

Treball final de grau

Estudi: Grau en Enginyeria Mecànica

Títol: Estudi amb CFD del rendiment d'una turbina d'impulsió d'eix horitzontal i comparació amb dades experimentals.

Document: Resum

Alumne: Àlvar Quirós Rodríguez

Director/tutor: Toni Pujol Sagaró

Departament: Enginyeria Mecànica i de la Construcció Industrial

Àrea: Mecànica de Fluids

Convocatòria (mes/any): Juny 2015

RESUM

La finalitat d'aquest projecte consisteix en obtenir les corbes característiques de parell, potència i rendiment de la turbina d'eix horitzontal dissenyada per en José Manuel Guerrero (2014) (figura 1) amb un model de dinàmica de fluids computacional. Aquest model es validarà amb els resultats obtinguts experimentalment amb la turbina del laboratori de Mecànica de Fluids de l'EPS de la Universitat de Girona. Es simularan diferents condicions de cabal i diàmetre per estudiar-ne la seva influència en el parell, potència i rendiment de la turbina.

L'estudi experimental s'ha dut a terme amb la configuració de 16 àleps plans de 50 mm x 50 mm amb impacte per doll d'aigua de 20 mm de diàmetre i cabal de 4,84 l/s.

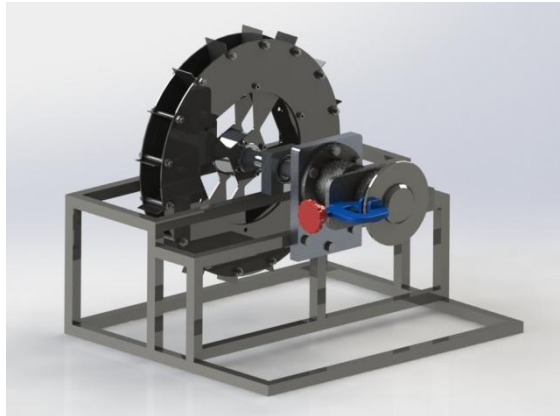


Figura 1. Imatge en CAD de la turbina del projecte.

Per dur a terme els objectius comentats, el projecte s'ha estructurat de la següent manera:

Explicació de les característiques generals de la turbina d'eix horitzontal i el seu respectiu muntatge.

Introducció del mètode analític per veure el cas teòric.

Assaig experimental on s'explicarà una metodologia a seguir per tal de preparar la turbina del laboratori i el sistema d'adquisició de dades. Tot seguit es continuarà amb l'adquisició de dades experimentals: corbes característiques de parell, potència i rendiment en funció de la velocitat de rotació de la turbina. S'analitzaran els resultats obtinguts.

Quan es tingui la part experimental completament feta, es passarà a fer la part de simulació. Primer es comentaran els models que s'han utilitzat per més tard tractar el tema d'optimització del mallat. Una vegada estigui clar com realitzar un bon mallat, es faran simulacions variant diferents elements del disseny com el diàmetre de la mànega i cabal. S'analitzaran els resultats comparant-los, també, amb les dades experimentals i el model analític.

Per últim s'exposaran les principals conclusions extretes del treball les quals es poden veure a continuació.

La turbina del laboratori assoleix un rendiment màxim de $45\pm 5\%$ a $300\pm 5\text{rpm}$ amb una potència màxima de $260\pm 20\text{W}$.

S'ha constatat una baixa repetibilitat dels assajos (figura 2). Es considera que això és degut, en gran part, al sistema de fre. Aquest està sobredimensionat i no té la precisió adient com per obtenir dades a baixes revolucions per al rang de potències en què treballa la turbina del laboratori.

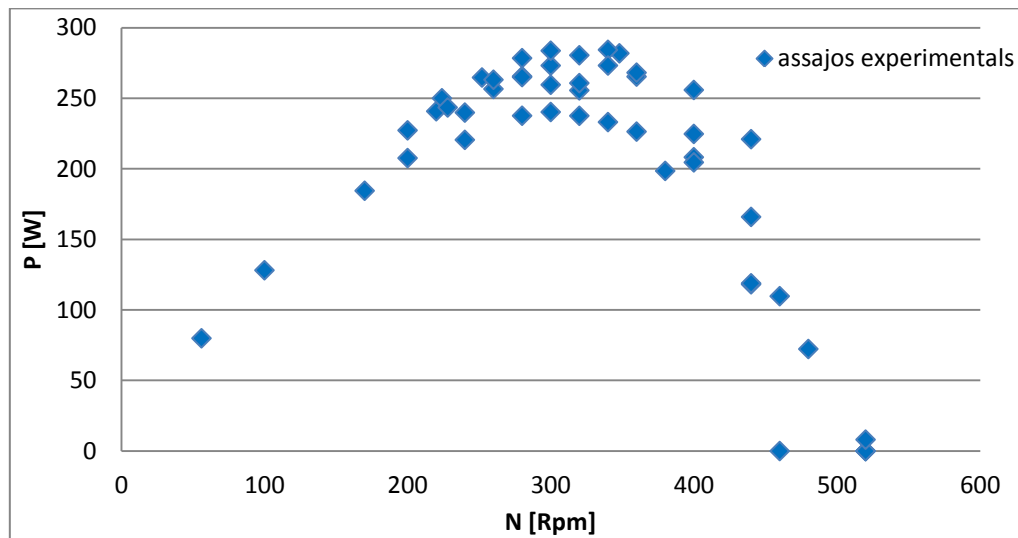


Figura 2. Gràfic superposat de la potència de 5 assajos.

