

Винахід стосується області машинобудування, а саме діагностики гідроприводу мобільних і стаціонарних машин, і може використовуватися на цих машинах для визначення технічного стану гідроагрегатів без розбирання гідроприводу, що дозволяє підтримати експлуатаційну продуктивність машин на високому рівні, зменшити витрати на технічне обслуговування і ремонт.

Відомі способи знімного [1, стор.38-43], швидкорознімного [1, стор.52-58] і постійно будованого в гідропривід (бортового) [1, стор.105-112] діагностування гідроагрегатів гідроприводів.

Основним недоліком знімного діагностування є необхідність вбудовування діагностичних пристроїв у магістраль гідроприводу, що є трудомісткою операцією, що приводить до втрати робочої рідини і її забрудненню.

Швидкорознімне діагностування за рахунок сполучних пристроїв, постійно встановлених у магістраль гідроприводу, дозволяє прискорити процес приєднання діагностичних пристроїв, значно скоротити трудомісткість діагностування і зменшити, але не виключити, втрати і забруднення робочої рідини. Швидкорознімне діагностування не усуває цілком недоліки знімного діагностування, а по складності "сполучні пристрої, застосовувані в цьому способі, в порівнянні зі знімними і бортовими діагностичними пристроями. Це збільшує витрати на швидкорознімне діагностування й обмежує перспективи його застосування.

Аналогом способу, що заявляється, є бортовий спосіб діагностування, коли діагностичні пристрої є постійно вбудованими в гідропривід.

Загальними ознаками аналога і способу, що заявляється, є те, що діагностування гідроприводу виробляється без знімання гідроагрегатів з машини і без роз'єднання магістралей гідроприводу, що дає бортовому діагностуванню наступні переваги: дозволяє одержати інформацію про технічний стан гідроагрегатів у необхідний момент їхньої експлуатації, забезпечує невелику трудомісткість, гарні екологічні і ергономічні показники і не викликає втрат і забруднення робочої рідини.

Однак при бортовому діагностуванні діагностичні пристрої встановлюють у гідропривід кожної машини, що збільшує вартість. Тому реалізувати переваги бортового діагностування можна в тому випадку, якщо його показники по вартості і похибці будуть не гірші, ніж при знімному або швидкорознімному діагностуванні.

Відомо функціональне і тестове бортове діагностування [1, стор.6]. При функціональному діагностуванні для визначення технічного стану використовують параметри, що задаються робочими процесами гідроприводу. У цьому випадку діагностування має наступні недоліки. Параметри гідроприводу не встановлюють, керуючись ефективністю діагностування, а пристосовують до працюючого гідроприводу. До похибки засобів вимірів діагностичних параметрів додаються динамічні похибки і похибки моделювання гідроприводу. Існуючі нормативи номінального, граничного і проміжного технічного стану гідроагрегатів не можна використовувати в цьому способі і для одержання цих нормативів необхідні спеціальні дослідження.

Аналогом способу, що заявляється, є тестове діагностування, коли діагностичні параметри вибирають, керуючись ефективністю діагностування.

Найбільш близьким по своїй технічній сутності с відомий спосіб тестового діагностування гідроагрегатів: насоса і гідромотора [2, стор.2-3]; розподільника [3, стор.2-4]; гідроциліндри [4, стор.2-3] по зміні внутрішніх витоків цих гідроагрегатів при постійних значеннях частоти обертання насоса, тиску і температури робочої рідини (відтворені діагностичні параметри).

Зміну значень внутрішніх витоків гідроагрегатів визначають по зміні визначального параметра, тому що безпосередньо виміряти зміни величини внутрішніх витоків гідроагрегатів без розбирання гідроприводу не можна. Гідропривід являє собою ланцюжок послідовно з'єднаних гідроагрегатів: насос-розподільник-гідромотор (гідроциліндр). Визначальний параметр необхідно виміряти для кожного гідроагрегата, що діагностується.

Для прототипу є нормативи значень діагностичних параметрів, що визначають номінальні, граничні і проміжні технічні стани гідроагрегатів.

Основними загальними ознаками прототипу і винаходу, що заявляється, є те, що діагностування гідроприводу здійснюється по зміні значень внутрішніх витоків гідроагрегатів, обумовлених при постійних: частоті обертання насоса, тиску і температурі робочої рідини.

