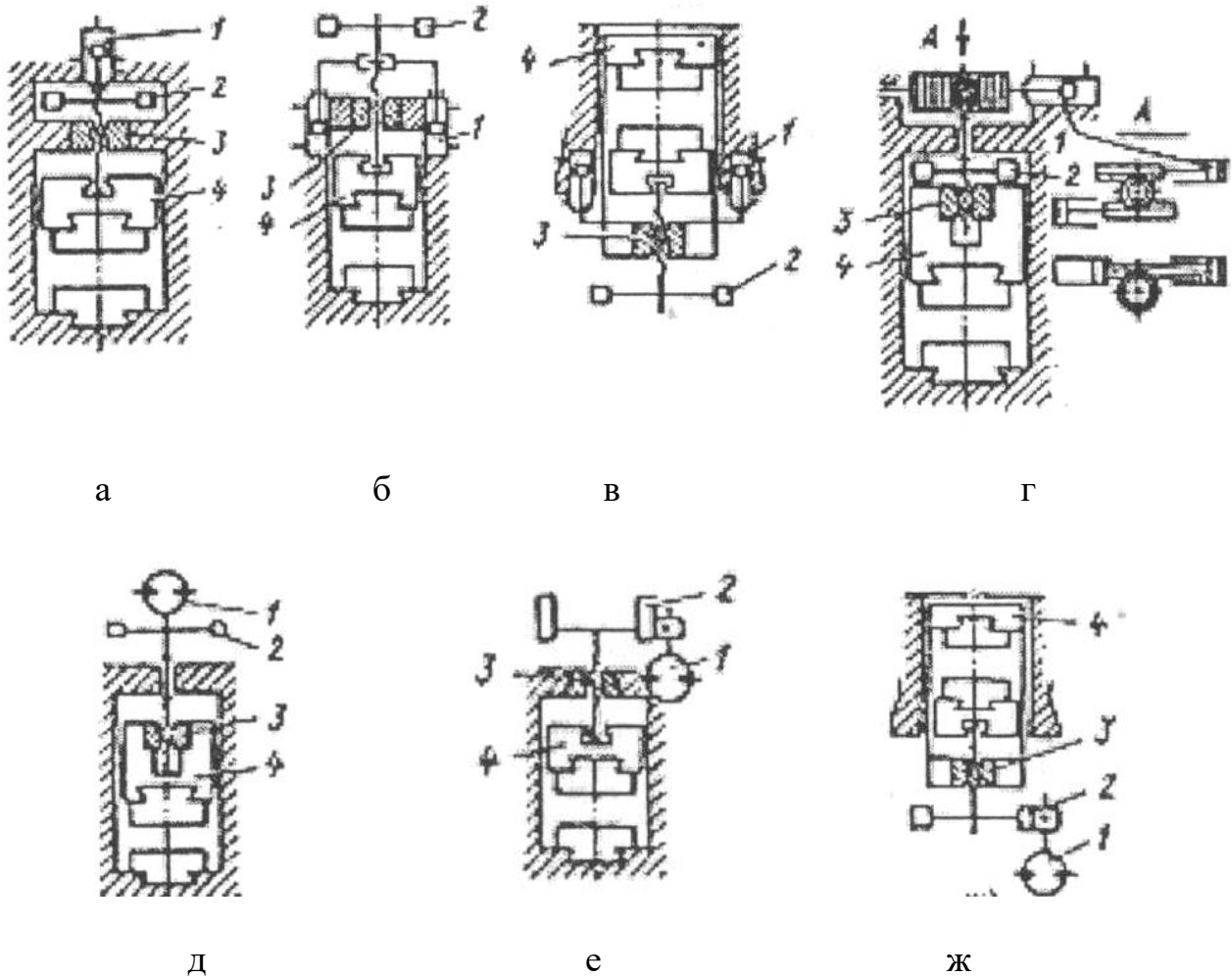


а, е – з безредукторним приводом; ж, и – з редукторним приводом;

а, в, д – з круговим статором; б, е – з дуговим статором;

1 – електродвигун, 2 – маховик-ротор, 3 – гвинт; 4 – гайка; 5 – повзун, 6, 7 – двигун

Рисунок 3.4 – Принципові конструктивні схеми електрогвинтових пресів



1 – гідродвигун, 2 – маховик, 3 – гайка; 4 – повзун

Рисунок 1.5 – Принципові конструктивні схеми гідрогвинтових пресів з приводними гідроциліндрами (а–г) і з приводними гідромоторами (д–ж)

3.1.3 Типова конструкція електрогвинтового преса з дуговим статором

Розглянемо як приклад пристрій і принцип дії електрогвинтового дугогостаторного преса. Цей прес - машина закритого типу. Станина в малих машин, подібно зображеної на рис. 3.3, суцільнолита, у середніх і великих пресів ($P_{я} > 1,6$ МН) — складова з литої підстави зі стійками й верхньою траверсою. Для підвищення міцності суцільнолита станина стягнута двома стяжними болтами 2 (шпильками); необхідність таких болтів для складених станин очевидна [14, 15].

Гайка 4 гвинтової пари встановлена на повзуні 3. За допомогою поздовжнього й поперечного клинів положення гайки можна регулювати щодо осі повзуна. Гвинт 5 упирається кільцевим буртом у середній частині в опорний підшипник б ковзання, розміщений на нижній площині верхньої траверси преса. При робочому ході зусилля штампування передається по ланцюжку деталей: «верхній штамп - повзун - гайка - гвинт і його бурт -

опорний підшипник - траверсу станини і її стійки» і замикається на столі преса, де встановлений нижній штамп.

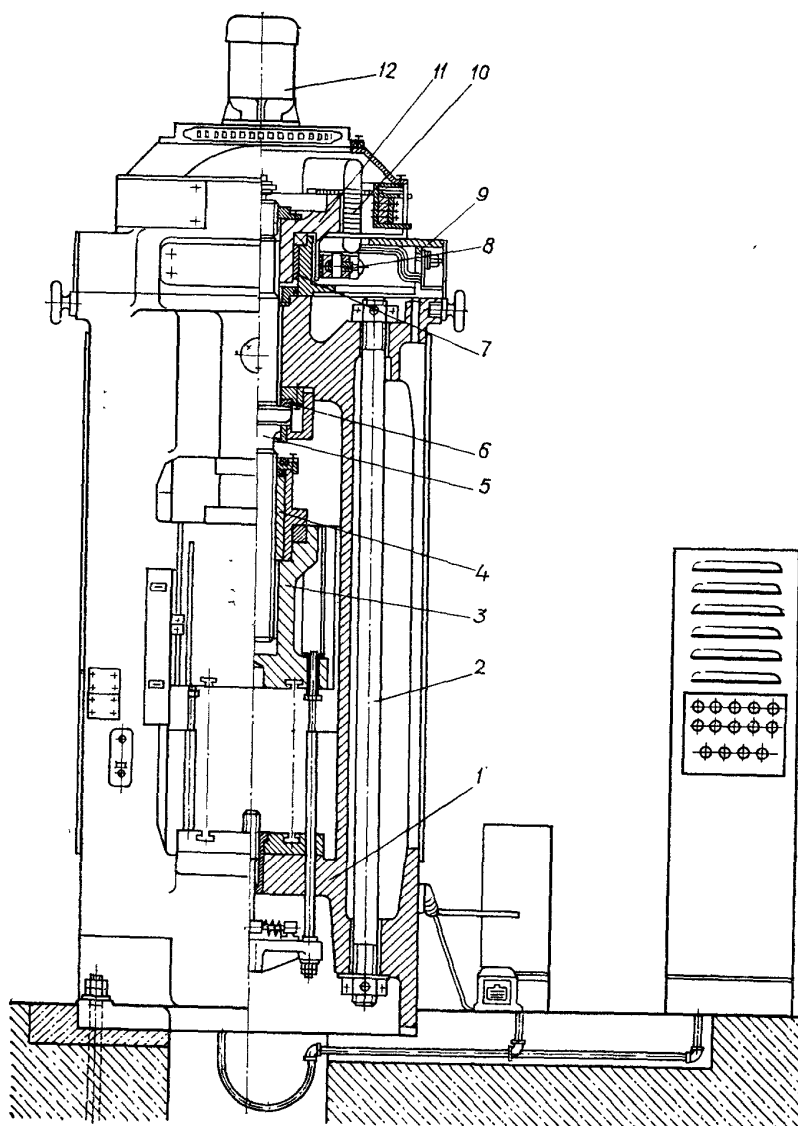


Рисунок 3.6 – Пристрій електрогвинтового преса з дуговим статором

Зверху на кінцевій частині гвинта на шліцах закріплений маховик-ротор 11. Фіксація положення маховика щодо осі преса виконується за допомогою циліндричного підшипника ковзання 7, встановленого в корпусі 9 привода; нижнім торцем ободу маховик опирається на опорний підшипник кочення.

