

РОЗРОБКА МУЛЬТИРЕЖИМНОГО РЕГУЛЯТОРА ТИСКУ ТА ПОТОКУ ІНЖЕКЦІЙНОГО ВУЗЛА ТЕРМОПЛАСТАВТОМАТА

Проведен анализ принципиальных схем гидроприводов термопластавтоматов (ТПА), выявлены их недостатки и предложена схема гидропривода инжекционного узла ТПА на основе мультирежимного регулятора потока и давления, отвечающая современным требованиям к работе ТПА.

Basic circuits of the hydraulic drives for injection molding machines (IMM) are analyzed, their shortcomings are revealed and a circuit for the hydraulic drive of IMM injection unit on the basis of a multimode regulator of pressure and flow is proposed. The developed circuit meets modern requirements to IMM operation.

Вступ

У зв'язку із постійним зростанням попиту на товари повсякденного вжитку, які виготовлено із пластмас, підприємства переробної промисловості отримали новий імпульс для розвитку та оновлення матеріально-технічної бази.

На сучасному етапі розвитку переробної промисловості значну кількість пластмасових виробів отримують за допомогою інжекційного лиття в термопластавтоматах (ТПА).

Оскільки основною метою діяльності підприємства є отримання прибутку, то головними напрямками вдосконалення технічного рівня гідрофікованих ТПА є підвищення продуктивності та гнучкості виробництва, що пов'язано з необхідністю пристосовуватися до потреб споживача.

Тому головним завданням модернізації існуючих ТПА та створення нових є висока надійність роботи (для забезпечення максимальної продуктивності верстат має працювати у три зміни) та швидкість переналадження на випуск нової продукції.

Спираючись на особливості перебігу робочого циклу ТПА, можна сформулювати наступні вимоги до його гідросистеми:

1. Робота гідропривода ТПА повинна бути стійкою на всіх етапах ливарного циклу.

2. Елементи гідропривода повинні мати високу надійність роботи.

3. Гідропривод повинен працювати з високою точністю відтворення ливарного циклу (потік та тиск лиття).

4. ТПА повинен працювати з максимальною продуктивністю, для чого необхідно:

- прискорити процес відкриття-закриття форми, забезпечуючи при цьому зменшення тиску для запобігання пошкодженню форми;

- прискорити процес набору матеріалу, причому потрібно контролювати величину протитиску в штоковій порожнині гідроциліндра вприску.

5. З метою забезпечення якості готових деталей необхідно:

- контролювати швидкість вприску матеріалу в форму;

- забезпечити зміну тиску протягом витримки матеріалу за визначеним законом.

6. Гідропривод ТПА повинен бути енергоефективним.

ТПА вирізняються великою різноманітністю схем та конструкцій гідроприводів.

Результати досліджень

Розглянемо гідравлічну схему термопластавтомата (ТПА) Д-3328, яку показано на рисунку 1 [2].

Гідросистема ТПА складається з бака 41, фільтра 37, двох насосів 34 і 36 продуктивністю відповідно 100 і 8 л/хв, гідромотора привода черв'яка пластикатора 10, гідроциліндра 11, поршень якого 12 служить для осьового переміщення черв'яка при впорскуванні, коливного гідроциліндра 25, що призводить до дії колінчастого-важільного механізму змикання, серії керуючих золотників, регуляторів тиску, дроселів і кінцевих вимикачів.

При запуску машини включається електродвигун 33 привода масляних насосів, а також електромагніти 1Е і 2Е. Електромагніт 1Е переміщує золотник 30, що підключає до напірної магістралі А регулятор тиску 29, а 2Е переміщує реверсивний золотник у пристрої 40 ліворуч, сполучаючи магістраль 28 з магістраллю 27, по якій масло надходить до штокової порожнини циліндра 25. Поршень 23 починає рухатися донизу, важелі 2 випрямляються, а плита 3 переміщується по колонах 4, закриваючи форму. У магістралі 27 встановлено золотник гідравлічного блокування 22, що спрямовує масло на злив у тому випадку, якщо оголожа форми не закрита. В кінці ходу, коли форма закрита, рухома плита натискає на кінцевий вимикач 1КВ, що включає електромагніти 3Е і 4Е, причому 4Е пере-

