

23. Walczyk J. Analysis of Wheel Reactions and Specific Pressures During Work of Timberjack 1270B Harvester.- In: Logging and Wood Processing in Central Europe. Proceedings.- Kostelec nad Cernymi Lesy 20 - 21 June 2007.- ISBN 978-80-213-1652-2.- CULF Prague, 2007.- P.134-138.

24. Kormanek M., Walczyk J. Oddziaływanie Kol Ciągników Zrywkowych na Glebę Lesna. Inżynieria Rolnicza.- 2000.- 7.- P.77-84.

25. Библиук Н., Стиранівський О., Библиук М., Бойко М., Щупак А. Методичні підходи до удосконалення технології гірської лісозаготівлі з урахуванням екологічних вимог.- Науковий вісник національного аграрного університету.- 2002. вип54.- Київ.- с.128-138.

26. Водяник И.И. Воздействие ходовых систем на почву (научные основы).- М.: Агропромиздат, 1990.- 172 с.

27. Timberjack. Product Program.- 40 p.

28. Produktverzeichnis. VALMET. KOMATSU.- 2007.- 35 p.

29. PONSSE. Product Line.- 35 p.

30. Kuchta T., Dvorak J. Prodejní Program Firmy Lesnicka Obhodni Spol. SRO.- In: Moderni Tezebné Dopravní Technologie a Mechanizované Zpracování Tezebných Zbytků. Sb.ref.- 4 Dubn.2007.- Kostelec nad Cernými Lesy. CZU v Praze.- ISBN 978-80-213-1628-7.- P.61-64.

31. Sereďa P. Prodejní Program Firmy Reparoservis.- In: Moderni Tezebné Dopravní Technologie a Mechanizované Zpracování Tezebných Zbytků. Sb.ref.- 4 Dubn. 2007.- Kostelec nad Cernými Lesy. CZU v Praze.- ISBN 978-80-213-1628-7.- P.49-55.

32. Енохович А.С. Справочник по физике.- М.:Просвещение/ 1978.- 415 с.

33. Kopeckı Z. Hydraulicke Load Sensing Systemy.- In: Mobilne energetické prostriedky-Hydraulika-Zivotne prostredie-Ergonomia Mobilnych Strojov. Zborn. medz. ved. konf. Zvolen 13 sept. 2005 ISBN 80-228-1488-1. - TU vo Zvolene.-P.108-113.

УДК 621.22

П.М.Андренко, канд.техн.наук, І.П.Гречка

НТУ «Харківський політехнічний інститут» м.Харків, Україна

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ГІДРОПРИВОДА ВЕРСТАТА ДЛЯ НАМОТУВАННЯ ОБМОТОК ЕЛЕКТРОДВИГУНІВ

Rассмотрены факторы и проведен анализ влияния типа привода на показатели технического уровня намоточных станков. Установлено, что наиболее высокие показатели технического уровня станка обеспечит следящий гидропривод, построенный на базе гидроаппаратуры с гидравлическим управлением. Показано влияние чувствительности к управляющим сигналам и точности поддержания давления в гидроприводе гидрораспределителя на стабильность силы натяжения провода.

Factors are considered and the analysis of influence such as a drive on parameters of a technological level rewinding machine tools is lead. It is established, that the highest parameters of a technological level of the machine tool will be provided with the watching hydrodrive constructed on the basis of the hydroequipment with hydraulic management. Influence of sensitivity managing signals and is shown accuracy maintenance pressure in a hydrodrive of changeover valve on stability of force of a tension of a wire.

Вступ. Стрімкий розвиток радіоелектронної, приладобудівної та електротехнічної промисловості обумовлено тим, що електричні та електронні засоби автоматизації знаходять усе ширше застосування в різних галузях промисловості. Невід'ємними складовими цих засобів є елементи, які виготовляються шляхом намотування, це: електродвигуни, електромагніти, реле, котушки індуктивності, трансформатори і т. і.

