



УДК 621.9.06

Струтинський С.В., к.т.н.

НТУУ «Київський політехнічний інститут», м. Київ, Україна

РОЗВИТОК НАУКОВИХ ОСНОВ ТЕОРІЇ ПРОЕКТУВАННЯ ПРОСТОРОВИХ СИСТЕМ ПРИВОДІВ НА ОСНОВІ ВРАХУВАННЯ ОСОБЛИВОСТЕЙ РОБОЧИХ ПРОЦЕСІВ В ЕЛЕМЕНТАХ СИСТЕМИ

Просторові системи приводів у повній мірі реалізують переваги мехатронних систем гідро- і пневмоавтоматики інтегрованих із комп'ютерним керуванням. Для впровадження просторових систем приводів необхідна розробка теорії їх проектування.

Запропоновані основні положення теорії проектування. Вони включають обґрунтування технічних умов розробки та основних характеристик систем. Сформульовано ряд задач і функцій які ефективно реалізуються за допомогою просторової системи приводів. Основними з них є маніпулювання об'єктом по необхідному закону, забезпечення переміщення об'єкта по оптимальній траєкторії, точне позиціонування об'єкта в просторі із визначенням його положення та корекція положення об'єкта шляхом його просторових мікропереміщень.

Розроблені методи вибору раціонального схемного рішення просторової системи приводів. Для вирішення даної задачі розглянуто різноманітні варіанти геометричних схем просторових систем приводів. Як окремі випадки, варіанти геометричних схем включають відомі просторові системи типу трипода, гексапода, гексаглайда та інших.

Для теоретичного узагальнення всього набору можливих варіантів просторових систем приводів запропоновані системи на основі механізмів правильної геометрії, які відповідають тетраедру, кубу, октаедру та іншим правильним просторовим багатогранникам.



Уточнення схемного рішення здійснено шляхом розрахунків геометрії та кінематики просторових механізмів. Запропоновано ряд методів розрахунків просторових систем приводів. Основними із них є розрахунок на основі матрично-векторних співвідношень для шарнірних механізмів, відповідних схемним рішенням просторових систем приводів. Для невеликих просторових переміщень ланок механізмів рекомендовано методи розрахунку на основі матриць Якобі, складених для типових механізмів правильної геометрії. В окремих випадках для розрахунку геометрії і кінематики просторових систем приводів рекомендується використати спрощені розрахункові схеми просторових систем приводів у вигляді еквівалентних плоских механізмів. Універсальним методом розрахунків просторових систем є запропонований математичний апарат на основі просторових матриць сформованих з використанням методів Монте Карло. Згідно даного методу задається ряд випадкових положень просторової системи приводів. Всі параметри системи приводів у випадкових положеннях подаються у вигляді просторової матриці. В подальшому, проводиться обробка матриці із сепарацією фізично нереальних положень системи та положень, які знаходяться за межами робочого простору. Одержана в результаті просторова матриця містить всю необхідну інформацію для визначення геометрії та кінематики просторової системи приводів.

Для апробації і доопрацювання розроблених схемних рішень і визначення статичних та динамічних характеристик просторових систем приводів запропоновано використати набір блоків і модулів із яких формується макетний зразок просторової системи приводів, здійснюється макетування різноманітних систем. Із набору блоків можна сформувати близько 200 макетів системи різної конфігурації.

Основною проблемою теорії проектування є створення елементної бази просторових систем приводів. Розроблена елементна база включає комплектні пневмоприводи різноманітного виду, шарніри, які служать для з'єднання



приводів у просторові механізми, виконавчі, сервісні та допоміжні пристрої і їх системи керування. Реалізація ефективної елементної бази здійснена на основі теоретичних і експериментальних досліджень робочих процесів, що протікають в робочому середовищі елементів і вузлів просторових систем приводів. Розглянуті робочі процеси течії рідини та повітря, процеси, відповідні основним положенням теорії змащення та інші.

Основу просторової системи приводів складають комплектні пневмоприводи. Як правило, вони реалізуються з використанням пневмодвигунів поступальної дії агрегатованих із приводами мікропереміщень. В якості пневмодвигунів використані пневмоциліндри, шлангові пневмодвигуни (пневмомязи) та сильфонні пневмоприводи, укомплектовані пружинами зворотнього ходу та демпферними пристроями. Для вибору параметрів приводів досліджено робочі процеси течії повітря в проточній частині приводів. Враховані особливості наповнення порожнин пневмоприводів повітрям при докритичних та надкритичних режимах течії повітря в пневмолініях. Також досліджені режими витікання стисненого повітря із порожнин та процеси, що визначають пульсації тиску в пневмосистемі.

