

Treball final de grau

Estudi: Grau en Enginyeria Electrònica Industrial i Automàtica

Títol: Simulació i sistemes de control de generadors de mini-eòlica i la seva implementació dins el laboratori d'energies

Document: Resum

Alumne: Marc Salas Huetos

Tutor: Dr. Lluís Pacheco Valls

Departament: Arquitectura i tecnologia de computadors

Àrea: ATC

Convocatòria (mes/any): Juny/2019

Índex

1.	Introducció.....	2
2.	Model matemàtic teòric del sistema.....	3
3.	Entorn i material de laboratori.....	5
4.	Validació del model teòric i model de control.....	6
5.	Resultats experimentals	7
6.	Llaços de control	8
7.	Conclusions.....	9

1. INTRODUCCIÓ

Aquest és el treball de final de grau realitzat a l'Escola Politècnica Superior de la Universitat de Girona, relacionat amb el disseny de sistemes de control, la simulació de generadors de mini-eòlica i la implementació dins el laboratori d'energies renovables.

Cada vegada pren més importància la generació elèctrica a partir de fons sostenibles. A la universitat de Girona existeixen grups de recerca i laboratoris destinats a les energies sostenibles, el laboratori d'energies és un clar exemple que treballa a la recerca i docència en el desenvolupament de noves energies renovables i la millora de les ja conegudes.

L'objecte proposat d'aquest treball de final de grau és la implementació d'un sistema de control per un generador de mini-eòlica. El sistema es modelarà des de dues perspectives. Per una banda s'utilitzaran les equacions clàssiques que defineixen el sistema i per altra s'hi aplicaran mètodes experimentals dins el laboratori d'energies per a millorar aquest model, a més es calcularan els controladors que siguin necessaris pels llaços de control escollits. En tot cas es buscarà ampliar els coneixements sobre aquests sistemes eòlics. Es procurarà en tot moment dissenyar intentant maximitzar el rendiment energètic.

Per estudiar el comportament teòric del sistema a modelar s'utilitzarà l'aplicació MATLAB, així com les eines que aquest software ens aporta.

2. MODEL MATEMÀTIC TEÒRIC DEL SISTEMA

El projecte s'inicia amb el desenvolupament i disseny d'un sistema dinàmic capaç de descriure tots els possibles comportaments del sistema. Un sistema dinàmic teòric prou robust de tot el conjunt que descriu el dispositiu, que es pugui extrapolar a les diferents mides del mateix tipus d'aerogenerador d'eix horitzontal amb mes o menys pales. Donant especial importància a l'aerogenerador de 300 Watts que es troba al laboratori d'energies ja que és aquest últim on s'hi aplicaran els assajos experimentals. Aquest model es basarà en les parts exposades seguidament.

Per una part tenim el model de la turbina eòlica, aquest model es basa en les equacions clàssiques de la dinàmica de fluids i també sobre constants experimentals d'aquesta mateixa matèria. Té en compte molts aspectes de la construcció i estructura de la turbina, i límits teòrics d'autors tant coneguts com el límit de Betz.

La segona part a modelar ha estat el motor, en aquest cas un motor síncron d'imants permanents "PMSG", que s'ha modelat seguint criteris de senzillesa sense perdre cap dinàmica substancial. La següent part a modelar ha estat el rectificador, en aquest cas no controlat, que ens ofereix una màxima eficiència i que en tots dos escenaris, es veurà connectat a la sortida del generador per tal de retornar un caràcter continu al corrent que circularà per la càrrega.

Finalment el model de la càrrega és descrit per una transmitància o per varies. Aquesta variarà, com més endavant veurem, en funció del tipus de càrrega, ja que al residir independent dels altres models, ens permetrà modificar-la i canviar-la com vulguem.

Els models descrits durant aquest capítol i les seves interconnexions venen expressat a la figura 1. En aquest cas, es representa el model trifàsic. Les diferències entre aquest i el model monofàsic són lleus.

