FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA

Kolozsvár, 2000. március 24-25.

A szélgenerátor oszlop dinamikai elemzése számítógépes áramlástanival modellezéssel

Horváth Gábor

Tóth Gábor

Tóth László

Összefoglalás

The main consideration in the wind turbine analysis was the on site wind induced vibrations and dampening modes. The frequency of the vortices behind the tower could be the same as the natural frequencies of the tower and it will influence the fatigue lifetime.

The continental wind conditions differ from the coastal area in the manner of higher towers. The coastal towers are 30-40 m high while the towers installed at continental area are usually 60-100 m high, nowadays. The Hungarian installation is expected in the future. The technical and mechanical questions should be answered in the case of Hungarian tower production.

The work presents a methodology developed for the structural and dynamic analysis of wind turbine tower in order of feasible production. The flow around the tower was modeled with Computational Fluid Dynamics, wind speed data has been used for describing the structure's vibrations. Mainly wind tunnel tests were used in this field in the past. Results from a finite element structural analysis pointed on critical points and let us optimize the geometry.

A tartószerkezetek tervezésénél alapvető tervezési probléma az adott helyen kialakuló szélviszonyok okozta kényszerrezgések és a transzverzális lengések rezonanciája. Mivel ha a szél okozta leválások időbeni eloszlása megegyezik a szerkezet sajátfrekvenciájával, ez az anyag repedéséhez vezet.

A kontinentális telepítés jellemzője, hogy a szélgenerátor oszlopok magasabbak. A tengerparton 30-40m magasak, míg a belföldön 60-100 m magasak. Magyarországon való megjelenésük várható a közeljövőben. Az oszlopok hazai gyártása esetén fel kell készülni a műszaki, mechanikai feladatok megoldására.

A munka célja annak elemzése, hogy hogyan lehet optimális költséggel, a helyi (főként kontinentális) szélviszonyokhoz előnyös, és gyártási technológiát egyszerűsítő szélgenerátor oszlopot tervezni, kivitelezni. Ehhez a végelem modellezés módszerével le kell írni az oszlopok körül kialakuló légáramot,

illetve a szél hatását a szerkezetekben kialakuló feszültségeloszlásra illetve rezgésekre. Eddig az ilyen elemzéseket kismintákkal végezték, ami csak közelítő értékekkel szolgál. A kutatás választ adna a kritikus pontok elhelyezkedésére, illetve lehetőséget biztosít a tömeg optimalására.

Bevezető

A megújuló energiaforrások hasznosítása ismét aktuálissá válik. Az atomenergia veszélyes hulladéka és az erőművek természetváltoztató hatása időszerű téma. Egyik legfontosabb környezetet nem szennyező energiaforrás a szél. A szélenergiát ősidők óta használja az emberiség. Eleinte a szelet hajózásnál és malmok hajtásához használták. Mai alkalmazásának legelterjedtebb módjai a villamos áram termelés és a vízhúzás. Kezdetben a jó szélviszonyok miatt a tengerparton telepítettek szélgenerátorokat, majd a technológia fejlődésével csökkent a szélerőművekben előállított villamos energia ára, így egyre beljebb jelennek meg a szárazföldön. Manapság a szélenergia az egyik legígéretesebb megújuló energiaforrás.

Módszer

A kitűzött feladatban a tartószerkezet mechanikai és áramlástan vizsgálatát együtt valósítjuk meg.