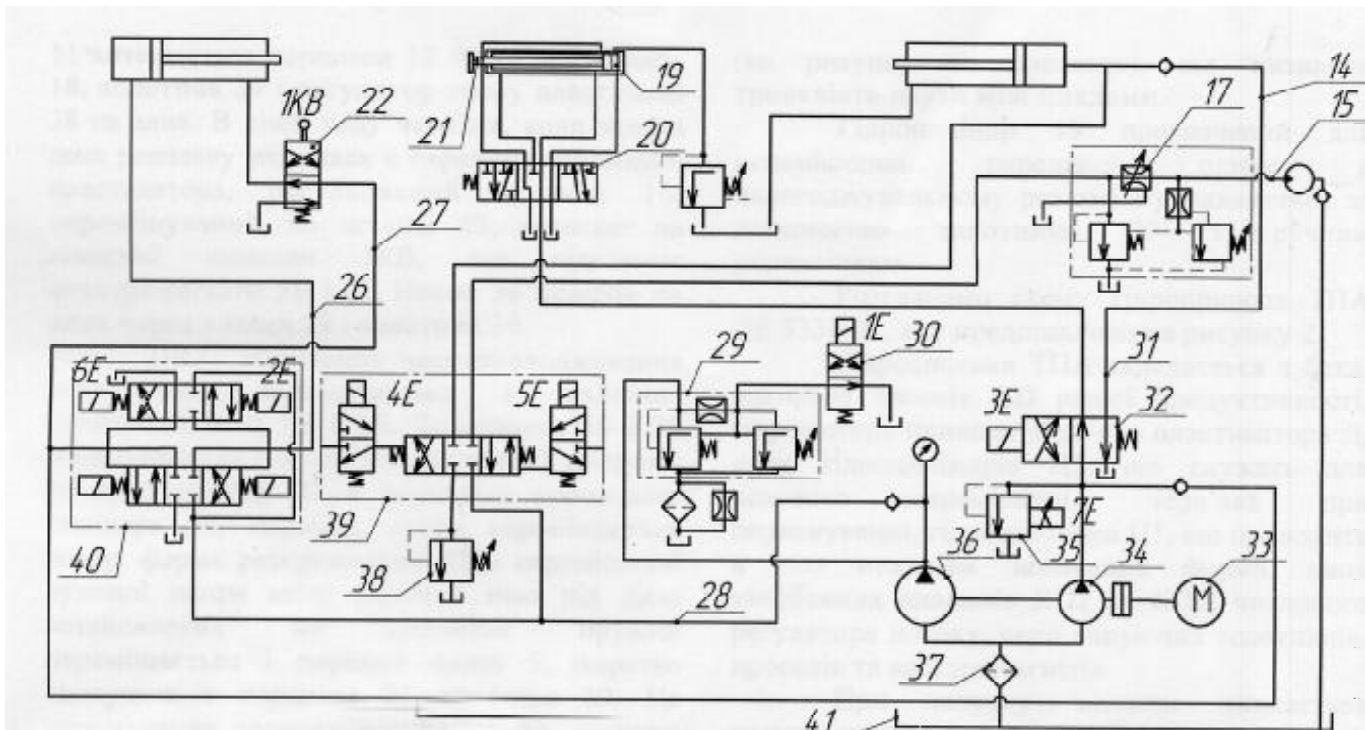


Рисунок 1— Принципова гідравлічна схема ТПА Д-3328.

міщає золотник 39 вправо, сполучаючи магістралі 28 і 18. При цьому масло від високопродуктивного насоса 36 надходить до поршневої порожнини гідроциліндра впорскування. Електромагніт 3Е переміщує золотник 32 праворуч, сполучаючи магістраль 31 з насосом високого тиску 34. Потік масла від насоса 34, пройшовши через зворотний клапан 14, зміщується з потоком масла від насоса 36, що нагнітається до циліндра впорскування 11. Внаслідок осьового переміщення поршня 12 черв'як пластикатора впорскує розплав у форму. У міру заповнення форми тиск у системі впорску збільшується.