З регульованим зазором щодо поверхні інерційного ободу маховика в корпусі розміщений статор 10. Застосовують два типи статорів: круговий (замкнутий кругостатор) і дуговий (розімкнутий дугостатор). У вітчизняних конструкціях електрогвинтових пресів застосовують дугові статори (звідси й назва преса - електрогвинтовий з дуговим статором). У пазах статорів закладена обмотка, через яку пропускають електричний струм про-

мислової частоти. Два симетрично розташованих праворуч і ліворуч від маховика-ротора дугових статора забезпечують взаємне зрівноважування електродинамічних сил. Таким чином, статори й маховик-ротор утворюють асинхронний електродвигун спеціального виконання. Виникаюче в статорах біжуче електромагнітне поле, під дією електродинамічних сил обертає маховик-ротор.

Гальмо 8 — двоколודкове, причому як гальмовий барабан служить менший обод маховика-ротора, розташований під інерційним ободом. Колодки встановлені на корпусі привода й управляються від електропневматичної системи. Для охолодження призначений вентилятор 12, що обдуває статори.

Повзун - лита (або зварена) пряма призма, вмонтована у напрямні станини.

Пресс постачений пневмомеханічним нижнім виштовхувачем, що складається з властиво штовхача 4 (рис. 3.7а) з підкладною пружиною 6, нижньої поперечки 1, зв'язаної тягами 3 з повзуном 5 преса, і замка із пневмоциліндра 2, повзушки 7 і робочої пружини 8.

Система змащення в преса комбінована: рідка для змащення підшипників привода й головного виконавчого механізму, густа для змащення напрямних повзуна й різьблення гайки. Рідке мастило подається від поршневого насоса із пневмоциліндром, густе мастило - від ручного насоса.

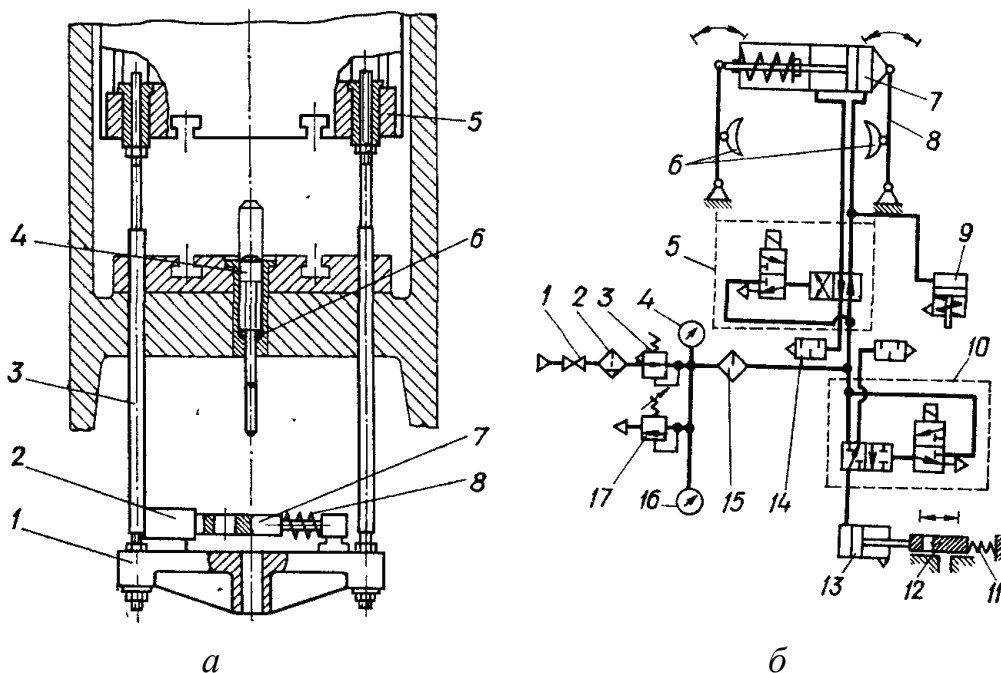


Рисунок 3.7 – Пристрій пневмомеханічного виштовхувача (ліворуч) і розподільника (праворуч)

Розглянемо роботу преса. У вихідному положенні повзун перебуває в к.в.п. і головний виконавчий механізм загальмований. Штampuвальник закладає заготовку в штамп і натискає на кнопку або педаль керування. При цьому спрацьовує золотник розподільника 5 (рис. 3.7б); стиснене по-

вітря з лівої порожнини циліндра 7 гальма випускається через глушник 14 в атмосферу й подається в праву порожнину. Тоді колодки 6 гальма відходять від ободу гальмового барабана маховика й головний виконавчий механізм розгальмовується. Від ходу важеля 8 правої колодки спрацьовує безконтактний кінцевий вимикач (БКВ), вимикаючи електродвигун преса: триває розгін повзуна при ході вниз. При недоході повзуна до заготовки на 30-50 мм прапорець 7 (рис. 3.8) взаємодіє із *БКВ8*, встановленим на правій стійці станини, і електродвигун вимикається. Подальший рух головного виконавчого механізму відбувається під дією сили ваги. У процесі удару від прапорця 2 спрацьовує інший *БКВ1* на лівій стійці й дає сигнал на зворотне обертання ротора електродвигуна для ходу повзуна вгору. При недоході повзуна до к.в.п. від прапорця 5 спрацьовує *БКВ6*. Від дії цього *БКВ* вимикається електродвигун. Одночасно спрацьовує золотник розподільника 5 (рис. 3.7б) і перекидає подачу стисненого повітря в ліву порожнину циліндра 7 гальма, а із правої робить випуск: починається процес гальмування й головний виконавчий механізм зупиняється в к.в.п. Цикл одиночного ходу преса закінчений.

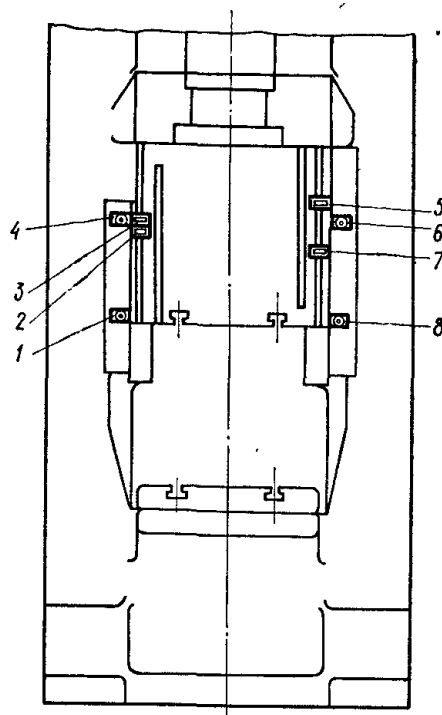


Рисунок 3.8 - Схема розташування БКВ преса

Система керування пресом забезпечує також роботу безперервними ходами. Для цього необхідно задіяти *БК.В4* (рис. 3.8). Тоді при досягненні повзуном к. в. п. і закінченні процесу гальмування прапорець 3 через *БКВ4* включає електродвигун на пряме обертання, розгальмовує головний виконавчий механізм: у результаті виконується хід повзуна вниз. Безперервний зворотно-поступальний рух повзуна триває до натискання на кнопку

«Стоп» на пульті керування пресом. При оснащенні преса пристроями автоматизації включення на хід повзуна вниз у циклі безперервного руху здійснюється відповідним датчиком, установленим на робочому органі пристрою, що автоматизує, причому БКВ 4 у цьому випадку заблокований.

Налагоджувальні ходи повзуна преса виходять при короткочасному, переривчастому натисканні на відповідні кнопки на пульті керування.

