

Драч І.В., Ройзман В.П.

Хмельницький національний університет

МОДЕЛЮВАННЯ РОБОТИ РІДИННОГО АВТОБАЛАНСУЮЧОГО ПРИСТРОЮ. СУТЬ ЯВИЩА ПАСИВНОГО АВТОБАЛАНСУВАННЯ РОТОРА

Досвід використання автобалансувальних пристроїв показує, що існуюча теорія автоматичного балансування неточно описує процеси, які відбуваються з робочими тілами, а саме рідинами, під час їх роботи, і потребує уточнення. У статті подається фізичне пояснення роботи АБП з рідкими робочими тілами на основі побудованих математичних моделей поведінки системи ротор-робоча рідина.

Experience of using automatic balancing units shows that existing theories for automatic balancing describe processes with work bodies, particularly with liquids, during their operation with poor accuracy and need to be improved. Besides, there's a necessity to develop mathematical model, which would describe work of liquid ABU and consider hydraulic properties of liquid. Mathematical models describing behavior of liquid in chamber has been developed and researched.

Спосіб балансування роторів, який розглядається, є перспективним в першу чергу завдяки тому, що пасивні АБП мають ряд переваг [1]. Найважливіша - пасивні АБП надійні в експлуатації, працюють, споживаючи енергію самого ротора; немає необхідності витрачати велику кількість потужності двигуна для подолання значної напруги між осями та підшипниками в критичному діапазоні обертання, отже, це енергозберігаюча технологія.

Вперше зробив спробу теоретично обґрунтувати принцип дії АБП у циклах своїх статей Сирл (E.L.Thearle) [2]. Він запропонував плоску модель ротора і АБП. У її рамках у ротора існує єдина критична швидкість, при перевищенні якої ротор починає обертатися легкою стороною назовні і починає проявлятися явище самоцентрування ротора, яке і було покладено Сирлем в основу принципу роботи усіх пасивних АБП. Насправді, тут явище самоцентрування видається за явище самобалансування.

Підходи і результати робіт E.L.Thearle склали основу наступних досліджень.

Оскільки умова зрівноваженості ротора при певному розташуванні рідини у порожнині АБП є розв'язком статичної задачі і не залежить від наявності величини зовнішнього демпфірування, то існуюча теорія рідинних АБП обмежується розглядом ідеалізованої роторної системи без демпфірування і без урахування гідродинамічних властивостей рідини. Ці дослідження показали обмеженість діапазону ефективної роботи пасивних АБП з рідиною, що суттєво стримувало широке їх застосування.

Однак, практика застосування рідинних АБП показала, що в реальних системах теоретичні висновки, одержані при розгляді ідеалізованої системи, не завжди

підтверджуються. Це вимагає аналізу роботи рідинного АБП в реальній системі із врахуванням дії зовнішнього демпфірування і гідравлічних властивостей рідини.

У статті розглянуто, як на характер руху рідини в порожнині впливає зовнішнє демпфірування, властиве реальним системам: так, у системі без демпфірування площини прогину і дисбалансу збігаються, а в реальних системах зовнішній опір обумовлює відставання площини прогину від площини дисбалансу. Виникаюча при цьому тангенціальна складова відцентрових сил інерції сприяє приведенню рідини у порожнині АБП у положення, що відповідає зменшенню загального дисбалансу системи навіть на докритичній швидкості.

Для побудови моделі поведінки рідини в АБП користувались такими властивостями рідин: будь-який об'єм рідини здатний як завгодно змінювати свою форму під дією як завгодно малих сил; сили в'язкості враховуються тільки при розгляді досить швидких рухів, коли зрушення в рідині змінюються з досить великою швидкістю. Ці сили не відіграють ролі в задачах про рівновагу рідини.

Розглянуто роботу найпростішої реальної системи, що містить у собі АБП із рідиною, для вертикального ротора, що обертається з кутовою швидкістю ω , меншою критичної ($\omega < \omega_{кр}$).

Одержані результати дозволяють зробити наступні висновки.

При кутовій швидкості нижчій за критичну в реальній роторній системі фазовий кут між площинами дії сили і прогину, обумовлений зовнішнім опором, створює умови для переміщення рідини у порожнині в напрямку, зворотному до обертання ротора. При цьому рідина може зупинитися в положенні, коли сумарний дисбаланс системи буде меншим початкового, тобто проявиться ефект балансування. Таким чином, з'являється можливість розширення області застосування АБП із рідиною.

Ефективність балансування зростає при збільшенні фазового кута, тобто при збільшенні зовнішнього опору і при наближенні кутової швидкості до критичної. При цьому тертя створює зони рівноваги рідини в порожнині і підвищує імовірність прояву ефекту балансування на докритичній швидкості.

Посилання

1. Справочник по балансировке. / Под общей редакцией М.Е. Левита. – М.: Машиностроение, 1992. –464 с.
2. Thearle E.L. Automatic dynamic balancers (Part 1. leblanc balancer), 1950 Machine Design, 22, pp. 119–124, 1950.

Авторські дані

1. Драч Ілона Володимирівна

кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри прикладної математики та соціальної інформатики, докторант Хмельницького національного університету

2. Ройзман Вілен Петрович

доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри радіотехніки та зв'язку Хмельницького національного університету