Одночасно збільшується і тиск масла у гідросистемі впорску (магістралі 18 і 31). Коли воно досягає граничного значення, спрацьовує запобіжний клапан 29, і масло від насоса 36 спрямовується на злив. Тиск у магістралі А знижується, і зворотний клапан А1 закривається, відрізаючи магістраль 28 від насоса 36. Подальший рух поршня здійснюється під дією потоку масла, що надходить від насоса високого тиску 34. На цій стадії тиск впорскування контролюється регулятором тиску 35.

В кінці ходу черв'яка, коли задана доза розплаву впорскнута до форми, спрацьовує кінцевий вимикач 2КВ, що відключає електромагніти 1Е, 2Е і 4Е. Одночасно включається реле часу I витримки матеріалу під тиском (на рисунку не показано). Після закінчення часу витримки перше реле часу відключає електромагніт 3Е, при цьому золотник 32 зміщується ліворуч, від'єднуючи магістраль 31 від насоса високого тиску. Одночасно включається реле часу II (на рисунку не показано), що визначає тривалість стадії охолоджуван-

ня, і електромагніти 5Е і 1Е. Золотник 30 знов від'єднує магістраль А від лінії зливу, а золотник 39, переміщуючись ліворуч, сполучає магістраль 28 з магістраллю 15, по якій масло потрапляє до гідромотора 10. Швидкість обертання черв'яка, що приводиться через редуктор 9, регулюється дроселем 17. У міру накопичення дози розплаву черв'як зміщується праворуч, і масло з циліндра 11 витісняється поршнем 12 через магістраль 18, золотник 39 і регулятор-тиску пластикації 38 на злив. У кінці ходу черв'яка, коли задана доза розплаву зібралася у передній порожнині пластикатора, регульований кулачок 16, переміщуваний штангою 13, натискає на кінцевий вимикач 3КВ, що відключає електромагніти 5Е і 1Е. Насос 36 працює на злив через клапан 29 і золотник 30.

По закінченні терміну охолоджування реле часу відключається і включає електромагніти 1Е і 5Е. Золотники 30 і 39 переміщуються, і масло з магістралі 28 потрапляє через трубопровід 26 до поршневої порожнини циліндра 25, поршень якого переміщується доверху; форма розкривається. При переміщенні рухомої плити ліворуч разом з нею під дією встановлених на колонках пружин переміщується і передня плита 5, жорстко сполучена з поршнем 21 циліндра 19. Це переміщення продовжується до тих пір, поки поршень 21 не перекриє отвори а і б, через які масло виходить з циліндра 19.

У кінці ходу розмикання рухома плита діє на кінцевий вимикач 4КВ, що відключає електромагніти 1Е і 6Е і включає реле часу III (на рисунку не показано), що визначає тривалість паузи між циклами.

Гідроциліндр 19 призначено для переміщення передньої плити у налагоджувальному режимі і управ-