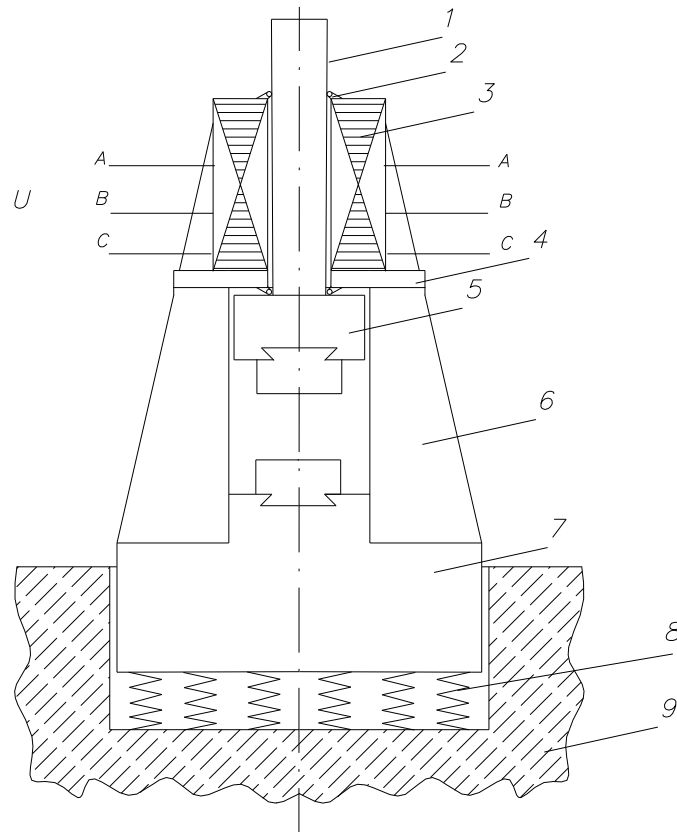
Відштампована заготовка з порожнини штампа виштовхується в такий спосіб. При ході повзуна вниз перед ударом золотник розподільника 10 (рис. 3.7б) випускає повітря із циліндра 13 і під дією робочої пружини (рис. 3.7а) повзушка 12 (7 на рис. 3.7а) зміщається вліво, займаючи таке положення, коли наскрізний отвір у поперечці 1 (рис. 3.7а) виявляється перекритим. Тому при наступному підйомі повзушка набігає на штовхач 4 (рис. 3.7а), піднімає його й тим самим виштовхує заготовку зі штампа. Наприкінці ходу нагору повзуна і поперечки спрацьовує розподільник 10 (рис. 3.7б) і подає стиснене повітря в циліндр 13 (рис. 3.7б). Повзушка зміщається вправо, відкриваючи отвір у поперечці: штовхач 4 (рис. 3.7а) під дією сили ваги падає вниз на пружину 6 у вихідне положення, звільняючи порожнину штампа для нової вихідної заготовки.

Рівень кінетичної енергії можна регулювати, змінюючи положення прапорців 5 і 7 (рис. 3.8) на повзуні преса.

3.2 Опис прототипу й аналога по їхніх принципових схемах

Поряд з дугостаторними двигунами також використовуються лінійні асинхронні двигуни (ЛАД), що складаються з лінійного статора (індуктор) і реактивної смуги (ротор). В індукторі під дією електроенергії створюється біжуче магнітне поле, що у свою чергу рухає реактивну смугу - ротор. Характерною рисою ЛАД є те, що швидкість може змінюватися в широких межах і залежить вона від частоти струму живильної мережі й від полюсного розподілу статора. На рисунку 3.9 показана конструкція електромеханічного штампувального прес – молота.

При подачі живлячої напруги на трифазну обмотку індуктора в ньому виникає біжуче електромагнітне поле, що у металі ротора наводить вихрові струми, магнітне поле яких взаємодіє з первинним полем статора, створюючи при цьому тягове зусилля. Енергія поступального руху ротора й баби витрачається на здійснення корисної роботи з деформації заготовки. Для забезпечення автоматичного режиму роботи в станині встановлені безконтактні вимикачі БВК, а на бабі металеві пластини, які безконтактно, взаємодіючи з кінцевими вимикачами, автоматично забезпечують перемикання привода прес-молота з робочого на зворотний хід і повторне вмикання.



1 – шток, 2 – напрямний ролик, 3 – індуктор, 4 – поперечка, 5 – падаючі частини, 6 – станина, 7 – шабот, 8 – віброізоляція, 9 – фундамент

Рисунок 3.9 – Електромеханічний штампувальний прес-молот

Аналогом електромеханічного штампувального прес - молота є безштоковий штампувальний прес - молот, що зображений на рисунку 3.10. [16,17].

Патентна інформація: «Промислова власність»

№10.2007 рік

Книга 1

Стор. 5.37 - 5.38

(11) 24568 (51) МПК(2006)

(24)10.07.2007 У21J 9/00

(21) і 2007 00226 (22) 09.01.2007.

(72) Кібіревіч Анатолій Антонович

Кібіревіч Володимир Анатолійович

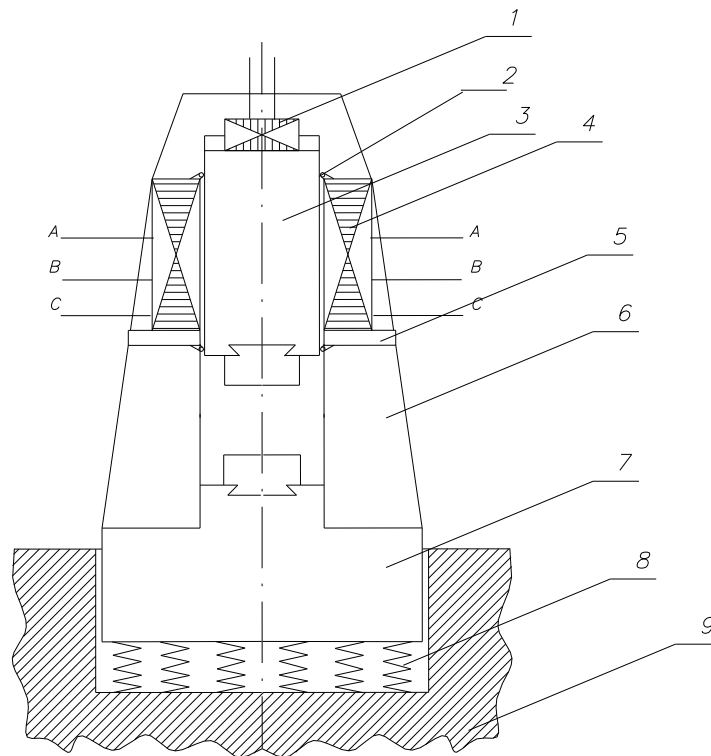
Кірієнко Тетяна Вікторівна

(73) Донбаська державна машинобудівна академія

(54) Безштоковий прес-молот

(57) Безштоковий прес-молот, що містить привод на базі лінійного двигуна з індуктором, що розташований на станині, рухливі частини (бабу), станину з напрямними для падаючої частини, шабот, з'єднаний зі станиною, демпфер, електромагніти й гальмо, які розташовані у верхній частині

станини; який відрізняється тим, що падаюча частина виконана без штока й рухається вона завдяки безпосередній дії на неї електромагнітного поля індуктора.



1 – електромагнітний демпфер, 2 – напрямний ролик, 3 – рухливі частини,
4 – індуктор, 5 – поперечка, 6 – станина, 7 – шабот, 8 – віброізоляція,
9 – фундамент

Рисунок 3.10 – Електромеханічний безштоковий штампувальний прес-молот (аналог)

3.3 Складання структурно-морфологічної таблиці для удосконалення конструкції молотів

Із усіх технічних прийомів активізації інженерної творчості найбільше застосування в інженерній практиці знайшов метод структурно - морфологічного аналізу. Цей метод полягає в тому, що для дослідження конструкції або машини складається структурно - морфологічна таблиця з переліком основних технічних характеристик і особливостей конструкції на основі відомостей з науково - технічної літератури, інформаційно-патентного пошуку й сучасних перспектив науково-технічних розробок.

У цій таблиці по стовпцях перераховуються основні параметри, а по рядках варіанти їхнього виконання.