Як відмічено у роботі [1], об'єм намотувальних робіт у технологічних процесах виробництва радіоелектронної апаратури складає 15–20% від їх загальної трудомісткості, а для деяких виробів до 50%. При цьому, якість виконання намотування, у значній мірі, визначає якість усього виробу. Так, вихідні характеристики, а отже і технічний рівень електродвигуна, значною мірою, залежать від коливань сили натягу дроту. Зазначимо, що зміна сили натягу обмотки електродвигуна впливає на щільність намотування дроту, яка визначає потужність та момент на його виході. Чим вище щільність намотування дроту, тим вище потужність і момент на валу електродвигуна [2]. Таким чином, підтримування постійної сили натягу дроту забезпечує високі вихідні характеристики електродвигуна та інших виробів.

Зниження трудомісткості, підвищення продуктивності праці і точності виготовлення обмоток потребують вирішення цілої гами питань, які пов'язані з: технологічністю елементів, що випускаються; можливістю автоматизації виробничого процесу; вибором схеми утворення витка обмотки та кінематичної і конструктивної схем намотувального верстата і технологічної оснастки.

Аналіз факторів, які впливають на показники технічного рівня намотувальних верстатів. Цей аналіз показав, що рівень автоматизації процесу намотування ще не достатньо високий. Так, у верстатах, технічні характеристики яких наведені в [3, 4] для виконання допоміжних операцій використовуються малопродуктивні механічні пристрої. В деяких верстатах, наприклад, описаного в [5], швидкість намотування набагато нижче, ніж швидкість, яка допускається для даного виду намотувальних робіт. Крім того, технічний рівень намотувального верстата залежить від його точності: геометричної; механізмів і пристроїв, які забезпечують формоутворення обмотки; кінематичних ланцюгів, а також точності процесу намотування, яка визначається, головним чином, натягом дроту, швидкістю і подачею [6].

В процесі намотування, натяг дроту є основним технологічним фактором, який визначає якість і продуктивність намотувального процесу. Оптимальний натяг $T_{\text{опт}}$ знаходиться між максимально $T_{\text{макс}}$ і мінімально $T_{\text{мін}}$ граничними натягами. Основні критерії вибору допустимого натягу дроту наведені у роботі [6]. При використанні, в якості критерію, механічної деформації дроту по розтягненню, максимально допустимий натяг дроту визначається із залежності:

$$T_{\text{макс}} = k_3 \sigma_{\text{п}} F_{\text{м}} = k_3 T_{\text{п}},$$

де k_3 – коефіцієнт запасу, $k_3 = 0,8 \div 0,85$; $\sigma_{\text{п}}$ – межа пропорційності; $T_{\text{п}}$ – натяг, що відповідає межі пропорційності; $F_{\text{м}}$ – площа поперечного перерізу дроту.

В процесі намотування, натяг дроту не залишається постійним, а коливається біля свого середнього значення. Причини коливання натягу наступні: зміна діаметру дроту, внаслідок неточності його виготовлення; зміна діаметру котушки, з якої змотується дріт і западання верхніх рядів витків при змотуванні дроту з неї; зміна кута змотування дроту; ексцентриситет котушки, з якої змотується дріт; інерційність пристроїв, які гальмують котушку та дріт; ексцентриситет направляючих роликів і прийомного

каркасу; відмінність форми прийомного каркасу від круглої; вимушені коливання дроту і механізмів верстата і т. і.

Сумарний натяг у технологічній системі котушка–дріт–каркас з осьовим змотуванням складається із наступних складових:

$$T_{\Sigma} = T_c + T_{\phi} + T_{н.у} + T_{т.у.п.} + T_{у.п.},$$

де T_c – натяг в точці сходження дроту з котушки, з якої змотується дріт; T_{ϕ} – натяг в балансуєчій частині дроту; $T_{н.у}$ – натяг при проходженні дротом направляючих і формуючих пристроїв; $T_{т.у.п.}$ – натяг при проходженні дротом гальмівних пристроїв; $T_{у.п.}$ – натяг, викликаний прискореним рухом дроту, внаслідок відхилення форми каркасу від циліндричної, ексцентриситету каркасу і т. п.

Таким чином, сумарний натяг дроту, суттєвим чином, залежить від точності виготовлення верстата, стабільності параметрів дроту, інерційності механізму намотування та здатності ним підтримувати постійною силу натягу.