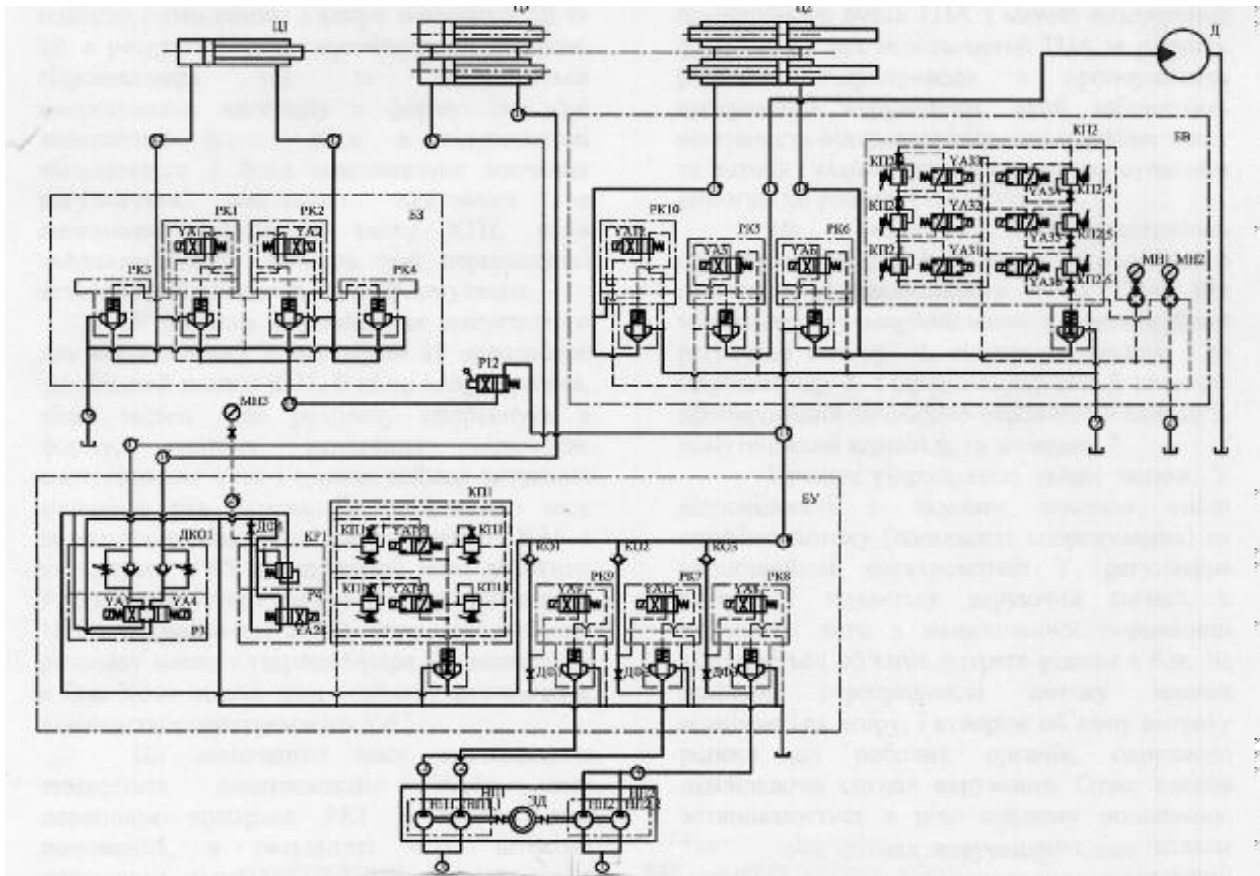


Рисунок 2 — Принципова гідравлічна схема ТПА ДЕ 3330-Ф1.

ляється за допомогою золотника 20 з ручним керуванням.

Розглянемо схему гідропривода ТПА ДЕ 3330-Ф1 на рисунку 2.

Гідросистема ТПА складається з бака, чотирьох насосів НП різної продуктивності, гідромотора привода черв'яка пластикатора Д, двох гідроциліндрів Ц2, що служать для осьового переміщення черв'яка при вприскуванні, гідроциліндра Ц1, що приводить до дії механізм замикання форми, двох запобіжних клапанів КП1 та КП2, числового регулятора потоку, серії керуючих золотників, дроселів та електромагнітів.

При запуску машини вмикається електродвигун привода масляних насосів, від яких робоча рідина трьома незалежними потоками надходить до числового регулятора потоку, в якому відповідно до заданого системою керування сигналу на електромагніти створюється визначена величина протитиску на клапанах, у результаті чого частина потоку від кожного з насосів зливається до бака.

Далі потоки робочої рідини, пройшовши через зворотні клапани КО1, КО2, та КО3, змішуються та нагнітаються по гідролінії 10 до блоку замикання форми, у якому міститься золотник гідравлічного блокування Р12, який направляє потік на злив у випадку незакритої огорожі форми.

