

Tesi di Laurea

Design Aerodinamico ed Analisi Aeroelastica Preliminare del rotore di una turbina eolica ad asse orizzontale da 50kW

Relatore
Ch.mo Prof. Ing. D.P. Coiro

Candidato

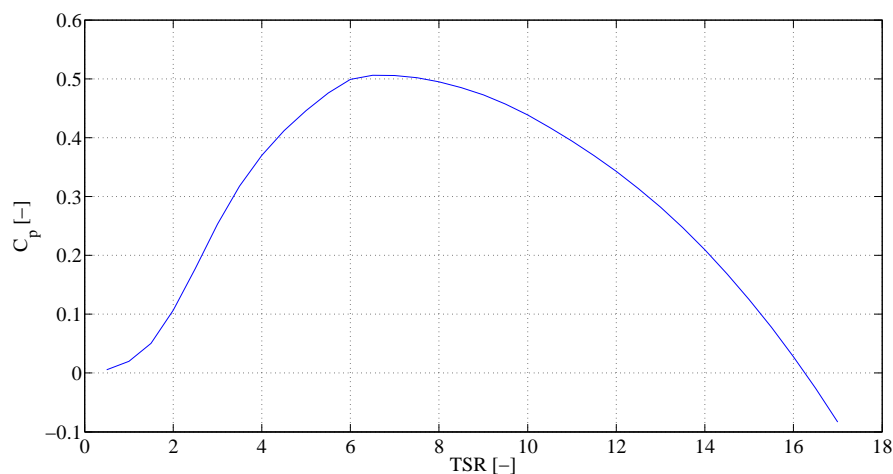
Correlatore
Dott. Ing. F. ScherilloElia Daniele
matr. 335/138

Sommario

Questo lavoro riguarda il progetto aerodinamico ed una preliminare analisi aeroelastica del rotore di una turbina ad asse orizzontale da 50 kW, con meccanismo di controllo attivo del passo.

La prima parte riguarda il progetto aerodinamico della pala, basandosi sul requisito di un'elevata efficienza in termini di coefficiente di potenza, il che richiede lo studio sia di un'accurata geometria esterna, quindi, distribuzioni di corde e calettamento, che un particolare disegno dei profili da disporre lungo l'apertura per esaltare le prestazioni di efficienza massima per un particolare valore del carico aerodinamico ottimale determinato con la teoria di GLAUERT. Partendo infatti da alcune considerazioni di carattere generale, come la dipendenza dei principali parametri prestazionali della pala, quali il coefficiente di potenza C_P e la prestazione di coppia alla partenza, che hanno richieste opposte, dalla variazione dei principali parametri che descrivono le curve polari, sia portanti che resistenti, di un singolo profilo utilizzato per tutta la pala, si è potuto discriminare la scelta di diverse coppie di profili (più spessi in radice, più sottili all'estremità) che cercassero di massimizzare, sulla base di quelle indicazioni, i suddetti parametri prestazionali.

A questo punto si è operata una scelta di semplificazione della geometria esterna della pala, cercando di costruire distribuzioni lineari di corde, il che conduce al rintracciamento di una legge per il coefficiente di portanza ottimo in ogni sezione. Per tali valori del coefficiente di portanza sono stati disegnati diversi profili speciali, tramite un programma di ottimizzazione basato su metodi a gradiente sviluppato presso il DIAS, capaci di massimizzare la loro efficienza proprio in corrispondenza dei valori di coefficiente di portanza richiesti dalla distribuzione ottima.

Coefficiente di potenza in funzione del TSR

L'utilizzo di siffatti profili ha permesso il raggiungimento di un valore del coefficiente di potenza ben al di sopra di quello previsto dal dimensionamento preliminare, e contemporaneamente far sì che la prestazione alla partenza sia molto interessante, permettendo di ridurre notevolmente la velocità del vento necessaria per la rotazione del generatore collegato all'albero, e quindi, la produzione di energia elettrica da inserire in rete.