Тривалість робочого циклу виготовлення обмотки $T_{ц}$, який визначає продуктивність верстату, складається із часу безпосереднього намотування t_n , за який намотується задана кількість витків обмотки, початкового допоміжного часу $t_{в.н.}$, який затрачується на виконання різного роду прийомів і переходів перед початком намотування, і кінцевого допоміжного часу $t_{в.к.}$, який затрачується на виконання прийомів і переходів після закінчення намотування. $T_{ц}$, в хв. дорівнює [7]:

$$T_{ц} = t_{в.н.} + t_n + t_{в.к.} \quad (1)$$

Вважаючи, що набір і зниження швидкості обертання шпінделя відбувається лінійно, час намотування заданої кількості витків, в хв. визначається за залежністю:

$$t_n = t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_5, \quad (2)$$

де t_1 – час набору шпінделем заданої швидкості обертання; t_2 – час намотування обмотки при заданій швидкості обертання шпінделя; t_3 – час першого зменшення числа швидкості обертання в процесі ступеневого гальмування; t_4 – час першої ступені гальмування; t_5 – час другого зменшення швидкості обертання шпінделя до кінцевої його зупинки.

Проведений нами аналіз залежностей (1) і (2), згідно яких визначаються окремі складові часу безпосереднього намотування і які впливають на його продуктивність, дозволив встановити, що при заданій максимальній швидкості обертання, продуктивність верстата залежить від часу розгону виконавчого механізму t_1 та часу зменшення швидкості виконавчого механізму (t_3, t_4, t_5), при заданій постійній силі натягу. Таким чином, швидкість відпрацювання виконавчим механізмом керуючих сигналів визначає один із важливих показників технічного рівня верстата, а саме його продуктивність.

Аналіз приводів намотувальних верстатів. Серед намотувальних верстатів найбільше поширення отримали верстати для намотування рядових обмоток (однорядних і багаторядних), структурна схема одного з них показана на рис. 1 [7].