Однак діагностування постійно вбудованими в гідропривід пристроями (бортове діагностування) способом, зазначеним у прототипі, має наступні недоліки:

- для визначення внутрішніх витоків у гідроагрегатах необхідно вимірювати різні, по фізичній природі, що визначають діагностичні параметри: витрату на виході насоса і розподільника, частоту обертання гідромотора або швидкість руху штока гідроциліндра при постійному тиску, створення якого в гідроприводі вимагає застосування досить складних зовнішніх навантажувачів, що збільшує металоємність і вартість діагностичного устаткування;

- похибка вимірювання витоків визначається як систематичними, так і випадковими складовими похибками вимірювання визначальних діагностичних параметрів.

Ці недоліки впливають з наступних. При постійних значеннях відтворених діагностичних параметрів величину витоків устанавлює визначальний параметр. Визначальним параметром для насоса і розподільника є витрата на виході цих гідроагрегатів. У гідромоторі зміна величини внутрішніх витоків викликає зміни частоти його обертання й у гідроциліндрі швидкості руху його штока. Тому частота обертання гідромотора і швидкість руху штока гідроциліндра є для цих гідроагрегатів діагностичними параметрами, що визначають. Діагностування по цих визначальних параметрах вимагає застосування для створення необхідного тиску зовнішнього навантажувача, тому що вихід цих гідроагрегатів повинен вільно з'єднуватися з баком і дросель, установлений на виході, порушує їхню роботу.

При бортовому діагностуванні відомим способом похибка вимірювання витоків формується в такий спосіб. Похибка вимірювання визначального діагностичного параметра (продуктивності) складається з двох основних складових: систематичної і випадкової [5, стор.31; 6, стор.11]:

$$\Delta P = \Delta P_{\text{сист}} + \Delta P_{\text{вип}} \quad (1)$$

Систематична похибка визначається, в основному, типом приладу і класом його точності. Для різних

витратомірів, навіть того самого типу, класу точності і маючих ту саму межу вимірювання - ця похибка може мати і різний знак, і різні значення, що знаходяться в межах [5, стор.8; 6, стор.7]

$$-0.02\pi_{\max} < \Delta\pi_{\text{сист}} < +0.02\pi_{\max} \quad (2)$$

де π_{\max} - максимальне значення продуктивності по шкалі приладу;

0.02 - відносна похибка вимірювання діагностичного параметра, рекомендована стандартами [2, 3, 4]

Тому у випадку діагностування розподільника, визначаючи витік по різниці продуктивності, вимірюваної двома витратомірами, одержуємо результат з похибкою, рівною сумі похибки цих витратомірів [5, стор.11],

$$\pi_{\text{н}} \pm (\Delta\pi_{\text{вип.н}} + \Delta\pi_{\text{сист.н}}) - \pi_{\text{р}} \pm (\Delta\pi_{\text{вип.р}} + \Delta\pi_{\text{сист.р}}) = \\ = Q_{\text{р}} \pm (\Delta\pi_{\text{сист.н}} + \Delta\pi_{\text{вип.п}} + \Delta\pi_{\text{сист.р}} + \Delta\pi_{\text{вип.р}}) \quad (3)$$

де $\Delta\pi_{\text{сист.н}}$, $\Delta\pi_{\text{сист.р}}$, $\Delta\pi_{\text{вип.п}}$, $\Delta\pi_{\text{вип.р}}$ - систематичні і випадкові складові похибки витратомірів, установлюваних на виході насоса і розподільника.

Аналогічно, похибка вимірювання внутрішніх витоків гідромотора і гідроциліндра формується як сума систематичних і випадкових складових похибок вимірювання визначальних діагностичних параметрів.

В основу винаходу поставлена задача удосконалення способу діагностування гідроприводу по зміні значень внутрішніх витоків гідроагрегатів, обумовлених при постійних: частоті обертання насоса, тиску і температурі робочої рідини, шляхом визначення значень внутрішніх витоків у насосі по зміні витрати робочої рідини в порожнині високого тиску насоса, вимірюваного витратоміром, а значень внутрішніх витоків у розподільнику і потім гідромоторі або гідроциліндрі - по зміні показань цього ж витратоміра, що викликано послідовним підключенням цих гідроагрегатів до порожнини високого тиску насоса, і забезпечення наступного технічного результату: визначення внутрішніх витоків гідроагрегатів за показниками одного засобу виміру і зменшення внаслідок цього систематичної складової похибки вимірювання внутрішніх витоків, а також зменшення кількості необхідних для діагностування пристроїв і вартості діагностування.