Складемо структурно-морфологічну таблицю для вдосконалювання конструкції молотів

Таблиця 3.1 - Структурно-морфологічна таблиця

А-тип привода	В-тип передач	С-тип керування	Д-тип молота	Е-тип конструкції	F-тип напрямної	G-розташування привода
A1-Механічний	B1-ремінна	C1-ручне	D1-простої дії	E1-П-подібна	F1-плоска	G1-зовніш-не
A2-гідравлічний	B2-зубчаста	C2-полуавтоматичне	D2-подвійної дії	E2- 3-подібна	F2-трикутна	G2-бічне
A3-пневматичний	B3-фрикційна	C3-автоматичне	D3-кувальний	E3-аркова	F3-напів-кругла	G3-переднє
A4-електричний	B4-гідравлічна	C4-логічні елементи	D4-штампувальний	E4-мостова	F4-покрита антифрикційними матеріалами	G4-заднє
A5-лінійний асинхронний	B5-пневматична	C5-мікроконтролери	D5-шаботний	E5-складова	F5-підпружинена	G5-вбудоване
A6-електромагнітний	B6-електромагнітна	C6-EBM	D6-бесшаботний	E6-лита	F6-трапеція	G6 – обернене

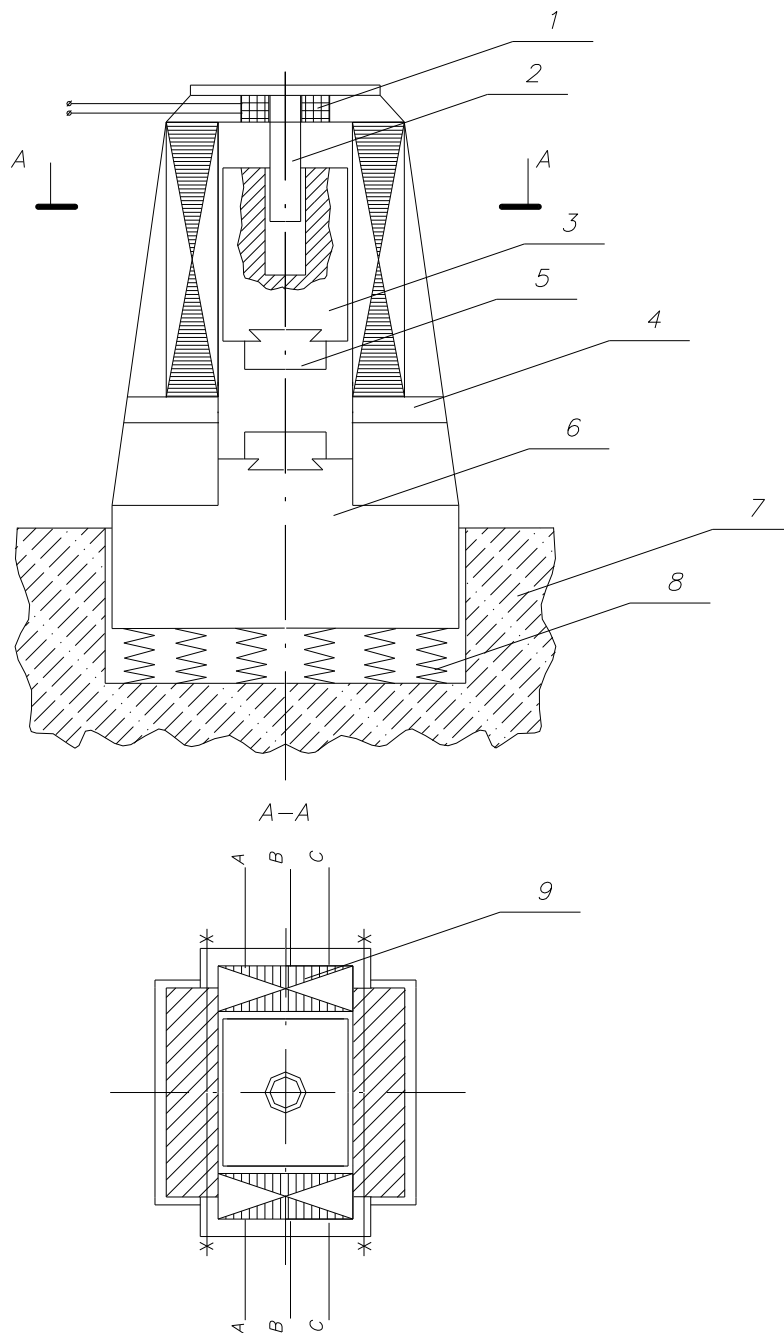
3.4 Розробка структурної формули для прототипу і її критичний аналіз

Складемо структурну формулу електромеханічного прес-молота
A5- B6- C1- (D2- D4- D5)- E5- F1- G2- H2

Критичний аналіз конструкції прототипу: недоліком такої конструкції є розташування індуктора збоку, що приводить до нагрівання станини від обмоток індуктора, немає можливості плавно регулювати число ходів.

3.5 Розробка нової конструкції електромеханічного прес-молота на основі структурно-морфологічної таблиці

A5- B6- C6- (D2- D4- D5)- E5- F2-- G2-(H3- H4)



1 – електромагнітне гальмо, 2 – демпфер 3 – баба, 4 – поперечка, 5 – бо-
йок, 6 – шабот, 7 – віброізоляція, 8 – фундамент, 9 – індуктор

Рисунок 3.11 – Електромеханічний безштоковий штампувальний
прес-молот (нова конструкція)

Формула винаходу: Штампувальний прес-молот, що містить при-
вод на базі лінійного двигуна, рухливі частини (бабу), станину й шабот з
віброізоляцією, гальмо, що відрізняється тим, що з метою спрощення
конструкції й підвищення надійності виконані безштоковими, а шток за-
мінений нерухомим плунжером, що створює разом з порожниною в рух-
ливих частинах додатковий пневматичний привод.

3.6 Дослідження параметрів і характеристики безштокового електромеханічного штампувального прес - молота по динамічній моделі

Математична модель електромеханічного прес-молота

Якщо рух бойка відбувається під дією власної ваги й електромагнітного поля індуктора, то рівняння руху має вигляд:

$$F_T + G_T - R = m \frac{d^2 x}{dt^2};$$

де F_T - тягове зусилля; G_T - вага рухливих частин молота; R - сили тертя перешкоджаючому руху штока баби молота; m - маса рухливих частин; t - час робочого циклу штампування; x - координата переміщення довбні молота;

Розділивши змінні й проінтегрувавши це рівняння, одержимо

$$\frac{F_T + 0,9G_T}{m} t + c = \frac{dx}{dt};$$

При початкових умовах, коли $t = 0$, $\frac{dx}{dt} = 0$, маємо $c = 0$.

Одержимо остаточно:

$$\frac{F_T + 0,9G_T}{m} t = \frac{dx}{dt}.$$

Інтегруючи це вираження, одержуємо

$$\frac{F_T + 0,9G_T}{m} \frac{t^2}{2} + C_T = x.$$

При початкових умовах: $t = 0$, $\frac{dx}{dt} = 0$, $x = 0$, - постійна $C_T = 0$, тоді

$$\frac{F_T + 0,9G_T}{m} \frac{t^2}{2} = x.$$

З останнього рівняння виразимо функцію часу:

$$t = \sqrt{\frac{2mx}{F_T + 0,9G_T}}, \text{ а при зворотному ході вона прийме вигляд :}$$

$$t = \sqrt{\frac{2mx}{F_T - 0,9G_T}}$$

Підставляючи отримане вираження в рівняння, одержимо формулу для розрахунку швидкості:

$$V = \frac{dx}{dt} = \sqrt{\frac{2(F_T + 0,9G_T)x}{m}}$$

Заміняючи функцію переміщення на величину штапового простору H , одержимо

$$V = \sqrt{\frac{2(F_T + 0,9G_T)H}{m}}, \text{ а при зворотному ході вона прийме вигляд :}$$

$$V = \sqrt{\frac{2(F_T - 0,9G_T)H}{m}}$$

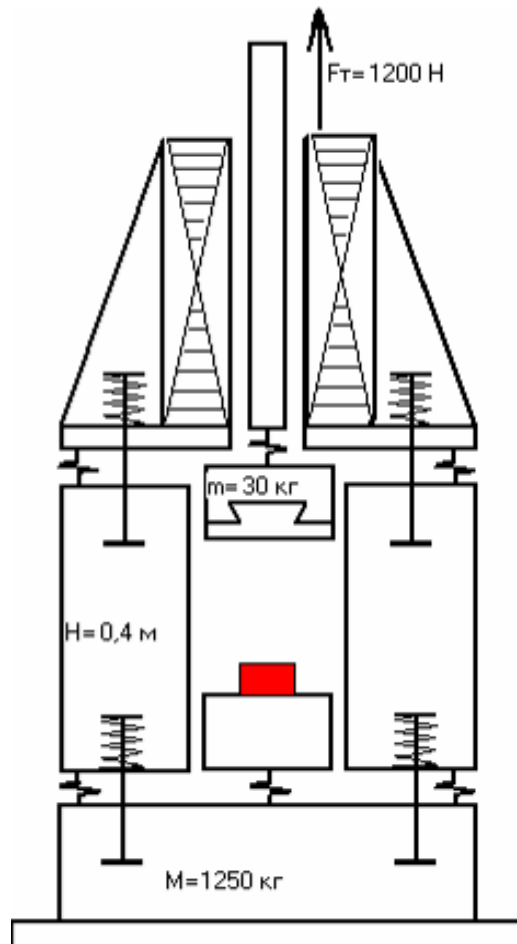


Рисунок 3.12 – Розрахункова схема динамічної моделі прес-молота

Вікно комп'ютерної програми представлено на рис. 3.13а. Після того як необхідні параметри задані зробимо розрахунок і одержимо графіки аналогічні рис. 3.13б.