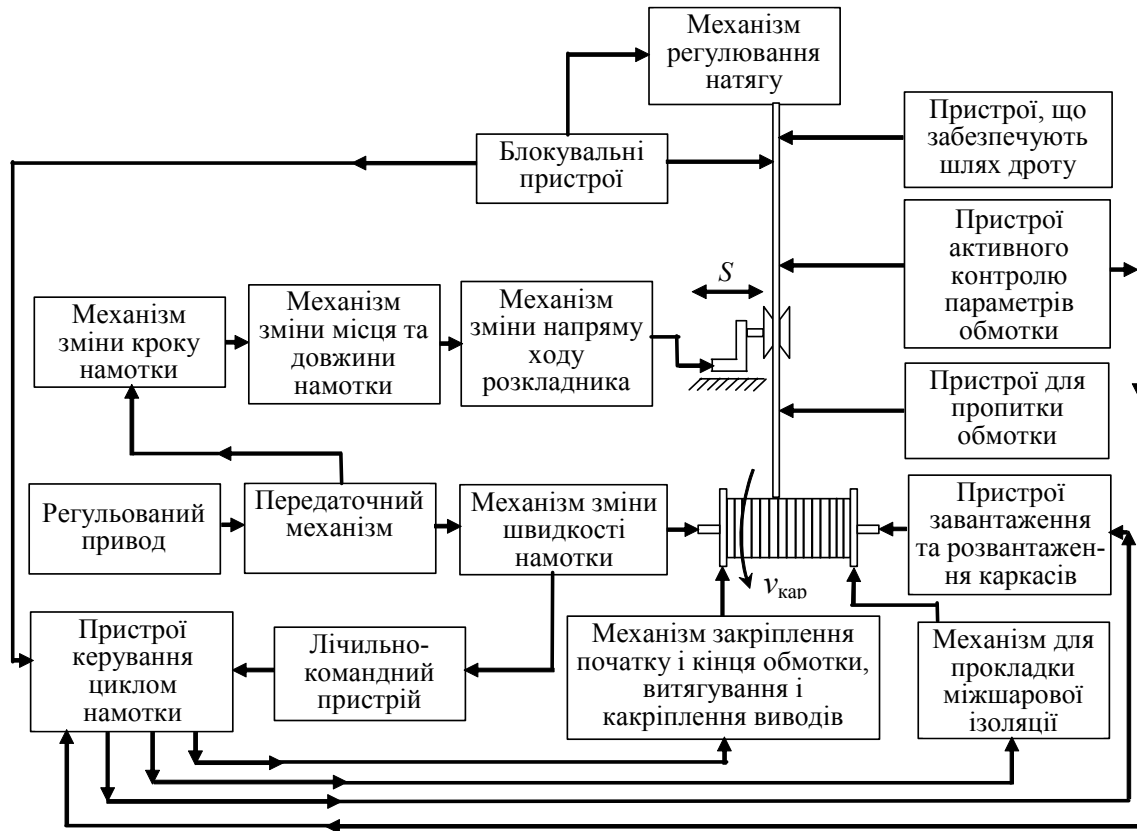


Рис. 1. Структурна схема безчовникового верстата відкритого намотування

Одним із основних елементів такого верстата, який визначає показники його технічного рівня, є привод, який включає, власне, регульований привод, передаточний механізм та механізм керування. Слід відмітити, що незалежно від призначення, всі намотувальні верстати містять регульований привод, в функції якого входить забезпечення оптимальної швидкості обертання шпінделя, її зміна, підтримування постійною сили натягу дроту. Зазвичай, намотувальні верстати обладнані наступними типами приводів:

- електричним, що містить асинхронний електродвигун, де зміна числа обертів шпінделя досягається ступеневу, за допомогою ступеневих шківів, змінних шестерень і т.і., або безступеневу, за допомогою фрикційних передач;
- електричним, з безступеневим регулюванням;
- гідравлічним або пневматичним з безступеневим регулюванням [1].

Одношпіндельний безчовниковий верстат настільного типу для однорядного намотування маловиткових котушок містить пневмо-механічний привод (рис. 2). Каркас 14, установлений на оправці шпінделя 10 верстата, одержує обертний рух від штока-рейки 7 пневматичної камери 13 через зубчате колесо 12 і черв'ячну пару. При повороті черв'ячного колеса 11 багатозахідний черв'як 9, розташований на одному валу із зубчатою напівмуфтою 8, разом з обертанням одержує поступальне осьове

переміщення. Напівмуфта 8, переміщуючись, зчіплюється з напівмуфтою, закріпленою на шпінделі 10 і забезпечує його обертання. Кількість намотуваних витків за один робочий хід пневматичної камери регулюється упорами 5, установленими на поворотній головці 4. Швидкість обертання шпінделя регулюється клапанним механізмом з дроселем [8].

Недоліком пневмо-механічного привода розглянутого верстата є те, що передаточний механізм (зубчате колесо 12 і черв'ячна пара) має люфти. Це призводить до похибок при зупинках та реверсах привода намотування. Точність регулювання пневматичним дроселем швидкості обертання шпінделя, внаслідок стисливості повітря є невисокою. Крім того, такий привод не забезпечує постійну силу натягу дроту.

Універсальний одношпіндельний безчовниковий напівавтомат моделі УНП-1 використовується для багаторядового намотування обмоток діаметром до 35 мм і довжиною 2–70 мм дротами в емалевій і скляній ізоляціях зі швидкістю 100–15000 витків/хв (рис. 3) [7].

Головний обертовий рух каркас 1 одержує від електромеханічного привода, безпосередньо через шпіндель від приводного електродвигуна 2, або через дві пари зубчатих коліс 3 і 4 з передаточним відношенням 5:1. Верстат містить пристрій 12, що розкладає, який забезпечує багаторядову обмотку дроту.

Верстат оснащено чотирма типами механізмів регулювання натягу. Для намотування найтонших дротів діаметром 0,02–0,05 мм використовуються безінерційні механізми регулювання натягу (МРН) типів НУ-ІІ і АНУ-ІІІ. Перший механізм із фрикційним гальмуванням проводу губками з пінопласту і з ручним підрегулюванням заданої величини натягу; другий – автоматичний механізм із губками з пінопласту. Для намотування тонких дротів діаметром 0,06–0,16 мм використовується безінерційний МРН типу НУ-І з роликівим гальмуванням дроту. Величина натягу контролюється під час намотування по сигнальним лампочкам, а її підрегулювання здійснюється вручну. При намотуванні дротів діаметром 0,17 – 0,5