Електромагніт YA2 встановлює золотник РК2 в крайнє праве положення, в результаті чого гідролінія

13 з'єднується з напірною магістраллю 10, а електромагніт YA1 переміщує золотник РК1 в крайнє праве положення, з'єднуючи тим самим гідролінію 12 з гідролінією 9.

У результаті робоча рідина подається до штокової порожнини Ц1, шток втягується, випрямляючи колінчасто-важільний механізм, і замикає форму. Рідина з поршневої порожнини гідроциліндра Ц1 зливається по гідролінії 9 до бака.

У кінці ходу форми система керування подає сигнал на електромагніт YA6, який переміщує золотник РК6 в крайнє ліву позицію і тим самим з'єднує магістралі 10 та 18, в результаті чого переміщується поршень гідроциліндра Ц2 та здійснюється вприскування матеріалу в форму. В міру заповнення форми тиск у гідросистемі збільшується і його максимальне значення регулюється системою керування за допомогою регулятора тиску КП2, який направляє масло на злив при перевищенні встановленої величини тиску формування.

У випадку перевищення допустимого для насосів тиску в магістралі 10 спрацьовує запобіжний клапан КП1. У кінці ходу черв'яка, коли задана доза розплаву вприскнута в форму, система керування відключає електромагніт YA2 і вмикає таймер витримки матеріалу під тиском. По закінченню часу витримки вимикається електромагніт YA6 і вмикається YA5, в результаті чого золотник РК5 переміщується праворуч і з'єднує магістраль 10 та гідродвигун Д. У міру накопи-

чення розплаву масло з гідроциліндра Ц2 зливається до бака. Коли задану дозу розплаву накопичено, вмикається електромагніт YA5.

По закінченні часу охолодження вмикається електромагніт YA1, який переміщує золотник РК1 в крайнє ліве положення, в результаті чого штокова порожнина гідроциліндра Ц1 з'єднується з напірною магістраллю 10 і форма розмикається. Після відкриття форми вмикається електромагніт YA1 та вмикаються електромагніти YA8, YA9, та YA13, через що масло від насосів подається на злив. Одночасно вмикається таймер витримки паузи між циклами.

Показані схеми гідроприводів не повною мірою відповідають вимогам, що ставляться до роботи ТПА, хоча і використовуються дотепер на підприємствах переробної галузі. Бажаний профіль тиску та швидкості під час їх роботи апроксимують за допомогою ступінчастої зміни керованої величини, що зумовлює досить значні витрати часу при переналагодженні, адже робітник вручну методом спроб та помилок визначає необхідні налаштування робочих параметрів ТПА. До того ж така ступінчаста зміна робочих параметрів часто призводить до появи дефектів на поверхневому шарі готового виробу, або ж до погіршення його експлуатаційних характеристик.

Оскільки якість поверхневого шару найбільше залежить від тиску формування та швидкості впорскування матеріалу, було прийнято рішення про модернізацію інжекційного вузла ТПА з метою розширення функціональних можливостей ТПА за рахунок розробки гідропривода з пропорційним програмним керуванням, який забезпечить можливість підтримки заданого профілю тиску та потоку і відповідатиме при цьому сучасним вимогам до роботи ТПА.

На рисунку 3 показано принципову гідравлічну схему розробленого гідропривода інжекційного вузла ТПА. Він містить нерегульований насос 1, пропорційний регулятор потоку 2, гідророзподільник 3 та гідроциліндр 4. Гідророзподільник 3 включає пропорційний запобіжно-переливний клапан 5, комутаційний клапан 6, та золотник 7.

Працює гідропривод таким чином. У відповідності з заданим законом зміни профілю потоку (швидкості впорскування) на пропорційний електромагніт Y1 регулятора потоку 2 подається керуючий сигнал, і тоді з надклапанної порожнини відбувається об'ємна витрата рідини до бака. За законом нерозривності потоку клапан піднімається догори і створює об'ємну витрату рідини до робочих органів, одночасно підсилюючи сигнал керування. Отже клапан встановлюється у рівноважному положення, яке відповідає значенню вставки електромагніта Y1 за рахунок реалізації гідравлічного зворотного зв'язку.