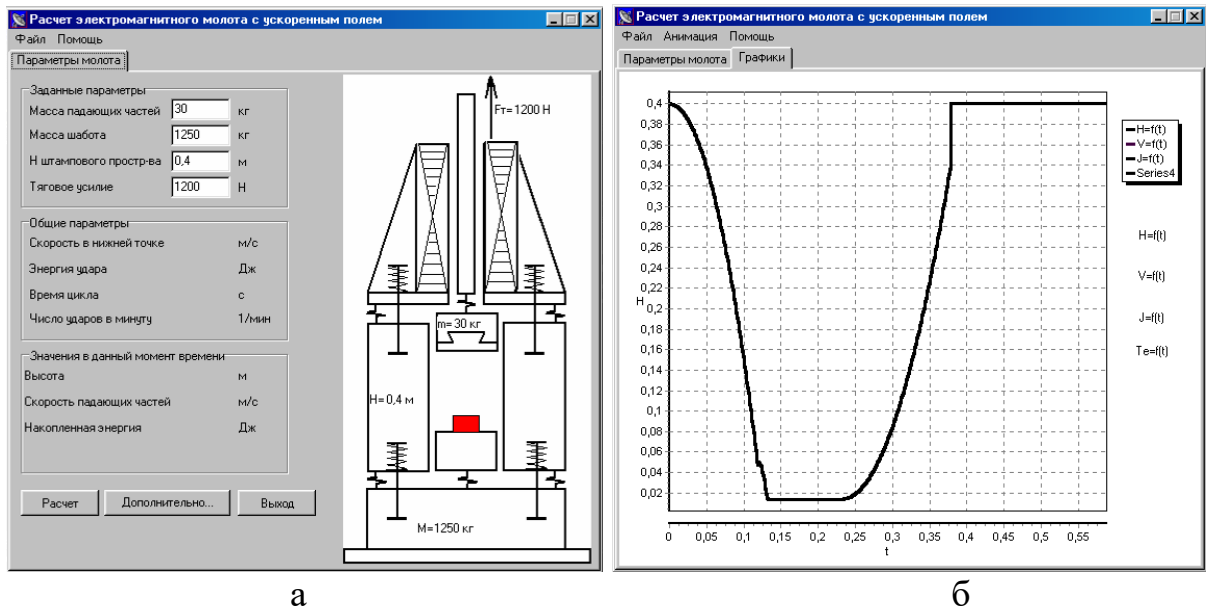


Рисунок 3.13 - Основне вікно програми динамічної моделі молота

Використовуючи комп'ютерну програму, одержимо значення швидкостей і енергій для різних режимів роботи прес-молота, міняючи масу падаючих частин і величину ходу. Дані, отримані при розрахунку, проаналізуємо й зробимо висновки про співвідношення швидкості, енергії й маси рухливих частин.

Змінні параметри: маса падаючих частин, m ; величина штампового простору – H ; тягове зусилля – F_T

Таблиця 3.2 – Залежність силових і динамічних параметрів від розмірів і маси рухливих частин

МПЧ, кг	Розміри рухливих частин, мм			Хід, мм	Тягове зусилля, Н	Швидкість, м/с	Енергія удару, Дж	Час циклу, с	Число ударів, хв ⁻¹
	Довжина, L	Ширина, B	Висота, H						
50	170	180	220	0.4	1466	5.53	763	0.64	93
100	170	180	440	0.4	2932	5.53	1525	0.64	93
150	200	180	530	0.5	4155	6.04	2739	0.695	86
200	220	180	645	0.6	5562	6.63	4395	0.73	82
250	250	180	705	0.7	6909	7.1	6379.8	0.77	78

Отримані графіки наведено на рис. 3.14 – 3.17.