A rendszer energiája váltakozva mozgási, illetve helyzeti energiává alakul. Az energiaátalakulások ütemét a rendszer önlengésszáma, illetve gerjesztett lengés esetén a gerjesztőhatás frekvenciája szabja meg (1. ábra). Ha a széláramlás útjába egy testet helyezünk, e test két oldalán felváltva légörvények válnak le, amelyek oldalirányban mozgatják a testet. Ha ez az örvényleválás periodikus, akkor a testet állandó sebességű szél is rezgésre gerjesztheti, keresztirányban. A leváló örvények frekvenciáját számítógépes áramlástan modellezéssel határoztuk meg. (2. ábra)

A modell felépítése előtt meg lett határozva a vizsgálandó frekvenciatartomány figyelembe véve az adott környékre jellemző szélviszonyokat. A kutatásban a fő hangsúlyt a szerkezeti elemek lehetséges végelemek modellezése adja (9. ábra). Az első lépésben az oszlop körüli áramlás számítógépes leírására került (3-5. ábra) sor. A második lépés a szerkezetben ébredő feszültségek meghatározása. A két lépésben kapott eredmények egymásra hatását és kölcsönös módosítását végezzük el. Az eredményünk egy komplex tervezési rendszer, ahol a profiltól a szilárdtest modellig számíthatóak az adatok. A szélgenerátor oszlop sajátfrekvenciái a nagy generátor tömeg következtében a sima oszlopokhoz viszonyítva teljesen más jellegű összefüggést adnak. Így más jellegű mérésekre is szükség van. A modellkísérletekben nehéz egyszerre biztosítani az áramlástan és az elasztomechanikai hasonlóságot, még további nehézségek merülnek fel a rezgés és az áramlás egymásra hatásának modelleken való tanulmányozásában ezért ebben nagy segítséget biztosított a számítógépes áramlástan modellezés.

1. ábra A rezgések leírása (A) periodikus, B) csillapított, C) gerjesztett

2. ábra A Kármán-féle örvénysor

3. ábra Az oszlop térbeli áramlási modellje

4. ábra Sebességvektorok az oszlop körül

5. ábra Örvények az oszlop mögött

6. ábra Az oszlop sajátlendései

Eredmények

- Az optimális oszlop kialakítása
- A tengerparti és kontinentális viszonyok között működő szélgenerátorok tervezése közötti különbségek feltárása
- A rezgések méréséhez új műszer kialakítása
- Az oszlopokon várhatóan fellépő rezgések elemzése végeelem módszerrel
- Eljárás kialakítása az oszlop tervezésére és méretezésére a fellépő rezgésekre való tekintettel
- A meglévő oszlopok tömegének csökkentésére elméleti modell kidolgozása
- Anyag kifáradás becslése illetve elkerülésének módja
- Szél és rezgések kölcsönhatása közötti összefüggés feltárása
- Sajátfrekvenciák és szél kölcsönhatásának leírása
- Magasabb oszlopoknál anyagoptimalás
- Geometria, anyag megválasztás rezonancia elkerülése végett
- Oszlop és lapát kölcsönhatásának leírása
- Az oszlop rezgésének mérséklése, a rezgések hatásának modellezése a tartószerkezetre
- Számítógépes feldolgozás a tervezés minden egyes lépésében (végeelem módszer, Fourier analízis)

Irodalom

1. Bossanyi, E.A. *BLADED for Windows Theory Manual*. Bristol, England: Garrad Hassan and Partners Limited, September 1997.
2. Horváth, G., Tóth L.: *A computer aided frequency analysis of a wind turbine*, British Wind Energy Association Annual Conference, Cambridge. 1999.
3. Kaiser, K.: *Where Comes the Damping From ?* Proceedings EWEC'97, Dublin, 1997.
4. Ludvig, Gy.: *A gépek dinamikája*. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1973.
5. Gourieues, D.LE: *Windpower plants*. Pergamon Press, Oxford, 1982.
6. Kollár L.: *A szél dinamikus hatása magas építményekre*. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1979.

Horváth Gábor Ph.D. hallgató

Tóth Gábor Ph.D. hallgató

Dr. Tóth László egyetemi tanár

Szent István Egyetem Gépészmérnöki Kar

Agrárenergetika és Élelmiszeripari Gépek Tanszék

Email: ghorvath.aacet@mgk.gau.hu

Tel: 36-209-914-330

Fax: 36-28-420-997