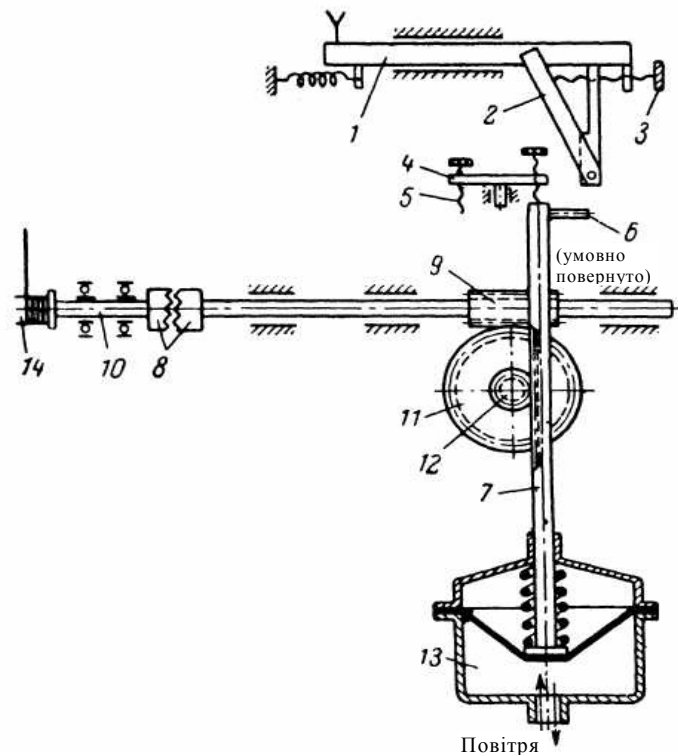


Рис. 2. Принципова схема одношпіндельного безчовникового верстата для однорядного намотування маловиткових котушок

мм натяг створюється інерційним МРН із фрикційним гальмуванням котушки, з якої змотується дріт. Верстат дозволяє намотувати одночасно дві котушки.

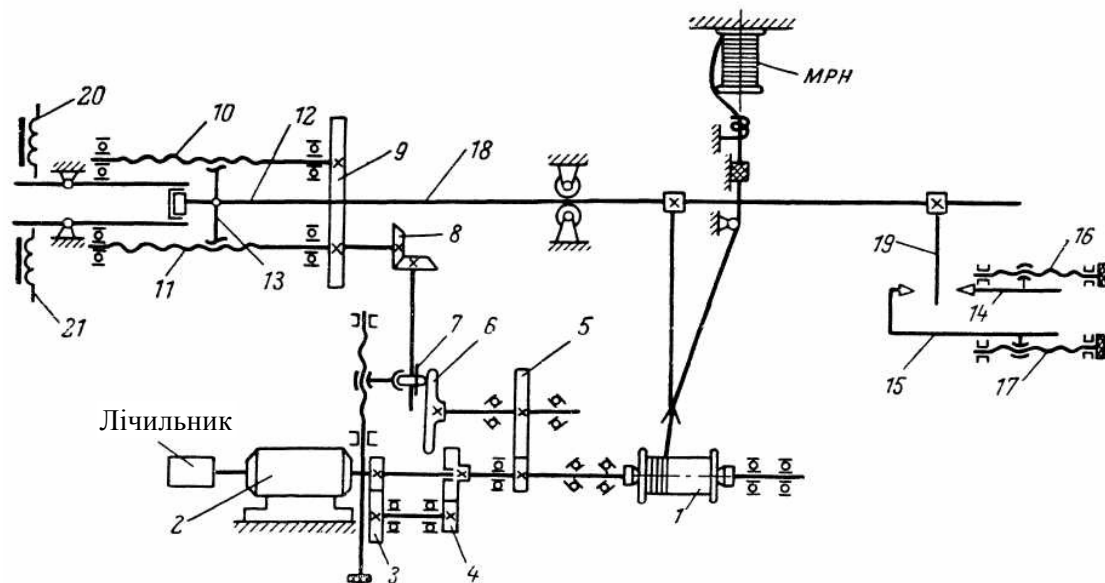


Рис. 3. Принципова схема верстата моделі УНП-1

Електромеханічний привод цього верстата має люфти, це вимагає проводити кожного разу ручне підлаштування сили натягу. Це зменшує продуктивність даного верстата та не забезпечує постійної сили натягу дроту під час намотування. При різкому збільшенні навантаження можливе згорання обмотки електродвигуна. Все це призводить до зменшення показників технічного рівня, як привода так і верстата.