Поставлена задача досягається тим, що зміна значень внутрішніх витоків гідроагрегатів обумовлена при постійній частоті обертання насоса, тиску і температурі робочої рідини, відповідно до винаходу, визначається по зміні витрати робочої рідини в порожнині високого тиску насоса, вимірюваного витратоміром, а значення внутрішніх витоків у розподільнику і потім гідромоторі або гідроциліндрі - по зміні показань цього ж витратоміра, що викликано послідовним підключенням цих гідроагрегатів до порожнини високого тиску насоса.

Від прототипу спосіб, що заявляється, відрізняється тим, що значення внутрішніх витоків у насосі визначають по зміні витрати робочої рідини в порожнині високого тиску насоса, вимірюваного витратоміром, а значення внутрішніх витоків у розподільнику і потім гідромоторі або гідроциліндрі - по зміні показань цього ж витратоміра, що викликано послідовним підключенням цих гідроагрегатів до порожнини високого тиску насоса.

У результаті використання винаходу, що заявляється, забезпечується одержання технічного результату, що полягає у визначенні внутрішніх витоків гідроагрегатів за показниками одного засобу виміру й у зменшенні унаслідок цього систематичної складової похибки вимірювання внутрішніх витоків, а також зменшення кількості необхідних для діагностування пристроїв і вартості діагностування.

Між суттєвими ознаками винаходу, що заявляється, і технічним результатом, що досягається, що полягає у визначенні внутрішніх витоків гідроагрегатів, що діагностуються, за показниками одного засобу виміру, існує очевидний причинно-наслідковий зв'язок.

Зменшення систематичної складової похибки, внаслідок визначення внутрішніх витоків за показниками одного засобу виміру, відбувається з наступних причин. Конкретному засобу виміру витрати властиве визначене значення систематичної складової похибки. На відміну від прототипу (залежності 1-3), визначаючи внутрішні витки розподільника по зміні показань одного засобу виміру, у похибці вимірювання внутрішніх витоків, наприклад розподільника, виключається систематична складова похибка витратоміра

$$(\pi_{\text{н}} + \Delta\pi_{\text{сист.н}} \pm \Delta\pi_{\text{вип.н}}) - (\pi_{\text{р}} + \Delta\pi_{\text{сист.р}} \pm \Delta\pi_{\text{вип.р}}) = \\ = Q_{\text{р}} \pm (\Delta\pi_{\text{вип.н}} + \Delta\pi_{\text{вип.р}}) \quad (4)$$

тому що $\Delta\pi_{\text{сист.н}} - \Delta\pi_{\text{сист.р}} = 0$,

де $\Delta\pi_{\text{сист.н}} = \Delta\pi_{\text{сист.р}}$ - систематичні складові похибки того самого витратоміра до і після підключення розподільника до порожнини високого тиску насоса.

Аналогічно, при визначенні внутрішніх витоків у гідромоторі і гідроциліндрі виключається систематична складова похибка вимірювання витрати.

Внаслідок визначення внутрішніх витоків гідроагрегатів за показниками одного засобу виміру, зменшується, у порівнянні з прототипом, необхідна кількість засобів виміру визначальних діагностичних параметрів і вартість діагностування.

Як випливає з суттєвих ознак, для здійснення способу, що заявляється, немає необхідності в застосуванні спеціальних навантажувачів, що зменшує кількість необхідних для діагностування пристроїв і їх вартість.

Отже спосіб діагностування, що заявляється, дозволяє зменшити і похибку діагностування, і кількість пристроїв, що вбудовуються в гідропривід.

Спосіб діагностування, що заявляється, гідроагрегатів гідроприводу може бути здійснений за наступною схемою (Фіг.).