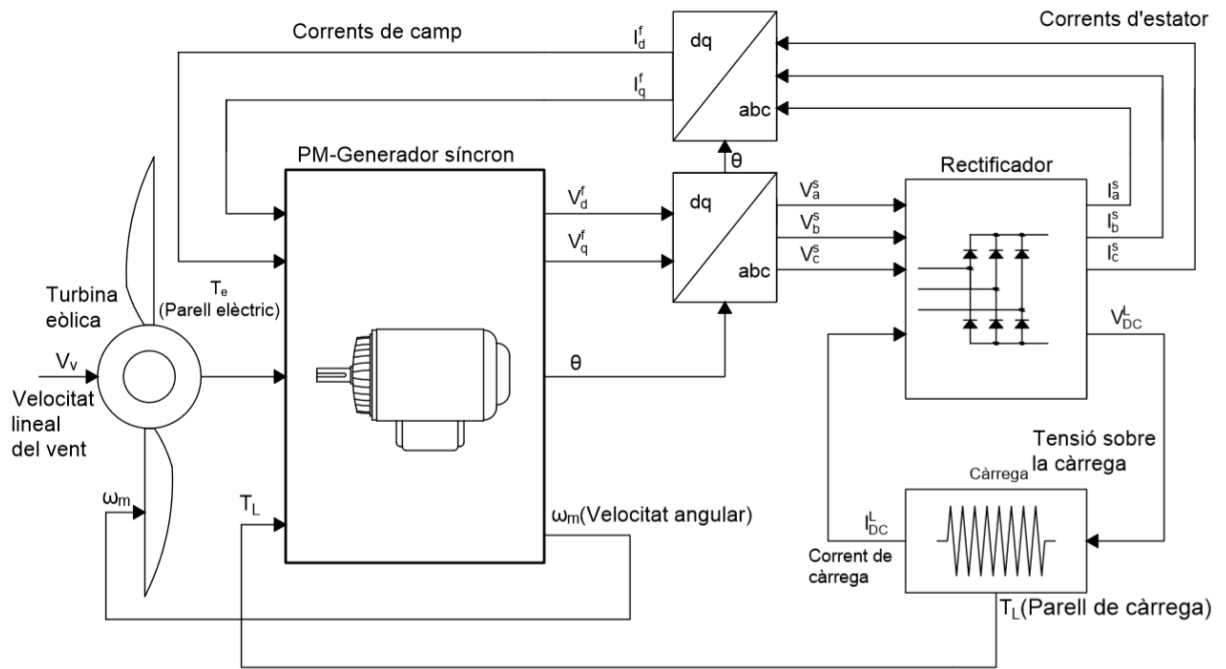


Figura 1. Esquema de blocs per un sistema trifàsic del generador

3. ENTORN I MATERIAL DE LABORATÒRI

Un cop desenvolupat el marc teòric dels dispositius a simular, s'ha dut a terme el desenvolupament i exposició de tot el marc experimental, tots els dispositius i entorn de treball en que s'han desenvolupat els assajos realitzats.

Totes les pràctiques s'han dut a terme al laboratori d'energies de l'Escola Politècnica Superior en un entorn controlat i amb una raonada elecció del hardware i software, així com del material i instruments utilitzats.

S'ha exposat el hardware i software d'adquisició de dades desenvolupat dins el marc del estudi i/o projecte. A la figura 2 s'hi pot observar el dispositiu al que s'hi han sotmès els assajos experimentals.



Figura 2. Aerogenerador Guangmang M300 i sortida del túnel de vent.

4. VALIDACIÓ DEL MODEL TEÒRIC I MODEL DE CONTROL

Un cop descrit el comportament teòric del sistema, tal com es creu que un aerogenerador es comporta, i després de descriure els instruments i material de laboratori, així com l'entorn en que s'ha desenvolupat tot l'estudi, és el moment de dur a terme la validació del model teòric.