Широке поширення в промисловості одержав універсальний верстат моделі СРН-0,5, призначений для намотування багаторядових обмоток діаметром до 100 мм і довжиною до 150 мм, дротом діаметром 0,05–0,5 мм зі швидкістю до 5 000 витків/хв, який також містить електромеханічний привод [7]. Він дозволяє одночасно намотувати до 3 котушок. Кінематика цього верстата подібна до кінематики попереднього. На відміну від верстата моделі УНП-1 тут реверс приводного механізму виконується механічним шляхом за допомогою упорів і важільної системи, яка перекидає напівгайки. Верстат містить тримісний інерційний МРН із фрикційним гальмуванням котушки. Недоліки електромеханічного приводу цього верстата такі ж самі, як і розглянутого вище. Крім того, недоліком приводів розглянутих верстатів є застосування пари ходових гвинтів з напівгайками, що перекидаються, це не дозволяє одержувати рядову обмотку, частина якої намотується внавал.

Сьогодні, промисловістю випускається модернізований верстат моделі СРН-0,5М, у якого замість двох ходових гвинтів застосований один, реверс якого здійснюється електромагнітною муфтою. Це дозволяє, крім автоматизації циклу намотування й прокладки міжшарової ізоляції, автоматизувати більш складні допоміжні процеси, такі як закріплення початку й кінця обмотки, утворення виводів, установка і знімання каркасів, контроль електричних параметрів обмотки

в процесі намотування й ін. У цьому випадку, верстати забезпечуються спеціальними приставками або механізмами, які виконують ту або іншу функцію [7]. Однак привод і цього верстата має ті ж самі недоліки, що й два попередні.

Широке застосування гідроприводів в технологічному обладнанні для виконання робочих та допоміжних функцій обумовлено тим, що вони мають малий об'єм і масу на одиницю встановленої потужності; можливість плавного безступеневого регулювання швидкості та зусиль; малу інерцію виконавчих механізмів; простий та надійний захист від перевантажень; дозволяють будувати як прості так і складні системи, отримати режими роботи, змінні в часі автоматично і заданою закономірністю. Легко організувати внутрішні зворотні зв'язки, завдяки чому, значно спрощується система керування та підвищується їх швидкодія [9].

У намотувальному верстаті з гідравлічним приводом (рис. 4), робоча рідина (РР) регульованим радіально-поршневим насосом 1 подається до реверсивного гідродвигуна подвійної дії 5 і до допоміжного золотникового розподільчого пристрою 7. Одночасно, РР через напірний золотник 4, через трубопровід надходить до регульованого реверсивного насосу 6, швидкість обертання ротора якого визначається швидкістю обертання ротора гідродвигуна 5. РР з насосу 6 по трубопроводу, надходить до основного золотника 8 і до правої порожнини циліндра розкладника 9. Швидкість переміщення поршня циліндра 9 визначається кількістю РР, що надходить