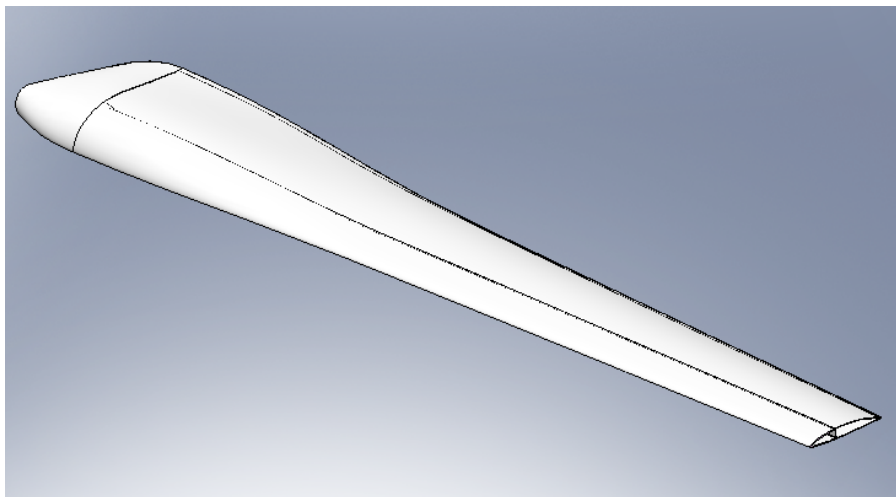
Le caratteristiche dei profili particolari cui si è giunti permette di raggiungere anche in condizione di transizione forzata in prossimità del bordo di attacco, quindi, simile a quella provocata da flusso molto turbolento e presenza di detriti sulla pala, delle prestazioni di tutto rispetto, almeno pari a quelle previste dal dimensionamento preliminare, ovvero, con una perdita del solo 10% rispetto a quelle nominali in flusso pulito.

La seconda parte riguarda una preliminare stima delle sollecitazioni agenti sulla pala a causa delle forzanti aerodinamiche e della forza centrifuga tramite la teoria di DE SAINT VENANT in condizioni di carico particolarmente critiche, soprattutto per i margini di sicurezza per le sollecitazioni e le deflessioni massime per la stima della distanza del mozzo della turbina dalla torre di sostegno. Tutto ciò è stato realizzato grazie ad un programma scritto in MATLAB, dotato di una semplice interfaccia grafica, che permette di disegnare le sezioni della pala, con diverse componenti come longheroni, flange, ispessimenti, etc. e successivamente di calcolare la posizione di baricentro e centro di taglio, oltre alla caretteristiche di rigidità: in questo modo è stato possibile di disegnare le sezioni per meglio contemplare requisiti di leggerezza e rigidità.

In queste analisi si è potuto riscontrare un sufficiente margine di sicurezza per le sollecitazioni derivanti dal momento flettente introdotto dai carichi aerodinamici e dallo sforzo normale prodotto dall'azione della forza centrifuga più elevato del valore definito dalla normativa vigente in materia. Il valore delle deflessione massima nella situazione di parcheggio, quindi in una situazione non mitigata dall'azione di irrigidimento della forza centrifuga, risulta accettabile per quanto riguarda la distanza dello sbalzo della navicella dalla torre di sostegno.

L'introduzione di un'analisi della dinamica di flappeggio ha permesso di stimare, sebbene nei limiti delle sole condizioni nominali di funzionamento, in cui si possono introdurre alcune linearizzazioni dell'equazioni, l'abbattimento della deflessione statica della pala causato dal moto rotatorio della pala.

Il completamento della geometria della pala non può prescindere dal posizionamento dell'asse di rotazione del meccanismo di controllo del passo, il quale influenza l'accoppiamento presente tra il moto di flappeggio e di torsione della pala, alla base dei fenomeni d'instabilità statica e dinamica, quali divergenza e *flutter*. Procedendo ad analisi di stabilità per varie configurazioni della pala, con un modello equivalente di pala, si è determinata una certa posizione per cui non si osserva l'insorgere di *flutter* per tutte le velocità asintotiche raggiungibile dalla turbina e per un ampio spettro di velocità di rotazione angolare.



Geometria finale della pala