En aquest capítol s'exposaran els assajos per tal de realitzar la validació del model teòric emprat per l'aerogenerador experimental de 300 Watts monofàsic del laboratori. S'estudiarà com, amb la casuística i relació de les variables del sistema som capaços de trobar totes les constants o relació de constants que ens descriu el capítol 2. Després d'exposar el resultat de la validació del model teòric, es descriurà com s'ha dut a terme l'obtenció d'un model de control que explica amb encert tot el sistema. Finalment es farà una simplificació d'aquest sistema de control, ja que en certes aplicacions ens pot interessar treballar amb un model més simple, sobretot, si es busquen solucions analítiques de control.

A la figura 3 s'exposa una entrada model aplicada al sistema i tres respostes, una és la resposta real del sistema, i les altres dues són la resposta del model teòric i la resposta del model de control.

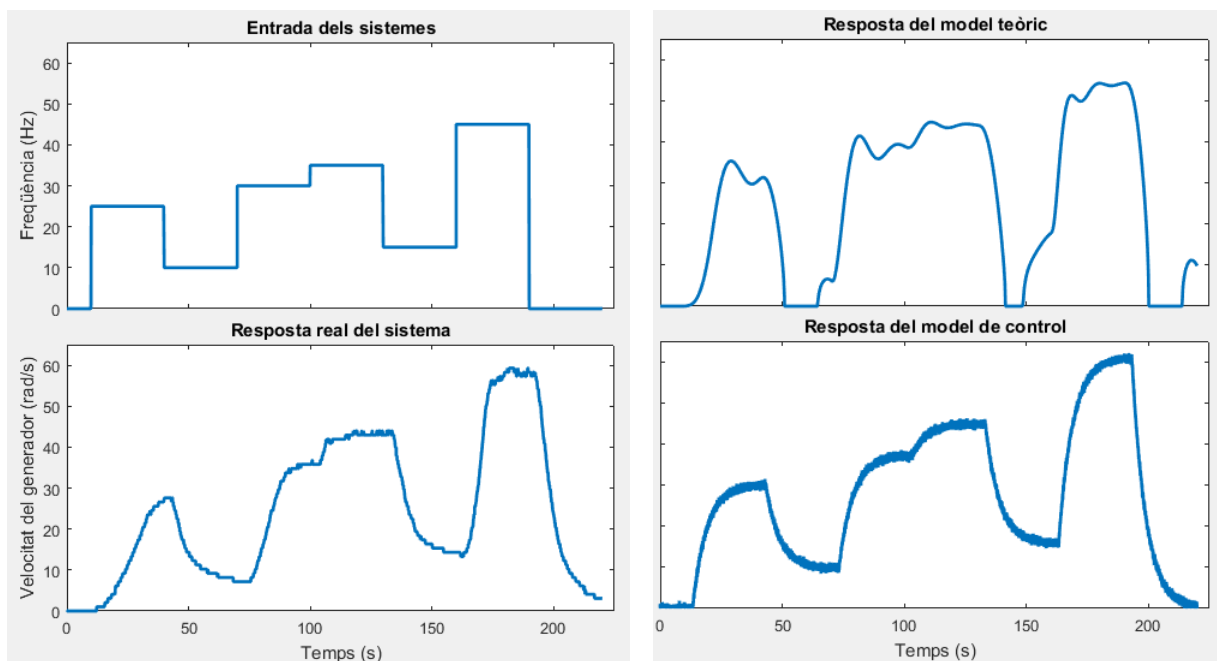


Figura 3. Respostes en front entrada model exposada al gràfic superior esquerre.

5. RESULTATS EXPERIMENTALS

Un cop realitzat un model experimental del sistema, i abans de descriure llaços de control per tal de millorar el comportament del generador en front de diferents entrades, s'han realitzat els assajos que seran de gran ajuda a l'hora de decidir quins llaços de control desenvolupar. Com a objectiu secundari, aquest capítol és purament científic. És d'interès exposar el comportament del generador en tots els règims de vent i en front a diferents variables per tal d'obtenir la màxima potència, amb la seguretat de no ocasionar cap dany al sistema en el seu conjunt.