Схема (Фіг.) складається з гідроприводу, що включає в себе насос 1, розподільник 2 і гідродвигун (гідромотор 3 або гідроциліндр 4), бак 7, сполучну арматуру й інші елементи, необхідні для роботи гідроприводу. У гідропривід установлений пристрій для вимірювання частоти обертання насоса 5, за допомогою якого визначається подача насоса π_0 , засіб виміру температури 6. На виході насоса встановлений пристрій 8 (обведений пунктиром), що має три робочі положення:

- вільний прохід робочої рідини до розподільника;
- прохід робочої рідини через навантажувальний дросель у бак;
- одночасне надходження робочої рідини до дроселя і розподільника.

До складу пристрою 8 входить пристрій для вимірювання тиску 9, дросель 3-їм перетину 10 і витратомір 11.

Між кожною секцією розподільника і гідродвигуном або гідроциліндром установлений двухпозиційний розподільник 12, що має два положення: вільний прохід і замкнений.

Діагностування способом, що заявляється, роблять у такий спосіб. Установлюють постійними відтворені параметри: частоту обертання насоса, температуру і тиск робочої рідини, вимірюючи ці параметри за допомогою пристроїв 5, 6 і 9, і не змінюють їх значення при проведенні бортового діагностування, а також відтворюють їх однаковими у всіх наступних випадках діагностування. Використовують регулятор частоти обертання привідного двигуна, щоб установити необхідне значення частоти обертання насоса. Прогрів робочої рідини до необхідної температури роблять дроселюванням її через дросель 3 змінного перетину 10, і необхідний тиск у гідроприводі встановлюють також за допомогою дроселя 10. Значення відтворених параметрів установлюють, керуючись нормативами [2, 3, 4]

Вимірюють за допомогою витратоміра 11 значення витрати робочої рідини в порожнині високого тиску насоса. Потім послідовно за допомогою пристрою 8 і двухпозиційного розподільника 12 відкривають доступ робочої рідини до розподільника і до попередньо загальмованого гідромотора або гідроциліндра. Витратомір покаже зменшення потоку робочої рідини на величину внутрішніх витоків спочатку в розподільнику, потім у гідромоторі або гідроциліндрі.

Використання прототипу для діагностування цих гідроагрегатів у складі гідроприводу не дозволяє одержати цей технічний результат, тому що вимагає для свого здійснення застосування різних визначальних параметрів і, отже, засобів їхнього виміру, що не дозволяє зменшити систематичну складову похибку, а також вимагає застосування зовнішніх навантажувачів, що збільшує необхідну кількість пристроїв для діагностування і вартість діагностування.

З представленого прикладу випливає, що в заявленому способі насос, розподільник, гідромотор або гідроциліндр діагностують по діагностичних параметрах, що вимірюють тим самим засобом виміру і внаслідок цього зменшується систематична складовою похибка виміру внутрішніх витоків, а також зменшується кількість пристроїв, необхідних для діагностування, і вартість діагностування.

Правомірність діагностування способом, що заявляється, підтверджують наступні теоретичні положення. Технічний стан гідроагрегатів визначається їхніми внутрішніми витоками, значення яких залежить від величини зазорів [1]. У процесі експлуатації ці зазори збільшуються, що приводить до збільшення внутрішніх витоків і перерозподілу витрати робочої рідини у всьому гідроприводі. Тому зв'язок між величиною зазорів і діагностичних параметрів гідроагрегатів установлюється на основі рівняння витрати робочої рідини

$$F_0 = nV_0 - \sum_{i=1}^n Q_i - \Pi_{гд} = 0 \quad (5)$$

або

$$F_0 = nV_0 - Q_n \left(p, t, n, \sum_{i=1}^{n1} S_{in} \right) - Q_p \left(p, t, \sum_{j=1}^{n2} S_{jp} \right) - Q_{гд} \left(p, t, \sum_{m=1}^{n3} S_{mгд} \right) - \Pi_{гд} = 0$$

де nV_0 , $\sum Q_i$, $\Pi_{гд}$ - відповідно подача, внутрішні витоки в гідроагрегатах і продуктивність, що витрачається на виконання робочої операції гідромотором або гідроциліндром (гідродвигуном).

