Получена #9
08.07.2019г.

РЕЦЕНЗИЯ

върху дисертационен труд за придобиване на образователна и научна степен **„ доктор“**
Професионално направление: 5.1 Машинно инженерство
Научна специалност: Приложна механика
автор на дисертационния труд: **маг. инж. Иво Ангелов Ангелов**
тема на дисертационния труд: **Динамични изследвания на конструктивни елементи на ветрогенератор от висок клас, отчитайки аеродинамичното взаимодействие при нехомогенно, нестационарно разпределение на вятърния поток**
Рецензент : доц. д-р инж. Петко Веселинов Синапов
Катедра **„Механика“**, ТУ – София

1. **Актуалност на разбработвания в дисертационния труд проблем в научно и научно-приложно отношение**

Основен сектор на енергетиката е производството на електрическа енергия. Машините, използващи вятъра, като енергиен източник за производство на електричество са бързо развиващ се отрасъл в световната енергетика през последните години. Основната причина за постоянно нарастващото приложение на ветрогенераторите е, че вятърът попада в областта на възобновяемите източници на електрическа енергия.

В тази връзка основната цел на дисертационния труд е насочена към изследване на поведението на вятъра, въздействието му върху производителността на определена ветрогенераторна установка и динамичното му въздействие върху конструктивни елементи на същата установката.

Поставената основна задача в дисертационния труд е актуална и дава съществен принос, необходим при моделиране, конструиране и изследване на ветрогенераторни установки. Решените конкретни задачи ще послужат, като отправна точка на изследователи, работещи в тази област на науките.

2. **Степен на познаване на състоянието на проблема и творческа интерпретация на литературния материал**

Докторантът е направил обстоен анализ за съвременно състояние на задачите, свързани с моделирането и анализа на аеродинамичното взаимодействие на вятъра с ветрогенераторите установки. Литературният обзор обхваща 18 страници. Използваната литература обхваща 84 източника, като смятам, че посоченият брой източници са достатъчни за решението на поставената задача.

В работата се наблюдава добро познаване на състоянието на проблема, като авторът е проявил творчество в усъвършенстване на класическата BEM теория.

3. **Съответствие на избраната методика на изследване с поставена цел и задачи за решаване**

В края на литературния обзор са формулирани целите и задачите на докторската работа, и решението им е представено последователно в глави 2, 3 и 4.

В глава 2 на дисертационния труд са използвани класически подходи за моделиране на вятъра и изследване на аеродинамичното въздействие между вятъра и ветрогенераторната система. Приложен е разширен BEM метод за числено определяне на силите и моментите, натоварващи лопатките на турбината на прототипен ветрогенератор от висок клас NREL5MW. За потвърждение са извършени множество симулации с помощта на Fluent – WorkBench Ansys и FlowSimulation - SolidWorks.

В глава 3 е направен динамичен анализ на кулата на ветрогенератор NREL5MW. Определени са собствените честоти и форми на кулата по три различни метода: като система с разпределени параметри, като черупкова структура и дискретизиран модел с метод на крайните елементи в Ansys – WorkBench. Направена е съпоставка между трите изследвания. За изследване на принудените трептения, частните диференциални уравнения са решени с помощта на Matlab. Активните сили и моменти са определени с метод на Шинозука. В резултат е определен законът на движението на кулата на ветрогенератора при три различни външни смущения- разпределен товар, аксиална сила и огъващ момент.

В глава 4 е направен динамичен анализ на лопатката на ветрогенератор NREL5MW. Разгледано динамичното поведение на лопатка, в следствие на аеродинамично взаимодействие с нехомогенно, нестационарно флуидно поле. Лопатката е описана като греда на Ойлер-Бернули. Определини са собствените честоти и форми, които са необходими за анализ на принудените напречни трептения, породени от външно натоварване. Законът на движението е определен числено с помоща на Matlab.

В същността на работата може да се приме, че докторантът показва умело владеене на познантата теория за анализ на аеродинамичното въздействие и теория на трептенията, като за решаване на задачите си служи с подходящи аналитични методи и съвременни софтуерни продукти.