Un dels aspectes més importants, és conèixer la corba de potència del dispositiu. La potència generada en front els diversos règims de vent és molt diferent. Com s'ha comentat en els fonaments teòrics d'aquest estudi, un règim de vent superior, aporta una energia superior al sistema, per això la velocitat del generador augmenta i la potència de sortida, augmenta en proporció a aquesta. El sistema però no respon igual en front a la càrrega que s'hi col·loqui al generador.

En aquest mateix capítol s'hi exposa també les corbes per al control de yaw, una alternativa al ja conegut control de pitch utilitzat per disminuir la potència de sortida, quan aquest s'accelera o s'exposa a condicions climàtiques adverses.

6. LLAÇOS DE CONTROL

L'objecte d'aquest capítol el desenvolupament dels llaços de control escollits, i per tant, tots els elements que el componen com són els sensors, actuadors, controladors, estructures i algorismes de control.

S'han desenvolupat els models matemàtics dels actuadors, en aquest cas les fonts Buck i Buck-boost. A partir d'aquests models i utilitzant mètodes temporals, més concretament el lloc de les arrels, s'han dissenyat els controladors d'aquestes fonts. També s'ha realitzat la discretització dels controladors per tal de poder dur a terme l'algoritme de control d'aquest.

Finalment s'ha desenvolupat l'algoritme de control final, que engloba un control de càrrega i el control de les fonts buck i buck-boost anteriorment descrites.

7. CONCLUSIONS

Un cop realitzats tots els càlculs, dissenys, comprovacions i assumpcions podem extreure les següents conclusions de les simulacions i dissenys.

La relació d'equacions que intenten modelar teòricament el coeficient de potència C_p varien força en les diferents referències bibliogràfiques estudiades. A més després dels assajos experimentals s'ha pogut observar que aquesta corba no és tal i com s'expressa a les equacions, és per això que es pot concloure que aquesta relació d'equacions no s'adeqüen a la perfecció al comportament real del dispositiu, almenys en aquest dispositiu, i per tant només podem mantenir el model d'equacions de manera teòrica, però no podem dur a terme el disseny de controladors a partir d'aquest model

El model de control, extret de les dades monitoritzades, sí que s'ajusta acuradament al comportament real del generador i per tant tots els resultats i conclusions extrets d'aquest model sí que s'adeqüen a la realitat.

Per a simular qualsevol planta no lineal de n entrades no lineals es necessari un vector de dimensió n de sistemes lineals d'ordre m per tal de tenir en compte tots els règims possibles de treball estudiats.

S'han realitzat programes prou robusts com per monitoritzar dades a una velocitat de fins a mil mostres per cada segon amb valors correctes després d'un segon d'execució i fins al final de l'execució. També s'han instal·lat i configurat correctament els dispositius necessaris per dur a terme la monitorització del dispositiu d'aerogeneració

L'amplitud de potència màxima, varia àmpliament amb la variació de la càrrega, maximitzant el seu valor per certs valors de càrrega que van de 5 a 20 ohms aproximadament, per això un control de càrrega es una opció molt vàlida per tal de maximitzar el rendiment del dispositiu.

Amb el control de yaw es pretenia aconseguir un efecte similar al control clàssic de pitch, però finalment s'ha observat que aquest tipus de control és una opció a tenir en compte en

dispositius mecànicament molt robusts i de petites dimensions ja que és una forma senzilla de disminuir la potència del dispositiu, sobretot per angles majors a 10 graus, ja que la caiguda de velocitat s'intensifica àmpliament. Però no per dispositius poc robusts mecànicament o de grans proporcions, ja que s'ha observat que el dispositiu en certes orientacions pot produir vibracions, com és el cas de les produïdes per aquestes variacions d'angle de yaw.

S'ha realitzat amb el disseny del conjunt d'actuadors per tal de dur a terme el control de càrrega així com la sintonia dels controladors per regular la tensió de sortida de les fonts escollides, calculades i modelades. També s'han dissenyat els algorismes de control de la càrrega, així com l'elecció de la tècnica de control utilitzada i la discretització d'aquests algorismes per l'acoblament de l'algoritme final de control.