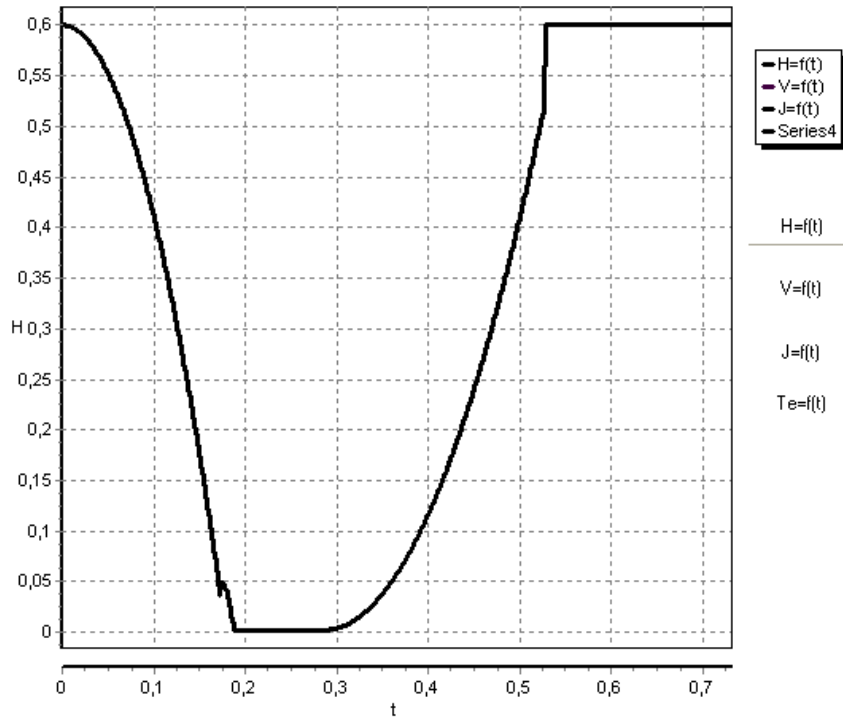


Рисунок 3.14 – Графік зміни ходу рухливих частин у часі

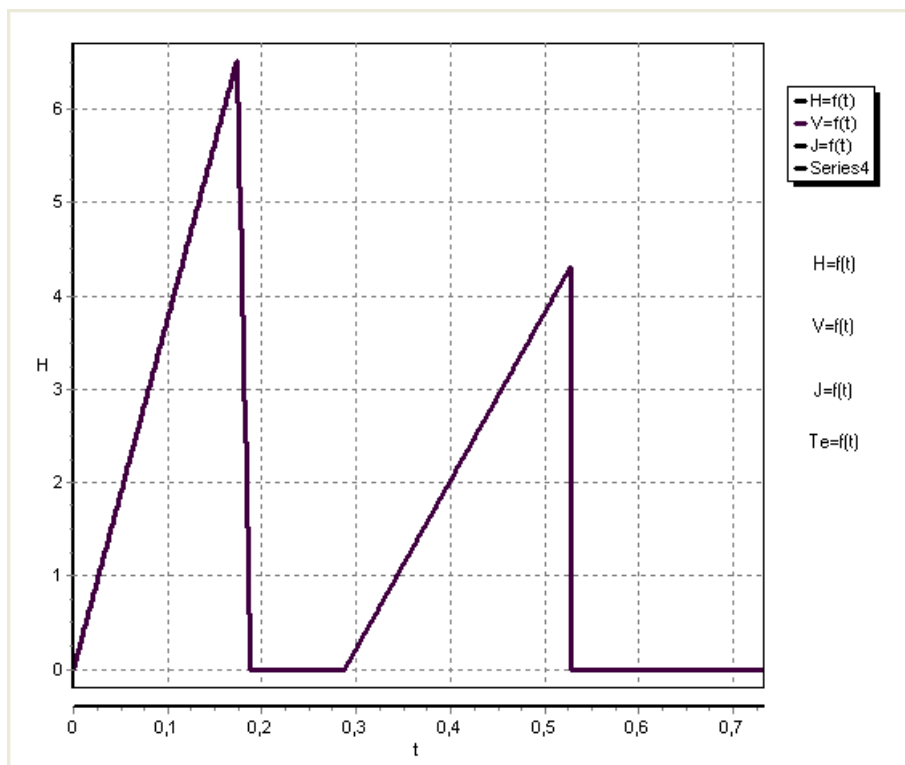


Рисунок 3.15 – Графік зміни швидкості рухливих частин у часі

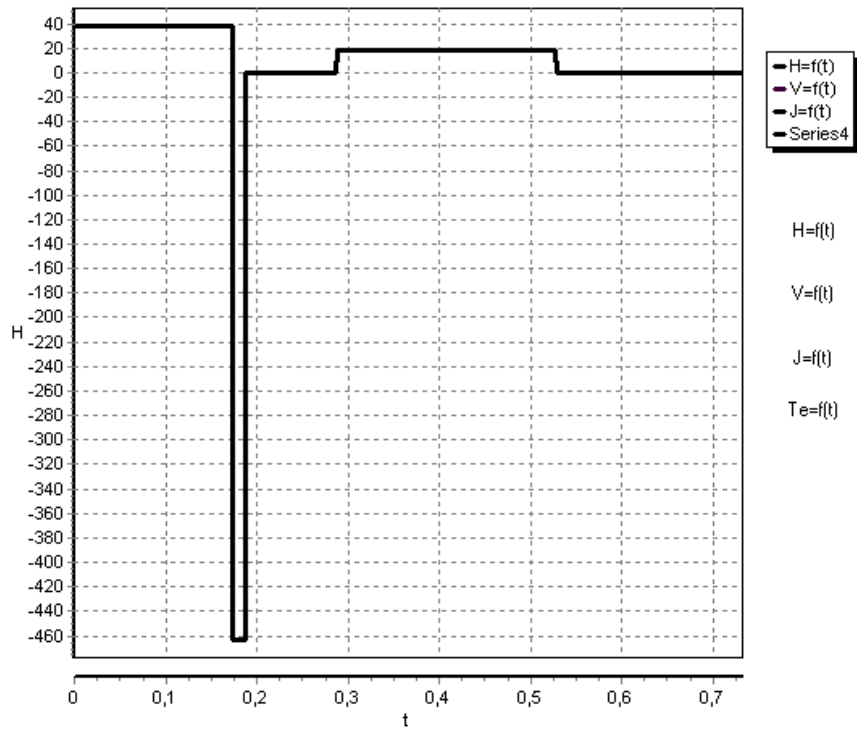


Рисунок 3.16 – Графік зміни прискорення у часі

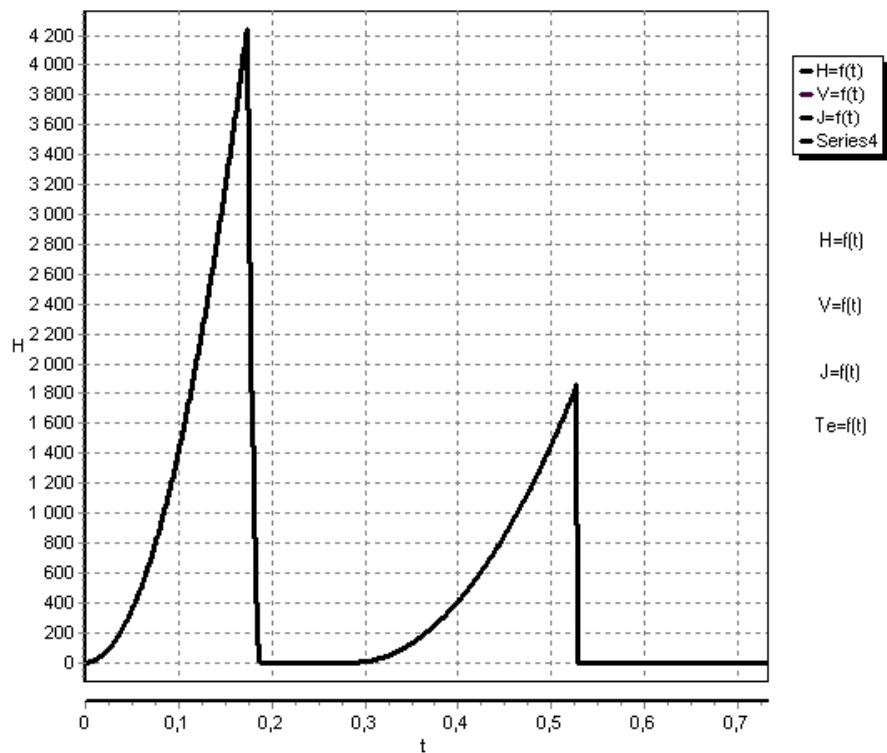


Рисунок 3.17 – Графік зміни енергії удару від часу

3.7 Розробка корисної моделі двоопераційного штампувального пресу без зворотного ходу

Корисна модель відноситься до галузі машинобудування, а саме до обробки матеріалів тиском і може знайти застосування при створенні ковальсько-штампувального обладнання з гвинтовим виконавчим механізмом [18, 19, 20].

Відома конструкція гвинтового пресу з муфтовим приводом (Патент RU2169077 С2, МІЖ ВЗО В1/18. Винтовой пресс с муфтовым приводом/ Сафонов А.В., Крук А.Т., Аверин В.В., Витков О.П. Воронежское ЗАО по выпуску тяжелых механических прессов. Заявл. 25.05.1999. Опубл. 20.06.2001), що містить змонтований у направляючих повзун з закріпленою у ньому гайкою, яку зчленовано нарізкою з гвинтом, розміщеним з можливістю обертання в опорах станини, приводний маховик з гвинтом, приводну муфту з веденим і ведучим натискними дисками та електродвигуном зворотного ходу. Для зменшення енергозатрат і спрощення та удешевлення конструкції преса та його експлуатації він поставлений встановленим на маховику редуктором, ведучий вал якого з'єднано з гвинтом, а ведений вал - з валом електродвигуна зворотного ходу, при цьому останній встановлено на маховику.

Також відома конструкція гідравлічного двоопераційного прес - молота (А.с. 450633 СССР, МПК В21 J11/00. Гидравлический двухоперационный прес - молот/ Роганов Л.Л. Заявл. 03.01.72. Опубл. 25.11.74. Бюл. №43), що містить станину, розміщений у станині гідравлічний циліндр з плунжером, який пов'язано з рухливою траверзою преса, встановлений на станині зворотній циліндр, а також бабу зі штоком. При цьому шток-баби розміщено в гідравлічному циліндрі плунжера траверзи, а в порожнині циліндра змонтовано направляючі для штока з вікнами, які поставлено регульованими засувками.

Найбільш близьким аналогом пристрою, що заявляється, обраним як прототип, є гвинтовий фрикційний дводисковий конічний прес (Бочаров Ю.А. Винтовые прессы. М.: Машиностроение, 1976. - с. 61, рис. 2.2, г), що містить електродвигун, клиноремінну передачу, лівий та правий диски, натискний гідроциліндр, маховик, ходовий гвинт, гайку, повзун. Загальними істотними ознаками відомого і приладу, що заявляється, є електродвигун, клиноремінна передача, лівий та правий диски, натискний гідроциліндр, маховик, ходовий гвинт, гайка, повзун.

Недоліком відомої конструкції гвинтового фрикційного пресу є низький к.к.д. і підвищений термін машинного циклу, який пов'язаний з наявністю зворотного ходу в машинному циклі пристрою.

В основу корисної моделі поставлена задача удосконалення гвинтового фрикційного пресу, у якому шляхом виконання його двоопераційним з відсутністю зворотного ходу забезпечується усунення вищезгаданого недоліку.

Поставлена задача вирішується тим, що гвинтовий фрикційний прес постачено віброізолюваною станиною, яка є направляючою для повзуна та утворює разом з ним додаткову робочу позицію у вигляді двох бойків.

Запропонована конструкція забезпечує відсутність зворотного ходу гвинтового фрикційного пресу у кожному робочому циклі навантаження.

Виконання гвинтового фрикційного пресу двоопераційним забезпечує підвищення загального к.к.д. пресу, скорочення терміну машинного циклу [5, 6].

Суть запропонованої корисної моделі пояснюється кресленням, на якому зображена схема гвинтового фрикційного двоопераційного штампувального пресу без зворотного ходу.

