

## ДРОСЕЛЬНЕ РЕГУЛЮВАННЯ ШВЛ ГІДРОПРИВОДА

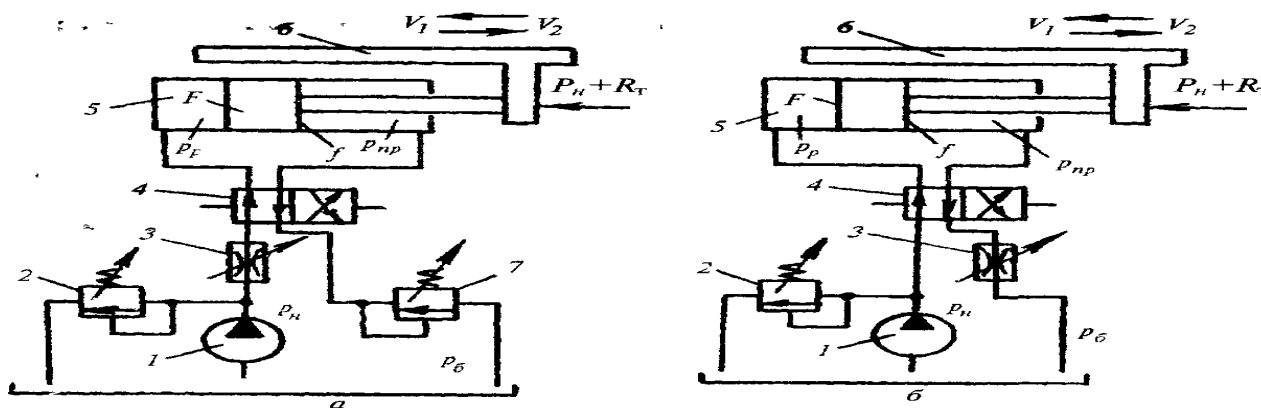
Принцип дросельного регулювання: змінна подачі

нерегульованого насоса, яка залежить від навантаження на двигун, скидається через клапан (якщо дросель установлений „на вході”) або через дросель (якщо дросель установлений „паралельно”) на злив в бак, минаючи гідродвигун. Це значить, що навантаження регулює ШВЛ.

При дросельному регулюванні можливі принципово різні способи включення регулюючого дроселя: а) послідовно з гідродвигуном; б) паралельно гідродвигунові; та два дроселя одночасно – в) послідовно на вході і виході, г) паралельно і послідовно .

### ГП з дроселем "на вході" в двигун

Основні елементи: виконавчий гідродвигун - циліндр 5 (або гідромотор чи поворотний двигун), нерегульований насос 1, регульований чи нерегульований дросель 3, переливний клапан (з функціями і запобіжного) 2, та розподільник - реверсор 4. Надлишок рідини, яка нагнітається насосом 1 в систему, відводиться в бак через переливний клапан 2. На зливній лінії в цій системі може встановлюватись підпірний клапан 7, який в неробочій (зливній) порожнині циліндра створює підпір (протитиск)  $p_{np}=0,2...0,3$  МПа (1), чим забезпечується стабілізація сил тертя і плавність руху при малих швидкостях вихідної ланки.



Рівняння рівноваги сил, які навантажують поршень при постійному навантаженні і усталеному русі  $p_p F = p_{np} f + P_n + R_T$ , (1a),

де  $p_p$ ,  $p_{np}$  (2) - тиск в робочій порожнині циліндра і протитиск у порожнині зливу;

$F$ ,  $f$  (3) - ефективні площі поршня з боку безштокової та штокової порожнин;

$P_n$ ,  $R_T$  (4) - технологічне (корисне) навантаження і сили тертя ущільнень.

Звідси тиск в робочій порожнині цил-ра

$$p_p = \frac{1}{F} (p_{пр} f + P_n + R_t) \quad (5)$$

При **змінному навантаженні** на робочий орган

$P_n \neq const$  (6) тиск в робочій порожнині циліндра також буде змінним

$p_p \neq const$  (7), змінним буде і перепад тисків в напірній лінії на дроселі

$$\Delta p_{др} = p_n - p_p \neq const \quad (8)$$

Подача рідини в робочу порожнину циліндра від насоса через дросель визначається перепадом тисків в напірній лінії

$$\Delta p = p_n - p_p \quad (9) \text{ і становить } Q = \mu S_{др} \sqrt{\frac{2}{\rho} \Delta p}, \quad (10), \text{ а швидкість}$$

переміщення робочого органу визначається

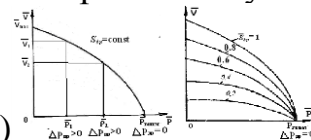
$$v = Q/F = \mu \frac{S_{др}}{F} \sqrt{\frac{2}{\rho} \Delta p} \quad (11)$$

цією подачею рідини і буде також величиною змінною.