Надалі для спрощення записів позначимо

$$\sum_{i=1}^{n1} S_{in} = S_n; \sum_{j=1}^{n2} S_{jp} = S_p;$$

$$\sum_{k=1}^{n3} S_{kгг} = S_{гг}; \sum_{m=1}^{n4} S_{mгг} = S_{гц}$$

- відповідно суми зазорів у насосі, розподільнику, гідромоторі або в гідроциліндрі;

$$Q_n = f_1(p, t, n, \sum_{i=1}^{n1} S_{in}), Q_p = f_2(p, t, \sum_{j=1}^{n2} S_{jp}),$$

$$Q_{гг} = f_3(p, t, n, \sum_{k=1}^{n3} S_{kгг}), Q_{гц} = f_4(p, t, \sum_{m=1}^{n4} S_{mгц}),$$

- відповідно внутрішні витоки в насосі, розподільнику, гідромоторі або гідроциліндрі; $n1$, $n2$, $n3$, $n4$ - кількість зазорів у гідроагрегатах.

Як вказувалося, основними загальними ознаками прототипу і способу, що заявляється, є те, що діагностування гідроприводу (визначення технічного стану гідроагрегатів) здійснюється по зміні значень внутрішніх витоків гідроагрегатів, обумовлених при постійних: частоті обертання насоса, тиску і температурі робочої рідини (n , p , t - відтворені параметри). Зміну значень внутрішніх витоків гідроагрегатів визначають по зміні визначального параметра, тому що безпосередньо виміряти зміну величини внутрішніх витоків гідроагрегатів без розбирання гідроприводу не можна. Гідропривід являє собою ланцюжок послідовно з'єднаних гідроагрегатів: насос-розподільник-гідромотор (гідроциліндр). Визначальний параметр необхідно виміряти для кожного гідроагрегата, що діагностується. Діагностичні параметри, необхідні для вимірювання, установлюються з наступною системою рівнянь, що отримана на основі рівняння витрати (5) з урахуванням значень витрати в попередньому гідроагрегаті

$$\begin{cases} F_1 = nV_0 - Q_n - \Pi_n = 0, \\ F_2 = \Pi_n - Q_p - \Pi_p = 0, \\ F_3 = \Pi_p - Q_{гг} - \Pi_{гд} = 0, \end{cases} \quad (6)$$

де $\Pi_{гд} = \eta_{гм} V_{огм}$ - для гідромотора; $\Pi_{гд} = v_{гц} f_{гц}$ - для гідроциліндра.

Із системи рівнянь (6) з урахуванням параметрів, що у процесі діагностування залишаються постійними, зв'язок між визначальними діагностичними параметрами, внутрішніми витоками і зазорами в гідроагрегатах визначається рівняннями

$$\begin{cases} C_1 - \Pi_n = Q_n = f_1(S_n, C_n), & (7) \end{cases}$$

$$\begin{cases} \Pi_n - \Pi_p = Q_p = f_2(S_p, C_p), & (8) \end{cases}$$

$$\begin{cases} \Pi_p - \Pi_{гд} = Q_{гд} = f_3(S_{гд}, C_{гд}). & (9) \end{cases}$$

де $C_1 = nV_o$;

C_n ; C_p ; $C_{гд}$ - постійні величини при діагностуванні насоса, розподільника і гідродвигуна (гідромотора або гідроциліндра).

З рівнянь (7-9) одержуємо систему визначальних діагностичних параметрів, вимірюваних, відповідно до прототипу, у кожному гідроагрегаті, що діагностується: стан зазорів у насосі оцінюють по його продуктивності Π_n , у розподільнику і гідродвигуні (гідромоторі або гідроциліндрі) - по різниці продуктивності до і після гідроагрегатів, які діагностуються $\Pi_n - \Pi_p$, $\Pi_p - \Pi_{гд}$ ($\Pi_p - \eta_{гм} V_{огм}$ - для гідромотора; $\Pi_p - v_{гц} f_{гц}$ - для гідроциліндра). При цьому для визначення корисної продуктивності гідродвигуна (гідромотора або гідроциліндра) необхідно, як уже відзначалося при критиці прототипу, вимірювати частоту обертання гідромотора $\eta_{гм}$ і швидкість руху штока гідроциліндра $v_{гц}$ при тиску, для створення якого необхідний зовнішній навантажувач.