Гвинтовий фрикційний двоопераційний штампувальний прес без зворотного ходу (рис. 3.18). містить електродвигун 1, який через клиноремінну передачу 2 з'єднано з дисками 3 та 4, що керуються гідроциліндром 5. Маховик 6 жорстко з'єднано з ходовим гвинтом 7, який сполучається з гайкою 8. Останню в свою чергу жорстко з'єднано з повзуном 9.

Віброізолювана станина 10 є направляючою для повзуна 9 та утворює з ним додаткову робочу позицію у вигляді двох бойків - 11 та 12. У середині повзуна 9 встановлено бойки 13 та 14.

Гвинтовий фрикційний двоопераційний штампувальний прес без зворотного ходу працює таким чином.

У вихідному положенні електродвигун 1 працює, передаючи параметри руху через клиноремінну передачу 2 на вісь дисків 3 та 4. Останні не контактують з маховиком 6.

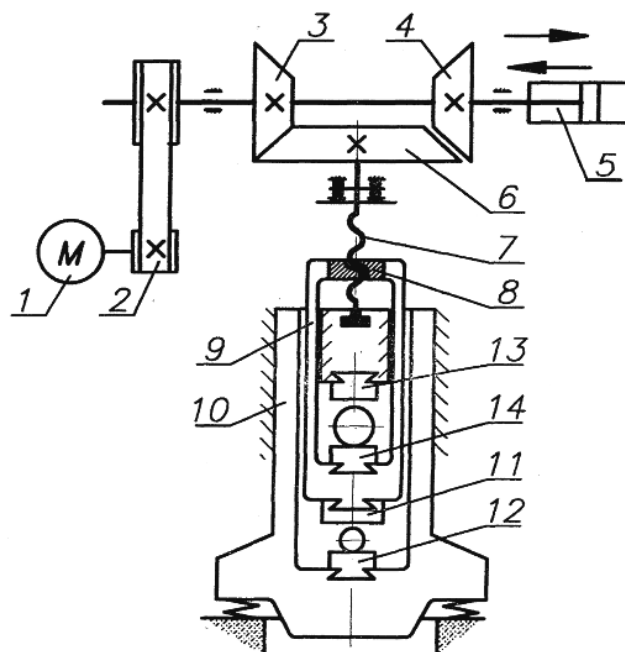


Рисунок 3.18 – Гвинтовий фрикційний двоопераційний штампувальний прес без зворотного ходу

Для здійснення деформування заготовки у бойках 13 та 14 циліндром 5 диск 3 притискується до маховика 6. Ходовому гвинту 7 надається обертів, повзун 9 починає рухатися уверх, деформуючи заготовку.

Для здійснення деформування заготовки у бойках 11 та 12 до маховика 6 циліндром 5 притискується диск 4. Ходовому гвинту 7 надається обертів, повзун 9 починає рухатися униз, деформуючи заготовку.

Таким чином здійснюється деформування заготовки на двох робочих позиціях та забезпечується усунення зворотного ходу з машинного циклу пресу.

Формула корисної моделі

Гвинтовий фрикційний двоопераційний штампувальний прес без зворотного ходу, що містить електродвигун, клиноремінну передачу, лівий та правий диски, натискний гідроциліндр, маховик, ходовий гвинт, гайку та повзун, відрізняється тим, що його постачено віброізолюваною станиною, яка є направляючою для повзуна та утворює разом з ним додаткову робочу позицію у вигляді двох бойків.

3.8 Удосконалення КПМ на базі частотно-регульованих електроприводів

При живленні трифазного асинхронного двигуна через перетворювач частоти ПЧ і регулятор напруги РН виникає можливість зміни швидкості у широкому діапазоні, що забезпечує подальше удосконалення КПМ і їх технологічних характеристик. Особливо це стосується ковальсько-пресових машин та установок з дугостаторними та лінійними асинхронними двигунами, в яких при поєднанні простоти конструкції привод з поширеним діапазоном регулювання швидкості виникають нові можливості і експлуатаційні характеристики.

Застосування частотно-регульованих приводів у гвинтових пресах та електромеханічних штампувальних молотах значно підвищує енергію обертального та поступального рухів, а також в разі необхідності плавно регулювати швидкість технологічних машин.

Зокрема в галузі порошкової металургії при змішуванні порошкових матеріалів і підготовки шихти до пресування використано змішувач періодичної дії з приводом від дугостаторного частотно-регульованого асинхронного електродвигуна.

Змішувач періодичної дії (рис. 3.19) складається із циліндричного барабана 1, внутрішня частина якого виконана у вигляді зрізаного конуса з кутом нахилу до основи рівним 15° . Це необхідно для полегшення вивантаження змішаної порошкової шихти. З торцевих сторін барабан 1 закритий кришками 3 і 4. У кришці 3 виконаний різьбовий отвір, призначене для завантаження й вивантаження порошкових матеріалів. При роботі змішувача, завантажувальний отвір закритий пробкою 2.

Кришки 3 і 4 охоплюють барабан 1 по його зовнішній поверхні й кріпляться до нього за допомогою болтів. По периметрі кришок з певним кроком виконаний ряд наскрізних отворів, у які вставлені мідні трубки 5. Кінці трубок 5, після їхньої установки, розклепуються. У кришку 3 запресована вісь 6, а в кришку 4 - осі 7.

Опорами барабана служать стійки 8, до яких установлені підшипники кочення 9. Стійки 8 кріпляться до плити 11 за допомогою болтів.

Під корпусом барабана 1 розміщений частотно-регульований дугостатор 10, що також прикріплений до плити 11 за допомогою болтів. Дугостатор 10 оснащений тиристорним перетворювачем частоти, що дозволяє безступінчато регулювати число обертів барабана 1, зберігаючи постійну величину крутного моменту.

Плита 11 кріпиться до рами (на рис. 3.19 не показана).

Робота змішувача періодичної дії здійснюється в такий спосіб. Порошкові матеріали, що змішують, у необхідній кількості засипаються через завантажувальний отвір за допомогою лійки в барабан змішувача 1. Після цього завантажувальний отвір закривається пробкою 2.

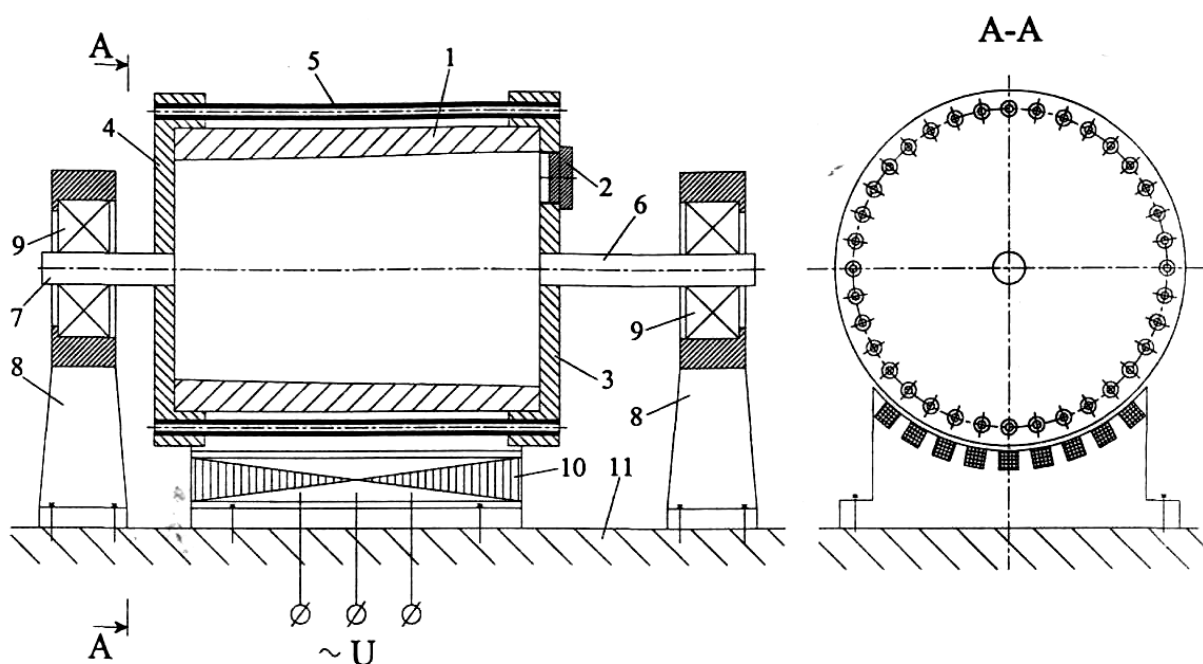


Рисунок 3.19 – Змішувач періодичної дії із приводом від дугостаторного частотно-регульованого асинхронного електродвигуна

При подачі на обмотку дугостатора 10 трифазного змінного струму в ньому створюється обертове (бігуче) електромагнітне поле, що, впливаючи на металеві елементи барабана 1 і мідні трубки 5, індукуючи в них вторинні струми, електромагнітні поля яких, взаємодіючи з основним полем

дугостатора 10, створюють обертаючий момент, і барабан 1 приводиться в обертання, перемішуючи порошкові матеріали.