Висновок: швидкість вихідної ланки привода в гідросистемі з дроселем на вході робочої рідини в двигун залежить від характеру навантаження: вона буде постійною при постійному по величині навантаженні і змінною при змінному навантаженні

Із збільшенням навантаження  $P_n$  (12) зростає величина тиску в робочій порожнині циліндра  $p_p$ , (13), зменшується перепад тисків  $\Delta p$  (14) у напірній лінії і відповідно зменшується швидкість переміщення робочого органу.

Рівняння (11) ( рівняння спадаючої параболи  $v = f(P_n)$  (15)) являється механічною характеристикою ГП при певному значенні



прохідного отвору дроселя  $S_{др} = const$  (16)

По осям ординат відкладають значення відносних ШВЛ  $\bar{v} = \frac{v}{v_{max}}$ ,

абсцис – відносних навантажень  $\bar{P} = \frac{P}{P_{max}}$ . Аналізуємо залежність.

В точці 0 маємо максимальну ШВЛ при відсутності навантаження.

В точці 1 при збільшенні навантаження до  $P_1$  ШВЛ зменшується до  $V_1 < V_{max}$ . В точці 2 при подальшому збільшенні навантаження до  $P_2$  ШВЛ ще зменшується до  $V_2 < V_1$ . В точці 3 навантаження досягає максимального (гальмівного)  $P_{гальм}$  а ШВЛ в точці 3  $V_3 = 0$ .

Якщо дросель регульований, то при будь-якому його налаштуванні прохідний отвір зручно представляти величиною

відносного відкриття  $\bar{S} = \frac{S_{др}}{S_{др\max}}$  (17), де  $S_{др}$  (18) – поточне значення площі отвору,  $S_{др\max}$  – максимальне значення площі.

При зміні значення  $\bar{S}$  (19) отримуємо ряд характеристик для гідросистеми з послідовно установленим дроселем на вході в двигун (або на виході з нього) (рис. 3). Очевидний висновок: при постійній настройці дроселя та змінному навантаженні на робочий орган система з дроселем „на вході” не забезпечує постійної швидкості його руху. Із збільшенням навантаження  $P_n$  (20) зростає величина тиску в робочій порожнині циліндра  $P_p$  (21), зменшується перепад тисків  $\Delta p$  (22) у напірній лінії і зменшується швидкість переміщення робочого органу.

### ГП з дроселем "на виході" з двигуна

Дросель 3 встановлений в зливній лінії з метою регулювання руху рідини при витісненні її із штокової порожнини циліндра 5 поршнем, під тиском рідини, що нагнітається насосом 1 через розподільник 4 у робочу порожнину циліндра. Надлишок подачі насоса відводиться в бак через переливний клапан 2.

Ця система також не забезпечує постійної швидкості руху робочого органу 6 при постійній настройці дроселя та змінному навантаженні.

Із рівняння рівноваги діючих на (1) визначимо величину протитиску в зливній порожнині і в гідролінії перед дроселем:

$$p_{пр} = \frac{1}{f} [p_p F - (P_n + P_t)] \quad (23)$$

При змінному навантаженні

$P_n \neq const$  (24) величина протитиску по рівнянню (23) також змінна  $P_{пр} \neq const$  (25), і перепад тисків на дроселі також змінний

$\Delta p = p_{пр} - p_\delta \neq const$  (26), де  $P_\delta$  (27) – тиск в порожнині бака. Значить витрата рідини через дросель при зміні навантаження змінюється  $Q = \varphi(\Delta p) \neq const$ , (27) і швидкість переміщення робочого органу 6, як функція витрати  $Q$ , також змінюється

$$v = \varphi(Q) \neq const. \quad (28)$$

Із залежності (23) випливає, що із збільшенням навантаження протитиск в порожнині зливу зменшується, зменшується перепад тисків на дроселі, а значить зменшується і швидкість руху робочого органу.

Залежності зміни швидкості руху робочого органу при зміні навантаження гідропривода з послідовним включенням дроселя „на виході” (механічні характеристики) мають такий же вигляд, як і

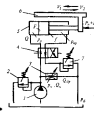
отримані раніше для схеми з дроселем „на вході”.

