

УДК 621.9.06: 621.822.176

АДАПТИВНА СИСТЕМА ЖИВЛЕННЯ ГІДРАВЛІЧНИХ ПІДШИПНИКІВ ВИСОКОШВИДКІСНОГО ШПИНДЕЛЬНОГО ВУЗЛА

Сапон¹ С.П., Космач¹ О.П., Федориненко¹ Д.Ю., Цеков² Б.В., Безручко¹ В.М.

1 - Чернігівський національний технологічний університет, м. Чернігів, Україна

2 - ТОВ «ПЕТ Технолоджіс Україна», м. Чернігів, Україна

***Анотація:** Представлено схемне рішення адаптивної системи живлення шпindelних гідравлічних підшипників технологічного обладнання. Експериментальним шляхом встановлено, що застосування частотно-регульованого приводу насоса в системі живлення шпindelних гідростатичних підшипників шпindelного вузла токарного прецизійного верстата дозволило підвищити показники енергоефективності об'ємного гідроприводу системи. Запропоноване схемне рішення гідравлічної системи живлення шпindelних опор з машинним регулюванням режимів подачі робочої рідини може бути використано для підвищення енергоефективності широкої номенклатури гідроприводів технологічного обладнання зі змінними режимами експлуатації.*

***Ключові слова:** система живлення, гідравлічні підшипники, шпindelний вузол, технологічне обладнання*

Одні з найважливіших показників ефективності процесів механічної обробки – точність, продуктивність, собівартість в основному забезпечуються формоутворюючими вузлами верстатів. Підвищення технічного рівня існуючих верстатів та успішне впровадження верстатів нового покоління залежить від можливості забезпечити високі показники якості та ефективності їх експлуатації.

В роботі [1] відмічено, що значний вплив на споживання електроенергії у процесі обробки чинить привод головного руху верстата (близько 30 %) і допоміжних верстатних вузлів (до 60% від загального споживання електроенергії).

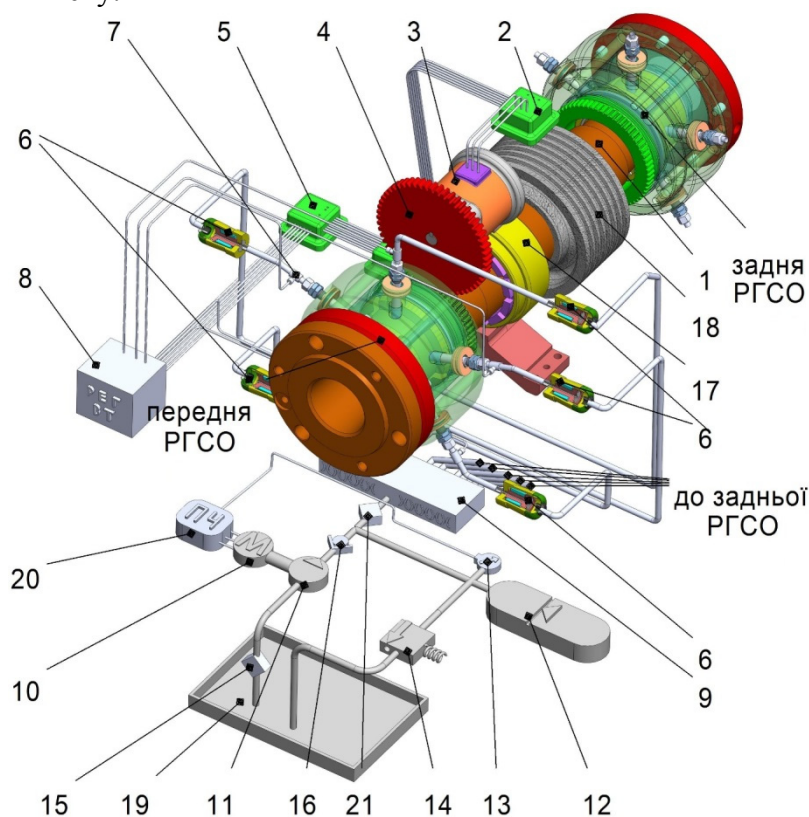
Застосування в якості опор шпindelних вузлів адаптивних гідравлічних опор є ефективним напрямком підвищення точності верстатів [2]. Суттєвою перевагою гідравлічних опор є можливість зниження експлуатаційних витрат завдяки регулюванню геометричних, експлуатаційних параметрів залежно від характеру технологічного навантаження. мають Достатньо низькі показники енергоефективності існуючих систем живлення гідравлічних шпindelних підшипників [3] зумовили актуальність виконання даної роботи.

В роботі [4] відмічено, що перспективними шляхами підвищення енергоефективності гідравлічних систем живлення опор обертових вузлів технологічного обладнання є регулювання режимами живлення та використання частотно-регульованого приводу насоса.

На рис. 1 наведено розроблену принципову конструкцію шпindelного вузла токарного верстата із адаптивною системою живлення гідравлічних опор шпинделя з використанням регульованих клапанів витрат, гідроакумулятора та частотно-регульованого приводу насоса. Для зменшення втрат потужності на в'язке тертя на високих швидкостях обертання шпинделя 1 використано конструкції регульованих гідростатодинамічних підшипників з несучими карманами еліпсоїдної форми з плавною зміною перерізу проточної частини [5, 6]. Таке конструктивне рішення дозволяє зменшити втрати потужності, обумовлені стрибкоподібною зміною перерізу проточної частини сегмента.