Якщо розглянути, відповідно до способу, як буде змінюватися витрата на виході насоса, якщо в область високого тиску, створюваного цим насосом, послідовно підключати гідроагрегати, що діагностуються (розподільник, потім гідромотор або гідроциліндр) і врахувати систему рівнянь (6), то одержимо для цих гідроагрегатів таку ж за значеннями систему визначальних діагностичних параметрів, як і в прототипі, але вимірювану одним засобом виміру

$$\Pi_n = nV_o - Q_n, \quad (10)$$

$$nV_o - Q_n - Q_p = P_p = \Pi_p, \quad (11)$$

$$nV_o - Q_n - Q_p - Q_{гд} = P_{гд} = \Pi_{гд}. \quad (12)$$

де Π_n , P_p , $P_{гд}$ - відповідно значення витрати, що показує той самий витратомір при діагностуванні насоса, потім розподільника, гідромотора або гідроциліндра при послідовному підключенні цих гідроагрегатів до області високого тиску, створюваного насосом (Фіг.);

$P_{гд} = P_{гм}$ - для гідромотора; $P_{гд} = P_{гц}$ для гідроциліндра.

Підставивши значення визначальних параметрів у рівняння (7-9), одержимо практично рівні значення внутрішніх витоків по прототипу і по способу, що заявляється,

$C_1 - \Pi_n$, - для насоса;

$\Pi_n - \Pi_p = \Pi_n - P_p$, - для розподільника;

$\Pi_p - \Pi_{гд} = P_p - P_{гд}$, - для гідромотора, тому що внутрішні витоки в гідромоторі від частоти його обертання практично не залежать [7, стор.129, мал.52,а)]; Але визначені ці внутрішні витоки по визначальних параметрах, розрахованих не в кожному гідроагрегаті різними засобами виміру, а в одній точці гідроприводу одним засобом виміру, що дозволило одержати зазначений технічний результат: зменшується систематична складова похибка вимірювання внутрішніх витоків, а також зменшується кількість пристроїв, необхідна для діагностування і вартість діагностування.

По наявним у заявника зведенням сукупність суттєвих ознак, що характеризує сутність винаходу, що заявляється, не відома із сучасного рівня техніки, що дозволяє зробити висновок про відповідність винаходу критерію "новизна".

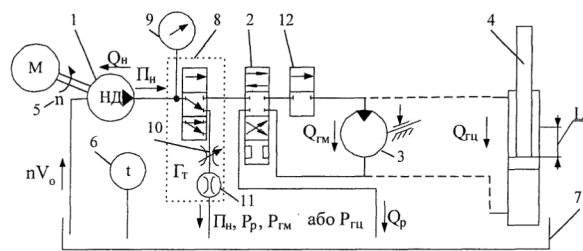
На думку заявника, для фахівця в області машинобудування, а саме по діагностиці гідроприводів мобільних і стаціонарних машин, сутність винаходу, що заявляється, не впливає явно з рівня техніки, тому що з цього рівня не виявляється сукупність основних ознак і її вплив на технічний результат, що досягається, що дозволяє зробити висновок про відповідність способу, що заявляється, критерію "винахідницький рівень".

Спосіб діагностування, що заявляється, може багаторазово використовуватися в машинобудуванні з одержанням технічного результату, що досягається, що дозволяє зробити висновок про відповідність винаходу критерію "промислового призначення".

Таким чином спосіб, що заявляється, є технічним рішенням, що відповідає усім вимогам патентоспроможності.

Література:

1. Техническая диагностика гидравлических приводов. / Т.В.Алексеева, В.Д.Бабанская, Т.М.Башта и др.; Под общ. ред. Т.М.Башты. - М.: Машиностроение, 1989. - 264с.
2. Насосы объемные гидроприводов. Правила приемки и методы испытаний. ГОСТ 14658- 86.
3. Гидроаппаратура. Правила приемки и методы испытаний. ГОСТ 20245-95 (ДСТУ 3073-95).
4. Гидроцилиндры. Правила приемки и методы испытаний. ГОСТ 18464-96 (ДСТУ 3315-96).
5. Новицкий П.В., Зограф И.А. Оценка погрешностей результатов измерений. - Л.: Энергоатомиздат. Ленингр. отд-ние, 1985.
6. Зайдель А.Н. Погрешности измерений физических величин. - Л.: "Наука". Ленингр. отд-ние, 1985.
7. Башта Т.М. Машиностроительная гидравлика: Справочное пособие. -М.: Машиностроение, 1971.



$\varphi_{i,r}$