S'han dut a terme diferents simulacions amb el programa de dinàmica de fluids computacional (CFD) STAR-CCM+ per obtenir les corbes característiques de la turbina. La simulació és transitòria, turbulenta, bifàsica (aire-aigua líquida) i amb elements en rotació. Aquesta complexitat fa que cada punt de la corba característica requereixi un elevat temps de càlcul.

S'han estudiat els efectes d'utilitzar diferents mallats en la simulació. Malles amb un nombre d'elements similar però amb regions diferents de concentració d'elements generen resultats molt diferents. Per contra, malles amb nombres d'elements diferents però amb el mateix nivell de detall en la discretització dels àleps, mànega i doll d'aigua, produeixen resultats similars. La malla que es considera més raonable utilitza condicions de simetria per optimitzar el nombre d'elements.

En comparació amb els resultats experimentals, tot i tenir molta dispersió, la simulació prediu el mateix comportament de parell, potència i rendiment. S'ha aplicat, també, un càlcul analític que no prediu correctament el comportament de la turbina a altes rpms degut a que no incorpora cap fenomen d'interferència entre el doll d'aigua incident i els àleps que seqüencialment van situant-se en la seva zona d'influència. A més velocitat de gir és d'esperar que aquest efecte sigui més rellevant i, per tant, la seva omissió (cas analític) pot sobreestimar substancialment el rendiment de la turbina (figura 3).

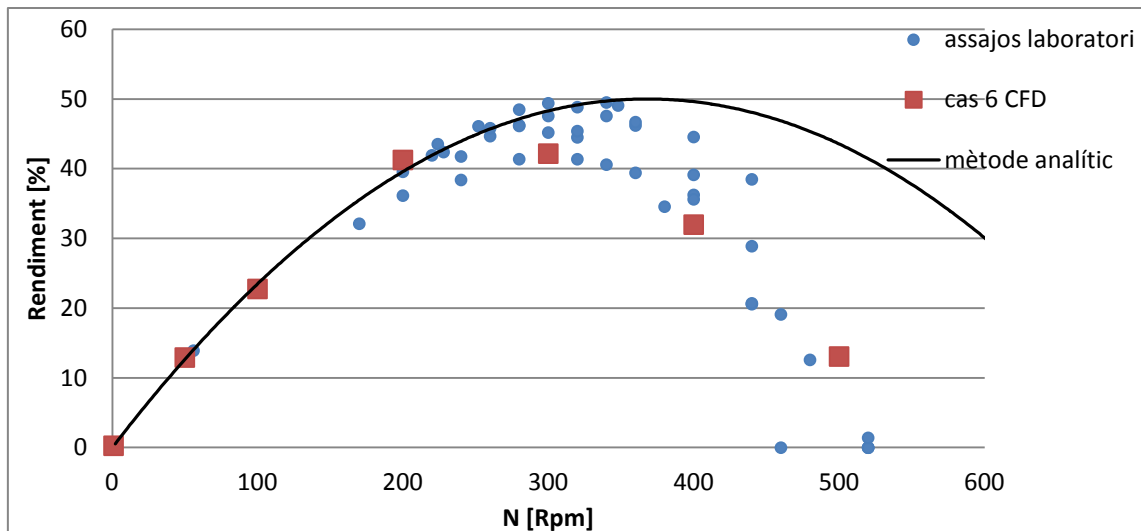


Figura 3. Comparació de rendiments entre el cas simulat, el cas experimental i el mètode analític.

Les simulacions per a un mateix cabal però amb diferent diàmetre del doll (i, per tant, diferent velocitat del doll d'aigua), revelen com un augment del 10% en el diàmetre comporta una reducció del 36,3% en la potència màxima, això associat a la reducció en un 17,4% de la velocitat del doll d'aigua incident. Per tant, s'ha d'intentar que aquestes turbines treballin a una velocitat molt alta (superior a 15 m/s).

Les simulacions per a un mateix diàmetre del doll i un augment del cabal revelen com un augment del 10,4% en la velocitat del doll d'aigua incident comporta un augment en 49,1% en la potència màxima.

Finalment, s'ha comprovat amb simulacions que els rendiments màxims d'aquestes turbines d'àleps plans estan al voltant del 45-48%, molt proper al 50% teòric i semblant al rendiment que s'ha obtingut de l'assaig experimental (figura 3). Qualsevol aplicació que necessiti un rendiment superior caldrà una modificació de la turbina, per exemple, canviant la tipologia dels àleps.