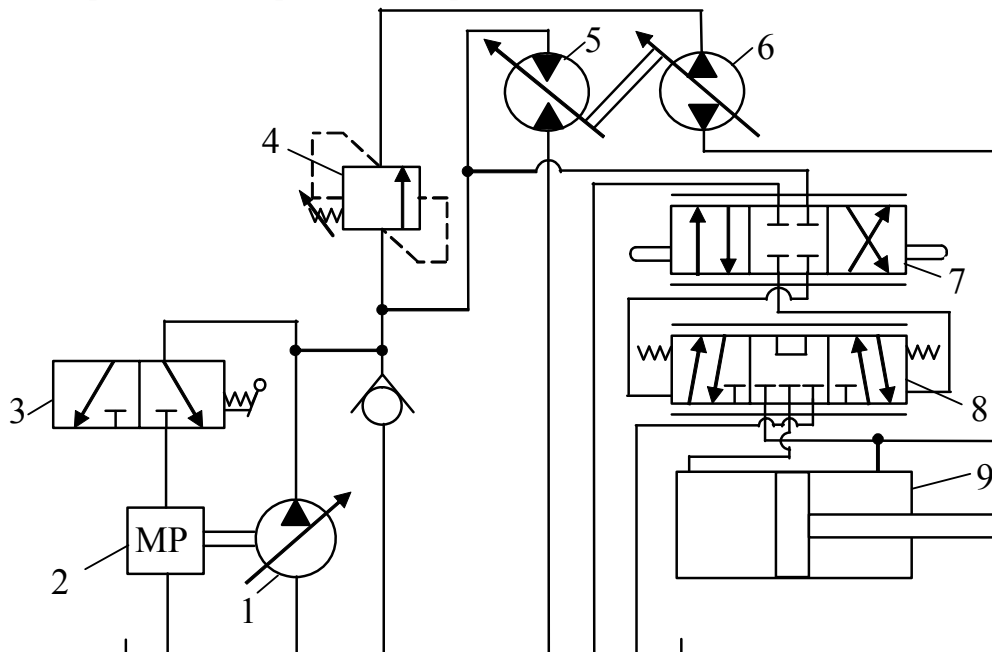


Рис. 4. Гідравлічна схема привода верстата для рядового намотування

з насосу 6, а оскільки гідродвигун 5 є приводом шпінделя, який обертає каркас котушки, на яку намотується дріт, то здійснюється синхронний зв'язок між шпінделем і розкладником. Відношення швидкості переміщення поршня циліндра 9 до швидкості обертання ротора гідродвигуна є постійною величиною і залежить від величини ексцентриситету насоса 1. Зміна ексцентриситету здійснюється за допомогою механізму регулювання 2. Пуск та зупинка верстата здійснюється золотником 3. Реверс

розкладника здійснюється за допомогою допоміжного й основного золотників [1]. В гідравлічних приводах таких верстатів досягається достатньо точна і жорстка синхронність у роботі шпінделя і розкладника, при цьому їх габарити невеликі.

Аналіз роботи гідроприводу верстата для рядового намотування показав, що якість його роботи залежить від здатності напірного золотника 4 підтримувати постійний тиск у гідроприводі, основного золотника 8 та допоміжного розподільчого пристрою 7 швидко, з заданою точністю, відпрацьовувати керуючі сигнали. Однак, внаслідок значних сил тертя, гідродинамічних сил та сил регулюючих пружин, що діють на розподільчий елемент напірного золотника 4, основного золотника 8 та допоміжного розподільчого пристрою 7, вони не забезпечують високу точність підтримання, в заданих межах, тиску в гідроприводі і чутливість до його зміни. Це знижує рівномірність обертання ротора гідродвигуна 5, не забезпечує постійної сили натягу дроту а, отже, ефективність та показники технічного рівня гідропривода верстата. Таким чином, вихідні характеристики напірного золотника 4, основного золотника 8 та допоміжного розподільчого пристрою 7 суттєво впливають на характеристики привода. Підвищуючи їх чутливість до зміни тиску керування підвищується точність і ефективність функціонування привода верстата.

Застосування у намотувальних верстатах слідкуючого гідравлічного привода (рис. 5), який працює за принципом компенсації сил, дозволяє забезпечити постійну силу натягу дроту. Такий привод, у порівнянні з електрогідравлічним, має простішу структуру, а отже надійніше і дешевше [8]. Його доцільно використовувати в якості виконавчого механізму для здійснення, як операції намотування, так і допоміжних операцій.

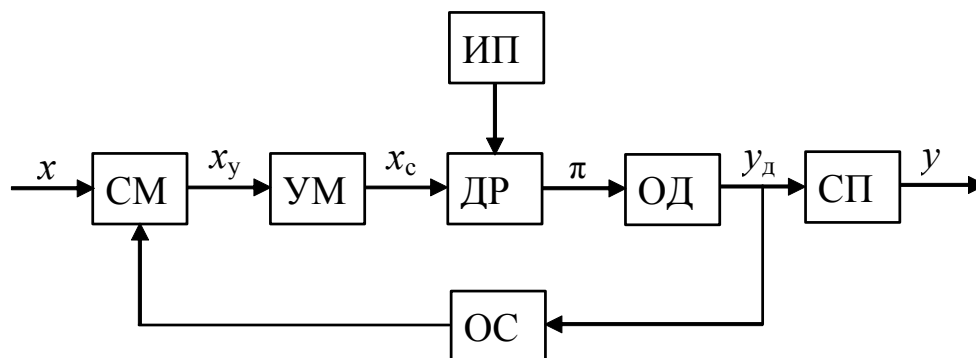


Рис. 5. Структурна схема слідкуючого гідроприводу збудованого за принципом компенсації сил [8]: ИП – джерело живлення; ДР – дроселюючий гідророзподільник; ОД – об’ємний двигун; СМ – силова механічна передача; СМ – порівняльний (сумуючий) механізм; ОС – зворотний зв’язок; УМ – підсилювач потужності