Живлення гідравлічних підшипників шпindelних опор здійснюється через регульовані клапани витрат рідини 6 (5 шт), пропускна здатність яких безступінчасто регулюється мікропроцесорним регулятором 5 з регулятором САК витратними характеристиками 8 залежно від частоти обертання шпинделя 1 та режимів мащення опори. В гідродинамічному режимі мащення та в режимі холостого ходу обладнання живлення підшипників здійснюється гідроакумулятором 12, насосна установка при цьому вимкнута. У разі зменшення тиску робочої рідини в системі живлення нижче попередньо встановленого значення датчик тиску 13 подає сигнал до мікропроцесора 8, що керує частотним перетворювачем 20. Частотний перетворювач

20 починає плавно збільшувати частоту вхідного струму асинхронного електродвигуна 10 приводу гідравлічного насоса 11, тим самим забезпечуючи плавне вмикання насосної установки для одночасного живлення підшипника та наповнення ємності гідроаккумулятора 12 до необхідного значення тиску.



1 – шпindel, 2 – мікроконтролер, 3 – кроковий двигун, 4 – шестерня, 5 – мікропроцесорний регулятор, 6 – регульовані клапани витрат, 7 – давач тиску, 8 – регулятор САК витратними характеристиками, 9 – колектор, 10 – електродвигун, 11 – гідронасос, 12 – гідроаккумулятор, 13 – давач тиску, 14 – розвантажувальний клапан гідроаккумулятора, 15 – фільтр чорнової очистки, 16 – фільтр тонкої очистки, 17 – опорний підшипник, 18 – шків, 19 – гідравлічний бак, 20 – частотний перетворювач

Рис.1. Принципова конструкція шпindelного вузла токарного верстата з адаптивною системою живлення

При перевищенні швидкості обертання шпindelю деякого граничного значення, що задається адаптивним регулятором 5, мікропроцесорний блок керування 8 припиняє подачу робочої рідини до програмно заданої кількості n карманів підшипника шляхом перекидання відповідних пропорційних клапанів витрат рідини 6. При цьому мащення підшипника здійснюється у гідродинамічному режимі.

З метою охолодження підшипника при роботі на високих швидкостях робоча рідина надходить до $(k-n)$ карманів підшипника.

При зменшенні швидкості обертання шпindelю нижче попередньо встановленого граничного значення мікропроцесорний блок керування 8 шляхом регулювання пропускної здатності клапанів 6 відновлює подачу робочої рідини до всіх карманів підшипника. Система переходить до гідростатичного режиму мащення.

Під час роботи технологічного обладнання на холостому ході, подача робочої рідини до k карманів підшипника зменшується до мінімального значення, що забезпечується шляхом регулювання пропускної здатності пропорційних клапанів витрат 6 мікропроцесорним блоком керування 8.

В результаті експериментальних досліджень встановлено, що застосування частотно-регульованого приводу насоса в системі живлення гідростатичних підшипників шпindelного

вузла токарного прецизійного верстата УТ16А дозволило знизити в 1,2 - 1,8 рази споживання електричної енергії двигуном приводу насоса системи живлення залежно від величини тиску робочої рідини в опорі.

Представлене схемне рішення гідравлічної системи живлення шпindelних опор з машинним регулюванням режимів подачі робочої рідини може бути використано для підвищення енергоефективності широкої номенклатури гідроприводів технологічного обладнання зі змінними режимами експлуатації.

Список літератури:

1. *Aspects of Energy Efficiency in Machine Tools* [Електронний ресурс]. Режим доступу: http://www.heidenhain.us/enews/stories_1011/MTmain.php
 2. Федориненко Д.Ю. Шпindelні гідростатичні підшипники: монографія / Д. Ю. Федориненко, С.П. Сапон – Чернігів: ЧНТУ, 2016. – 405 с.
 3. Пат. 89288 UA, МПК F16C 32/06. Регульований радіальний гідростатодинамічний підшипник / Федориненко Д.Ю., Сапон С.П., Хабібуліна А.М.; заявник і патентовласник Чернігівський національний технологічний університет. - № u201314341; заявл. 09.12.2013; опубл. 10.04.2013, Бюл. № 7.
 4. Підвищення енергоефективності технологічного обладнання з обертовими вузлами на гідравлічних опорах / [Д. Ю. Федориненко, С. П. Сапон, О. П. Космач, Б. В. Цеков] // Прогресивні напрямки розвитку технологічних комплексів: збірник наукових праць IV Міжнародної науково-технічної конференції ТК-2016 (26–28 травня 2016 р., м. Луцьк). – Луцьк: РВВ ЛНТУ, 2016. – С. 60 – 62.
 5. Патент України на корисну модель 100782 UA, МПК F16C 32/06. Регульований сегментний гідростатодинамічний підшипник / Федориненко Д.Ю., Сапон С.П., Цеков Б.В., Бойко С.В.; заявник і патентовласник Чернігівський національний технологічний університет. – № u 201501544; заявл. 23.02.2015; опубл. 10.08.2015, Бюл. № 15.
 6. Патент України на корисну модель 104015 UA, МПК F16C 32/06. Регульований радіальний сегментний гідростатичний підшипник / Сапон С.П., Цеков Б.В., Федориненко Д.Ю., Бойко С.В.; заявник і патентовласник Чернігівський національний технологічний університет. – № u 201506272; заявл. 25.06.2015; опубл. 12.01.2016, Бюл. № 1.
-