Крім того, при наявності в порошковій шихті феромагнітних компонентів, електромагнітне поле буде впливати на змішувані матеріали (додаткове перемішування, розігрів, намагнічування та ін.), створюючи додатковий обертаючий момент.

ВИСНОВКИ

Для запропонованого варіанта складена структурна схема, описаний принцип дії електромеханічного штампувального прес-молота. Складена структурно - морфологічна таблиця. Розроблена нова конструкція, більш вдосконалена й спрощена. Складена форма винаходу на пропоновану заявку по промисловій моделі. Проведений інформаційно-патентний пошук по конструкції КПМ. Досліджено параметри й характеристику безштокового електромеханічного штампувального прес - молота по динамічній моделі.

Додаток А

Таблиця А1 – Варіанти завдань для гвинтових пресів

№	Маса маховика m_m , кг	Радіус маховика, R_m , м	Кількість обертів за хвилину, n , мин^{-1}	Маса повзуна m_p , кг	Швидкість повзуна, V_p , м/с	Хід повзуна, S , мм
1	50	0,5	600	400	2	200
2	60					
3	70					
4	50	0,6	650	450	2	250
5	60					
6	70					
7	60	0,6	700	500	2,2	260
8	70					
9	80					
10	60	0,7	750	550	2,3	270
11	70					
12	80					
13	70	0,7	750	600	2,4	300
14	80					
15	90					
16	80	0,8	770	650	2,5	350
17	90					
18	100					
19	90	0,9	800	700	2,6	400
20	100					
21	110					
22	100	1,0	850	750	2,7	450
23	110					
24	120					
25	130					

Додаток Б

Таблиця Б1 – Варіанти завдань для електромеханічних прес-молотів

№	МПЧ, кг	Маса шабона, кг	Н, м	F _T , Н
1	25	500	0,3	300
2	30	600		350
3	35	700		400
4	40	800		450
5	45	900		500
6	50	1000	0,4	550
7	55	1100		600
8	60	1200		650
9	65	1300		700
10	70	1400		750
11	75	1500	0,5	800
12	80	1600		850
13	85	1700		900
14	90	1800		950
15	95	1900		1000
16	100	2000	0,6	1050
17	105	2100		1100
18	110	2200		1150
19	115	2300		1200
20	120	2400		1250
21	125	2500	0,7	1300
22	130	2600		1350
23	135	2700		1400
24	140	2800		1450
25	145	2900		1500

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

- 1 **Зимин, А. И.** Машины и автоматы кузнечно-штамповочного производства /А. И. Зимин. – Ч.1.: Молоты. – М.: Машгиз, 1953. – 356 с.
- 2 **Роганов, Л. Л.** Гидроупругий и клиношарнирный приводы – основа создания новых машин и техпроцессов ОМД/ Сб. научн. статей, отв. ред. Соколов Л. Н. и др. – К.: УМК ВО, 1988. – С. 141-148.
- 3 **Бочаров, Ю. А.** Структурно-морфологическая классификация кузнечно-штамповочных машин и агрегатов / Ю. А. Бочаров // Кузнечно-штамповочное производство. – 1974. – №11. – С. 30-34.
- 4 **Живов, Л.И.** Кузнечно-штамповочное оборудование. Молоты, винтовые прессы, ротационные и электрофизические машины / Л. И. Живов, Г. А. Овчинников. – Киев: Выща шк., 1985. – 279с.
- 5 **Машиностроение. Энциклопедия** /ред. совет: К. В. Фролов (пред.) и др. Машины и оборудование кузнечно-штамповочного и литейного производства. ТIV – 4 /Ю. А. Бочаров, [и др.]; Под общ. ред Ю. А. Бочарова. – М. : Машиностроение, 2005. – 926 с. - ISBN 217-02416- X (TIV – 4)/
- 6 **Пат. 21256 Україна, МПК В 21 J 9/20.** Электрогвинтовой дугостаторный прес з додатковим електромагнітом / Роганов Л. Л., Кібіреєв А. А., Кириєнко Т. В.; заявник и власник патенту Донбаська державна машинобудівна академія. - № и 2006 08061; заявл. 17.07.2006; опубл. 15.03.2007. Бюл. № 3. – 2 с. : ил.
- 7 **Пат. 18515 Україна, МПК В 21 В 17/00, В 21 D 22/02.** Машина для згортання в трубу / Роганов Л. Л., Роганов М. Л., Корчак О. С.; заявник и власник патенту Донбаська державна машинобудівна академія. - № и 200604864; заявл. 03.05.2006; опубл. 15.11.2006. Бюл. № 11. – 2 с. : ил.
- 8 **Панкратов А.И.** Системи керування електроприводами: Навч. посібник з дисципліни „Системи керування електроприводами” (для студентів електромеханічних спеціальностей денної і заочної форми навчання). – Краматорськ: ДДМА, 2007. – 228 с. ISBN 978-966-379-193-7.
- 9 **Соколовский Г.Г.** Электроприводы переменного тока с частотным регулированием. – М.: АКАДЕМА, 2006. – 265 с.
- 10 **Скрыпник Ю.А.** Модуляционные измерения параметров сигналов и цепей. М.: «Сов. радио», 1975, 320 с.
- 11 **Калашников В.И.** Векторное управление асинхронным электроприводом: Учебное пособие. – Донецк, ДонНТУ, 2003. -141 с.
- 12 **Кузнечно-штамповочное оборудование** / А. Н. Банкетов [и др.].- М.: Машиностроение, 1970.- 600 с.
- 13 **Бочаров, Ю. А.** Винтовые прессы / Ю. А. Бочаров .- М.: Машиностроение, 1976.- 248 с.
- 14 **Живов, Л. И.** Кузнечно-штамповочное оборудование. Прессы / Л. И. Живов, А. Г. Овчинников.- Харьков: Изд-во при Харьков. ун-те, 1976.- 456 с.
- 15 **Живов, Л. И.** Кузнечно-штамповочное оборудование / Л. И. Живов, А. Г. Овчинников.- Киев: Вища школа, 1972.- 280 с.

16 **Кибирев, А.А.** Совершенствование привода некоторых машин ОМД на основе электродвигателей переменного тока //Сб. ДГМА - 2002. - С. 456-458.

17 Кібіреєв А.А., Кібіреєв В.А., Кірієнко Т.В. Безштоковий прес-молот.- 10.07.2007. Бюл №10, 2007.

18 **Кибирев, А.А.** Совершенствование привода винтовых прессов на основе линейных двигателей и силовых электромагнитов / А. А. Кибирев, Т. В. Кириенко // Сборник тезисов IV Международная научно-практическая конференция молодых ученых и специалистов «Интеллект молодых - производству 2005» -Краматорск: НКМЗ, 2005. - С.75-78.

19 Роганов Л.Л., Кібіреєв А.А., Роганов М.Л., Корчак О.С. Гвинтовий прес з реверсивним гідроімпульсним приводом - 15.09.2005. Бюл. №9, 2005.

20 Роганов Л.Л., Кібіреєв А.А., Роганов М.Л., Корчак О.С. Гвинтовий фрикційний двоопераційний штампувальний прес без зворотного ходу. – 15.11.2005. Бюл.№11, 2005.

Навчальне видання

**Л. Л. Роганов, А. І. Панкратов, А. А. Кібірєв,
Роганов М. Л.**

**УДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЙ ТА
СИСТЕМ ПРИВОДУ КОВАЛЬСЬКО-
ПРЕСОВИХ МАШИН**

Навчальний посібник

для студентів спеціальностей 7.090206, 7.090404

Редактор О.М. Болкова

Комп'ютерна верстка О.П.Ордіна

/2009. Підп. до друку Формат 60x84/16.
Папір офсетний. Ум. друк. арк. Обл.-вид. арк.
Тираж прим. Зам. №

Видавець і виготівник

«Донбаська державна машинобудівна академія»

84313, м. Краматорськ, вул. Шкадінова, 72

Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи до державного реєстру
серія ДК № 1633 від 24.12.2003