

ДОСЛІДЖЕННЯ ДИНАМІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ Н-РОТОРІВ ДАР'Є ЗМІННОЇ КОНФІГУРАЦІЇ

Тарасов С.В., Дорош О.В.

Інститут транспортних систем і технологій НАН України, Україна

Анотація. *Проведено розрахунки власних частот і форм коливань типового конструктивного вузла Н-роторної конструкції Дар'є. Він включає ковзну траверсу і лопатку, закріплену на її кінці. Отримано залежності власних частот висувної траверсно-лопатевої установки від номера форми коливань при різних значеннях величини траверси, а також залежність власних частот від ступеня траверси для п'яти форм коливань.*

Ключові слова: *динамічна модель, ротор Дар'є, лопаті та траверси змінної довжини, власні частоти, форми коливань.*

Досвід експлуатації вертикально-осьових вітроустановок з Н-ротором Дар'є показав, що довговічність їх конструкції суттєвим образом залежить від їх здатності протистояти тривалим аеродинамічним навантаженням, що мають коливальний характер. Встановлено, що змінні аеродинамічні навантаження в конструкціях роторів і вітроустановок в цілому мають подвійну природу. З одного боку вони обумовлені змінністю швидкості вітрового потоку та щільності повітря, що залежить від низки параметрів. З іншого боку навіть при постійній швидкості вітру і його щільності істотним джерелом збуджуючих механічних впливів є ротор, що обертається. При русі лопатей по круговій траєкторії величини аеродинамічних сил, що впливають на елементи ротора – лопаті і траверси – змінюються в широкому діапазоні в залежності від його кутової швидкості.

Аналіз характеру зміни вітрових потоків і робочих характеристик вітроустановок показав, що процеси зміни природної швидкості вітру і щільності повітря мають частоти суттєво нижчі за частоти обурливих впливів, викликаних обертанням ротора. Показано, що при дослідженні характеру зміни динамічних властивостей роторів змінної конфігурації – власних частот і форм коливань – треба орієнтуватися на обурювальні впливи, які викликані саме обертанням ротора [1,2]. Кутова швидкість обертання ротора є першою основною частотою впливів, що збуджують. Друга частота

збуджень – це частота проходження лопатей перед опорою. Вона визначається як добуток числа лопатей на частоту обертання ротора. Вітроустановка повинна бути спроектована таким чином, щоб власні частоти її елементів конструкції не збігалися із зазначеними частотами впливів, що збуджують.

Актуальність цих досліджень безсумнівна, оскільки за збігу власних частот елементів ротора з частотою його обертання виникають небезпечні резонансні явища конструкції ротора і опори здатні призводити до руйнації їх конструкції. При резонансних режимах роботи ротора деформації лопатей і траверс збільшуються, приводячи до екстремальних навантажень у їх конструкції, причому проблема з резонансом ускладнюється, коли його кутова швидкість варіюється.

Зміна довжини лопатей і траверс ротора в процесі роботи вітроустановки призводить до зміни їх жорсткості та перерозподілу мас у конструкції. Це зумовлює змінність власних частот зазначених елементів конструкції, що ускладнює процес конструювання таких вітроустановок за рахунок узгодження власних частот всіх елементів конструкції в різних режимах роботи.

Проведено розрахунки власних частот і форм коливань типового конструктивного вузла конструкції Н-ротора Дар'є. Він включає розсувну траверсу та закріплену на її кінці лопать. Прикладом вітроустановки зі схожим конструктивним вузлом траверса-лопатель, але з нерозсувною траверсою, є розроблена і виготовлена на попередніх етапах досліджень вертикально-осьова установка з Н-ротором Дар'є потужністю 20 кВт.

Зміна просторової конфігурації розсувного ротора може бути конструктивно реалізовано трьома шляхами – керованим розсуванням/всуванням тільки траверси, тільки лопаті та спільно траверси та лопаті. Порівняльна оцінка порівняльної ефективності цих трьох способів зміни конфігурації роторів є основною метою проведених досліджень.

На даному етапі досліджувалась динаміка конструктивного варіанту вузла траверса-лопатель з розсувною траверсою для вітроустановок потужністю 20 і 30 кВт, що мають, відповідно, дві і три лопаті. Вузли виконані конструктивно ідентично.

Власні частоти та форми коливань були розраховані для десяти різних конфігурацій вузла розсувна траверса-лопать. Ці конфігурації відрізняються довжиною пружної розсувної траверси.

Конфігурації за допомогою варіювання довжини траверси змінюються від стану нульового висування до повного, проходячи через десять проміжних положень. Розрахунки проводилися методом кінцевих елементів із використанням спеціалізованого пакета високого рівня.

Отримано залежності власних частот вузла висувна траверса-лопать від номера форми коливань при різних значеннях величини висування траверси, а також залежності власних частот від ступеня висування траверси для п'яти форм коливань. Ці залежності дозволяють встановити загальні тенденції у динамічних процесах при власних коливаннях вузла. Зі зростанням величини висування траверси діапазон зміни власних частот для форм коливань, що враховуються, зменшується. Це важливо враховувати при "відбудові" власних частот вузла від частот впливу, що збуджують, конструктивним шляхом. Показано, що зі збільшенням довжини траверси власні частоти зменшуються.

ЛІТЕРАТУРА

- 1.Fadil J., Soediby, Ashari M. Performance analysis of vertical axis wind turbine with variable swept area /IEEE 2017 International Seminar on Intelligent Technology and its Applications (ISITIA) - Surabaya (2017.8.28-2017.8.29) 217–221. doi:10.1109/ISITIA.2017.8124083
- 2.Модельовання і розрахунок аеродинаміки, динаміки і напружено-деформованого стану елементів конструкції перспективних систем енергозабезпечення і підсистем магнітолевітуючих транспортних засобів : звіт про НДР (заключн.) / Інститут транспортних систем і технологій НАН України; наук. кер. розділу НДР С.В.Тарасов. Шифр теми 1.3.6.17, Дніпро, 2020. 628с.

STUDY OF DYNAMIC PARAMETERS OF H-ROTORS OF VARIABLE CONFIGURATION

Serhii Tarasov, Olha Dorosh

Abstract. *Calculations of the natural frequencies and forms of oscillations of a typical structural assembly of the H-rotor design of Dareus were carried out. It includes a sliding traverse and a blade fixed at its end. The dependencies of the eigenfrequencies of the extendable traverse-blade unit on the number of the vibration form at different values of*

the traverse extension value, as well as the dependence of the eigenfrequencies on the degree of traverse extension for five forms of oscillations, were obtained.

Keywords: *dynamics model, Darius rotor, blades and traverses of variable length, natural frequencies, forms of oscillations.*

REFERENCES

1. Fadil J., Soedibyo, Ashari M. Performance analysis of vertical axis wind turbine with variable swept area /IEEE 2017 International Seminar on Intelligent Technology and its Applications (ISITIA) - Surabaya (2017.8.28-2017.8.29) 217–221. doi:10.1109/ISITIA.2017.8124083
2. Modelyuvannya i rozrakhunok aerodynamiky, dynamiky i napruzhenno-deformovanoho stanu elementiv konstruktsiyi perspektyvnykh system enerhozabezpechennya i pidsystem mahnitolevituyuchykh transportnykh zasobiv : zvit pro NDR / Instytut transportnykh system i tekhnolohiy NAN Ukrayiny; nauk. ker. rozdil NDR S.V.Tarasov. Shyfr temy 1.3.6.17, Dnipro, 2020. 628p.