Технічні показники, а отже і ефективність роботи такого привода, суттєвим чином, залежать від характеристик елементів, що входять до його складу, і, в першу чергу, дроселюючого гідророзподільника. Слід відмітити, що на запорно-регулюючі елементи дроселюючого гідророзподільника діють сили тертя спокою, облітерації, гідродинамічна сила. Це знижує їх чутливість до зміни вхідних гідравлічних сигналів і, як наслідок, зменшують точність підтримання в заданих межах вихідної величини.

Дроселюючі гідророзподільники, що випускається промисловістю [10, 11], містять запорно-регулюючі елементи, які виконано у вигляді прецизійної пари плунжер-гільза. Ефективним шляхом підвищення вихідних характеристик таких гідророзподільників є зменшення в них сили тертя за рахунок осциляції запорно-регулюючих елементів. Це дозволить підвищити точність, підтримувати, в заданих межах, вихідну величину та чутливість до керуючих сигналів. Нами пропонується для здійснення осциляції ЗРЕ дроселюючих гідророзподільників з гідравлічним керуванням використовувати новий гідравлічний вібраційний контур [12]. Це дозволить підвищити технічний рівень та ефективність функціонування ГП намотувальних верстатів.

Висновки. На підставі вищесказаного, можна зробити висновок, що підвищення показників технічного рівня, ефективності функціонування і експлуатації намотувальних верстатів, лежить в площині використання, при їх побудові, дроселюючого гідророзподільника з гідравлічним керуванням з суттєво поліпшеними статичними і динамічними характеристиками, які забезпечують високу точність підтримання, в заданих межах, вихідної величини і мають високу чутливість до зміни керуючих сигналів. Це забезпечить постійну силу натягу дроту. Розрахунок і проектування таких гідророзподільників є актуальною і складною проблемою, яка існує в промисловості. Її розв'язання дозволить підвищити технічний рівень та ефективність функціонування ГП, збудованих на базі гідроапаратів з гідравлічним керуванням, розширить область їх застосування.

Список літератури

1. Парнес М. Г. Расчет и конструирование намоточных станков М. – Л., изд. „Машиностроение”, 1965. – 320 с.
2. Данилов Ю.А., Кирилловский Ю.Л., Колпаков Ю.Г. Аппаратура объемных гидроприводов: Рабочие процессы и характеристики. – М.: Машиностроение, 1990. – 272 с.
3. Полуавтомат для намотки якорей электродвигателей 13169 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [http:// www.autopribor.ru/pred/pr1.html](http://www.autopribor.ru/pred/pr1.html). – Заголовок з екрану.
4. Пневматическое устройство для намотки тороидальных сердечников ERV/PRV [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [http:// www.pribor.ru](http://www.pribor.ru). – Заголовок з екрану.
5. Станок для намотки якорей электродвигателей с коллектором [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [http:// www.kharkov.ukrtel.net](http://www.kharkov.ukrtel.net). – Заголовок з екрану.
6. Билибин К. И. и др. Намоточные работы в производстве элементов электроавтоматики. Справочное пособие. Под ред. Е. А. Скороходова. М., „Энергия”, 1972 – 216 с.
7. Скороходов Е. А. Намоточные станки, М., «Энергия», 1970. – 176 с.
8. Навроцкий К.Л. Теория и проектирование гидро- и пневмоприводов: Учебник. – М.: Машиностроение, 1991. – 384 с.
9. Проектирование гидроприводов и систем управления промышленных роботов. Методические рекомендации. – М.: НИИмаш, 1979. – 62 с.
10. Гидравлическое оборудование. Каталог. – М.: ВНИИТЭМР, 1988. – 308с. Свешников В.К. Станочные гидроприводы: [Справочник]. – М.: Машиностроение, 1995. – 448с.
11. Гречка І. П. Гідророзподільник з гідравлічним вібраційним контуром і експериментальний стенд для його дослідження // Вісник Національного технічного університету “Харківський політехнічний інститут”. – Харків: НТУ “ХПІ”. Машинобудування. – 2003. –№ 16. – С. 29 – 34.