4. **Основни научни и научно-приложни приноси на дисертационния труд**

Научни приноси

- Доразвита е класическата BEM теория чрез отчитане влиянието на вертикалния, скоростен, ветрови градиент.

Научно-приложни приноси

- Доразвитата класическата BEM теория е приложена за аеродинамичен анализ на елементи от ветрогенератор NREL5MW;
- Моделирано е нехомогенно, нестационарно флуидно поле, чрез което се описва взаимодействието на вятъра и лопатките на турбината;
- Чрез доразвитата BEM теория е разработен числен алгоритъм за снемане на параметрите на аеродинамичното взаимодействие на нехомогенно, 36 нестационарно ветрово поле с турбинния диск на ветрогенератор NREL5MW;

- Принудените трептения на кулата на ветрогенератор NREL5MW, породени от нестационарно, нехомогенно ветрово поле, са изследвани чрез теорията на Ойлер-Бернули
- Установено е, че разпределението на вятъра по височина влияе слабо, в границите на 1% върху въртящия момент и изходящата мощност на ветрогенератора;
- Установено е, че променливото вертикално разпределение на вятъра, както и прекъснатостта му във времето, изменят значително аеродинамичното въздействие върху лопатките на турбината и кулата на ветрогенератора;
- Получените собствени честоти и форми на кулата на ветрогенератор NREL5MW чрез изследване на модела по теорията на тънката черупка на Лав-Кирхов съответстват на известните в литературата данни.

Приложни приноси

- Създаден е механо-математичен модел на взаимодействието на лопатката на ветрогенератор NREL5MW с моделирания ветрови поток.
- Реализиран е програмен алгоритъм по МКЕ за решение уравнението на Ойлер-Бернули при напречни принудени трептения на лопатката;
- Установено е, че кулата на ветрогенератор NREL5MW показва поведение на черупкова структура;
- Създадени са програмни реализации за визулизация на динамиката на ветрогенератора.

5. Оценка на личното участие на докторанта

На базата на лични впечатления от съвместната ни работа и от предоставените материали, смятам, че представената докторска работа е направена от докторанта под ръководството на неговите научни ръководители.

6. Преценка на публикациите по дисертационния труд

По дисертационния труд са направени 4 публикации. Една е самостоятелна. Всичките са докладвани на международни конференции в страната.
Публикациите се отнасят до определени части от дисертацията.

7. Мнения, препоръки и бележки

В работата могат да се направят следните препоръки и забележки:

В глава 1

- При задвижвана турбина е препоръчително да се използва определението репелер, а не пропелер (фиг. 1.4).
- В литературния обзор липсва преглед на изследвания, свързани с ветрогенератори.

В глава 2

- Препоръчително е текста към фигурите да е на кирилица.

- При определяне аеродинамично взаимодействие на вятъра с кулата е необходимо да се отчете въртящата се турбина пред кулата.

В глава 3

- Уравнение 3.23 е общо решение на (3.10), включващо хомогенното и частното решение, а не само частното решение.

-Има несъответствие в стойностите на собствените честоти в първите колони на табл. 3.2. и табл. 3.4.

В глава 4

- В бъдещи изследвания препоръчвам да се вземе предвид, че лопатката не е натоварена на чисто специално огъване. Препоръчвам да се направи по-обстоен модел.

В текста към дисертацията не липсват техничестки грешки.

8. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Отчитайки актуалността на изследванията и постигнатите приноси смятам, че представеният дисертационен труд отговаря на изискванията посочени в Закона за развитието на академичния състав в република България и в Правилника за условията и реда за придобиване на научни степени в Технически университет – София .

Това ми дава основание да предложа на научното жури да присъди образователна и научна степен „доктор“ на маг. инж. Иво Ангелов Ангелов в професионално направление 5.1. Машинно инженерство, Научна специалност „ Приложна механика“.

08.07.2019 г.

Рецензент:.....

/доц. д-р инж. П. .Синапов/