Виконано теоретичні розрахунки динамічних процесів спрацювання пневмоприводів. Вони підтверджені результатами експериментальних досліджень. На основі проведених досліджень розроблені пропозиції по поліпшенню динамічних характеристик просторових систем приводів. Зокрема, запропоновано застосування пасивних і активних демпфуючих пристроїв. Розроблені активні демпфери коливань із феромагнітною рідиною та досліджені їх характеристики. Дані пристрої мають сферичні порожнини із феромагнітною рідиною, в які поміщені магнітні сфери. Досліджено робочі процеси течії феромагнітної рідини в порожнині демпфера при хаотичних переміщеннях корпусу демпфера.



Прогресивними конструкціями просторових систем є безшарнірні просторові системи сільфонного типу. На основі сільфонних пневмоприводів реалізовано приводи у вигляді структур складених із модулів, що об'єднують по три приводи, побудовані по трикутній схемі. Для поверхневих (планарних) систем приводів модулі здійснюють тріангуляцію поверхні на якій розташована система приводів. У просторовому варіанті безшарнірні пружно-деформовані системи приводів являють собою геометричні структури октаедричного виду різноманітної конфігурації. Поверхневі структури складені із октаедрів, призначені для роботи в замкнених об'ємах типу щілин або трубопроводів. Вони мають можливість переміщення в замкнених об'ємах по криволінійних поверхнях, вертикальних стінках та склепінню.

Крім геометрично змінних та пружно-деформованих систем запропоновані просторові системи приводів, побудовані за іншими принципами. Особливим видом просторових систем приводів є запропоновані пластично деформовані шарнірні та безшарнірні системи які об'єднують термомеханічні мехатронні приводи на основі сплавів з пам'яттю форми. В таких приводах здійснена попередня пластична деформація. При підвищенні температури привод відновлює початкову форму, яку він мав до пластичної деформації. Нагрівання привода здійснюється пропусканням через привід електричного струму. Досліджено робочі процеси відновлення форми привода і встановлено їх особливості.

Основними складовими елементної бази просторової системи приводів є шарнірні вузли. Запропоновано ряд конструкцій сферичних шарнірів у тому числі безконтактні прецизійні аеростатичні та гідростатичні шарніри. Розроблено ряд оригінальних технічних рішень шарнірів підвищеної точності та демпфуючої здатності. Розроблено ряд оригінальних регульованих сферичних шарнірів рідинного тертя. Проведені теоретичні та експериментальні дослідження гідродинамічних процесів у шарнірах рідинного



*Міжнародна науково-технічна конференція "Гідроаеромеханіка в інженерній практиці"
Секція 2*

"Гідропневмоприводи системи механотроніки"

тертя. Встановлено розподіл гідродинамічних параметрів при течії рідкого середовища в шарнірах. Визначено траєкторії руху частинок рідини в зазорах, розподіл швидкостей та полем статичного тиску. Досліджено особливості вихроутворення, закономірності пристінних течій та течій в критичних областях контрольного об'єму рідини. Зокрема, визначено параметри течії в зазорах при наявності анізотропії властивостей робочих поверхонь шарнірів, виготовлених із застосуванням комп'ютерно-інтегрованих методів технології машинобудування. Встановлено, що наявність особливого мікропрофіля робочих поверхонь впливає на характеристики течії рідини. Запропоновано їх теоретичний опис тензорними коефіцієнтами гідравлічного опору.

Розроблені і досліджені різноманітні конструкції магнітних шарнірів із феромагнітною рідиною. На основі розв'язку рівнянь магнітної гідродинаміки визначені особливості робочих процесів у магнітних сферичних шарнірах. Теоретичні результати підтверджені проведеними експериментальними дослідженнями. Визначено вплив індукції магнітного поля на розподіл швидкостей у феромагнітній рідині, що рухається в порожнинах шарнірів. Дослідження особливостей робочих процесів послужило основою розвитку наукових основ теорії проектування просторових систем приводів.