З двох розглянутих схем дросельного регулювання при включенні дроселя послідовно силовому циліндру перевагу слід надати схемі з дроселем "на виході", бо таке включення забезпечує більш плавну і сталу роботу гідродвигуна, особливо при знакозмінному навантаженні, а також більш сприятливі умови відводу тепла, яке виділяється внаслідок дроселювання потоку рідини. У цьому випадку рідина, що нагрівається при дроселюванні, відводиться безпосередньо в бак, і гідродвигун працює в більш сприятливих умовах.



Крім розглянутих способів дросельного регулювання з послідовним включенням дроселя, в машинобудуванні застосовується спосіб дросельного регулювання з включенням дроселя паралельно гідродвигуну (рис 7 8).

При такому способі регулювання потік рідини, який подається насосом 1 в систему, розділяється на два потоки: через розподільник 4 до гідродвигуна 5 і через дросель 3 в бак. Регулювання швидкості переміщення поршня гідродвигуна, як і в розглянутих раніше схемах, здійснюється настройкою дроселя 3. Якщо дросель 3 закрито, увесь потік рідини від насоса направляється до гідродвигуна і швидкість поршня максимальна. По мірі відкриття дроселя частина рідини від насоса спрямовується в бак і швидкість переміщення поршня відповідно зменшується. При повністю відкритому дроселі (якщо опір дроселя і частини зливної гідролінії після нього менше, ніж опір, що створюється циліндро-поршневою групою і підпірним клапаном 7) вся рідина від насоса відводиться в бак і поршень зупиняється. Клапан 2 в цій схемі є запобіжним і включається в роботу тільки в моменти перевантаження. В інший час клапан 2 закритий. Клапан 7 є підпірним клапаном на зливній гідролінії. Як і в попередніх двох схемах дросельного регулювання, перепад тисків на дроселі залежить від навантаження, а отже із зміною корисного навантаження при постійній настройці дроселя буде



змінюватися швидкість переміщення робочого органу.

Рівняння характеристики навантаження гідропривода при паралельному включенні дроселя можна одержати також, виходячи із

рівняння  $v = Q/F$ , враховуючи, що при цьому способі регулювання

подача рідини в робочу порожнину циліндра  $Q = Q_n - Q_{др}$ ,

де  $Q_n$  - подача рідини насосом у систему;

$Q_{\text{др}}$  - витрата рідини, що відводиться через дросель в бак.

Прийнявши ті ж припущення, що і в попередньому випадку, тобто що втраї тиску на ділянках системи, за винятком дроселя, відсутні і

отже перепад тисків на дроселі  $\Delta p_{\text{др}} = p_{\text{р}} - p_{\text{д}} = p_{\text{р}}$ ,

(оскільки  $p_{\text{д}} = 0$ ), витрата рідини через дросель з урахуванням швняння (7.33) визначається залежністю

$$Q_{\text{др}} = \mu S_{\text{др}} \sqrt{\frac{2}{\rho} \Delta p} = \mu S_{\text{др}} \sqrt{\frac{2}{\rho} \cdot \frac{1}{F} (p_{\text{пр}} f + P_{\text{н}} + R_{\text{т}})}.$$

Тоді рівняння характеристики навантаження буде записано у вигляді:

$$v = \frac{Q_{\text{н}} - Q_{\text{др}}}{F} = \frac{1}{F} \left[ Q_{\text{н}} - \mu S_{\text{др}} \sqrt{\frac{2}{\rho} \cdot \frac{1}{F} (p_{\text{пр}} f + P_{\text{н}} + R_{\text{т}})} \right].$$

Характеристики навантаження гідропривода, побудовані за цим рівнянням при різній величині відносного відкриття дроселя. Аналіз характеристик навантаження систем дросельного регулювання з послідовним і паралельним гідродвигуну включенням дроселя показує, що, незалежно від місця і способу включення дроселя, ці системи не забезпечують постійної швидкості переміщення поршня із зміною навантаження при незмінній настройці дроселя. Це викликано тим, що перепад тисків на дроселі залежить від величини навантаження. Щоб забезпечити постійну стабільну швидкість руху робочого органу незалежно від зміни величини навантаження, в системах дросельного регулювання встановлюють регулятори витрати рідини, які підтримують постійний перепад тисків на дроселі незалежно від зміни величини навантаження в процесі роботи .