Оскільки згідно з робочим циклом ТПА до зливу та нагнітання до штокової порожнини гідроциліндра 4 не ставляться особливі вимоги, то вона з'єднується з нагнітальною лінією через золотник 7, що керується електромагнітом Y4.

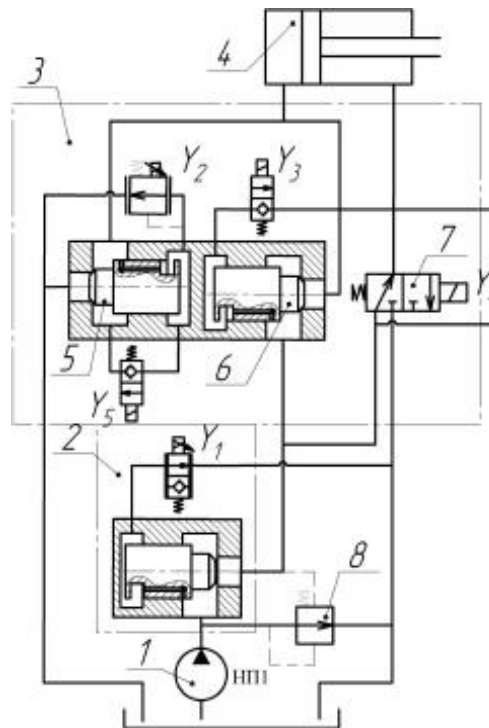


Рисунок 3 — Принципова схема запропонованого гідропривода інжекційного вузла ТПА.

Швидкість впорскування визначається налаштуванням пропорційного регулятора 2, а тому в лінії керування клапаном комутації 6 поршневої порожнини гідроциліндра 4 встановлено дискретний електромагніт Y3.

На етапі формування виробу (витримка під тиском) необхідно чітко дотримуватися заданого профілю тиску. Для цього в лінію керування клапаном 5, паралельно золотнику, що керується дискретним електромагнітом Y2 встановлено пропорційний запобіжно-переливний клапан тиску. При досягненні тиску в поршневій порожнині гідроциліндра заданого значення, через клапан тиску створюється об'ємна витрата рідини, основний клапан піднімається догори, посилюючи витрату рідини до бака до тих пір, поки величина тиску в гідроциліндрі не дорівнюватиме заданій.

Послідовність спрацьовувань окремих клапанів в розподільнику 3 та регулятора потоку 2 задається керуючою програмою промислового логічного контролера (ПЛК), що дає змогу значно прискорити переналагодження ТПА протягом зміни технологічних умов чи переналагодження на випуск нової продукції.

Також при розробці конструкції регулюючої апаратури було використано однотипні регулятори, які монтуються у модульний мультирежимний блок підвищеної герметичності, причому функціональний набір такого блока може бути підібраний відповідно до поставлених задач, що дозволяє використовувати його у гідроприводах різного призначення.

Висновки

Проаналізовано існуючі схеми та конструкції гідроприводів ТПА та виявлено їх основні недоліки:

- забезпечення лише ступінчастої зміни величини тиску та потоку в гідросистемі ТПА;
- відсутність забезпечення одночасного контролю тиску та потоку відповідно заданому закону.

Представлено розроблену схему гідропривода інжекційного вузла ТПА на основі мультирежимного регулятора, що забезпечує одночасну підтримку заданого закону зміни тиску та потоку під час впорскування та витримки матеріалу під тиском.

Література

1. Торнер, Р. В. Оборудование заводов по переработке пластмасс. // Р.В. Торнер, С.М. Акутин. — М.: Химия, 1986. — 400 с.
2. Абрамов, Е.И. Элементы гидропривода. Справочник // Е.И. Абрамов, К.А. Колісниченко, В.Т. Маслов. — К: Техніка, 1977. — 320 с.
3. Eriksson, Bjorn. A Novel Valve Concept Including the Valvistor Poppet Valve / Bjorn Eriksson, Jonas Larsson, Jan-Ove Palmberg // The Tenth Scandinavian International Conference on Fluid Power, 2007. — С. 355—364.

Надійшла 1.10.2012 року