به نام خدا

تمرین شماره دو درس انرژی های نو

موضوع: تحلیل و مطالعه توربین-ژنراتور بادی مبتنی بر DFIG

-یک توربین-ژنراتور بادی DFIG با توان نامی ۷۱۰ کیلووات با مشخصات زیر مفروض است:

- مشخصات ژنراتور القایی روتور سیم پیچی شده (۶۹۰ ولت، ۶۶۰ کیلووات، ۵۰ هرتز) مورد استفاده:

Generator type: Three phase asynchronous generator with wound rotor
Manufacturer and type : **Indar** Una Marca **I**ngeteam
Fan type no. : CA40T/H431513
Building size : 400 Degree of protection : IP54
Insulation class (stator/rotor) : F/H
Winding connection (stator/rotor): star/star Voltage : 690 V Frequency : 50 Hz
Number of poles : 4 Rated power output : 660 kW
Number of rotor systems : 1
Weight of Generator=2,980 kg
Moment of Inertia (J_G)=28 kg/m2

Equivalent diagram (stator side):
Rs= 0.0054 ohm Xls= 0.032 ohm R'r=0.0042 ohm X'lr=0.0549 ohm
X_m =1.96 ohm
Locked rotor voltage (phase-phase)=1815 V
Break down torque T_{max}/T_N **:** Generator=4.13

- مشخصات توربین و جعبه دنده:

Moment of Inertia (J_t)=520000 kg/m2
Equivalent shaft stiffness (Ks-eq)=0.6 pu/elec.rad
Damping (Dtg)=1.5 pu
Gear ratio (n)=52.7
Rotor diameter (2R)=47 m

- مشخصات آیرودینامیک پره های توربین:

ضریب بازدهی توربین $C_P(\lambda,\beta)$ به صورت زیر تخمین زده می شود:

$$C_P(\lambda,\beta)=C_7\left(C_1\left(\frac{C_2}{\lambda_i}-C_3\beta-C_4\right)e^{-\frac{C_5}{\lambda_i}}+C_6\lambda\right)$$

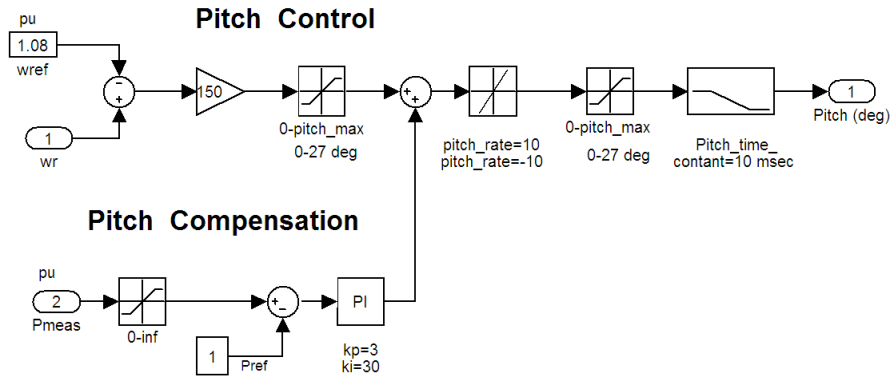
که در رابطه c_1 تا c_6 ضرایب ثابت بوده و λ_i و λ از روابط زیر بدست می آید:

$$\lambda=\frac{R\,\omega_t}{V_W} \qquad and \qquad \frac{1}{\lambda_i}=\frac{1}{\lambda+0.08\beta}-\frac{0.035}{\beta^3+1}$$

که R شعاع پره و ω_t سرعت توربین می باشد. ضرایب c_1 تا c_7 به مشخصات آیرودینامیکی توربین وابسته بوده و به صورت زیر است:

C1=0.5176 C2=116 C3=0.4 C4=5 C5=21 C6=0.0068 C7=0.9

- سیستم کنترل زاویه پره را بصورت زیر در نظر بگیرید:



.....

خواسته های مساله:

چگالی هوا را $\rho = 1.225 Kg/m^3$ در نظر گرفته و به هر یک از بخش های اول و دوم پاسخ دهید.

بخش اول:

- ۱- توان نامی ۷۱۰ کیلو وات حدودا در چه لغزشی حاصل می شود؟ توان نامی حدودا در چه سرعت بادی حاصل می شود؟ آیا در لغزش نامی ژنراتور در مود MPPT کار می کند؟
- ۲- تحت شرایطی که توربین-ژنراتور توان نامی ۷۱۰ کیلو وات را به شبکه تحویل دهد و ضریب توان پایانه استاتور برابر واحد باشد، بطور تقریبی محاسبه کنید: جریان استاتور، ولتاژ روتور، جریان روتور (مولفه توان حقیقی، مولفه توان راکتیو و دامنه جریان)، توان حقیقی روتور و توان ظاهری روتور
- ۳- تحت توان نامی ۷۱۰ کیلو وات و ضریب توان استاتور برابر با ۰/۹۵ پیش فاز دامنه جریان روتور را بیابید.
- ۴- اگر ژنراتور در سرعت سنکرون در مود MPPT و در ضریب توان واحد کار کند، مطلوبست سرعت باد، توان خروجی ژنراتور، توان روتور، ولتاژ روتور و جریان روتور و جریان استاتور
- ۵- مطلوبست استخراج روابط مربوط به توان های فاصله هوایی استاتور و روتور و گشتاور الکترومکانیکی در سیستم مرجع سنکرون با جهت یابی ولتاژ استاتور. همچنین حلقه های داخلی کنترل جریان روتور و حلقه های خارجی کنترل توان حقیقی/راکتیو ژنراتور را (با فرض جهت موتوری برای جریان های روتور و استاتور) در سیستم مرجع سنکرون با جهت یابی ولتاژ استاتور ترسیم کنید.
- ۶- مقادیر پریونیت پارامترهای ژنراتور و فیلتر سمت شبکه و ثابت اینرسی توربین و ژنراتور را در مبنای Sb=710 KVA استخراج نمایید.
- ۷- در سیستم کنترلی توربین فرکانس کلید زنی مبدل های سمت روتور وسمت شبکه را ۲/۵ کیلو هرتز و فرکانس قطع اندازه گیر های جریان، ولتاژ و توان را ۲/۵ کیلو هرتز لحاظ کنید. کنترل کننده های حلقه های داخلی و خارجی سمت روتور و شبکه را بدون لحاظ کردن تاخیر کلید زنی و دینامیک اندازه گیرها طراحی کنید. سپس با لحاظ کردن دینامیک اندازه گیرها پاسخ پله هریک از حلقه های کنترل جریان روتور و کنترل جریان مبدل سمت شبکه را به جریان مرجع و سپس به اغتشاش (ولتاژ ضد محرکه برای

جریان روتور و ولتاژ شبکه برای جریان مبدل سمت شبکه) ترسیم کنید. در ادامه پاسخ پله حلقه خارجی کنترل ولتاژ لینک dc را به ورودی مرجع و اغتشاش (توان روتور) با لحاظ کردن دینامیک اندازه گیرها ترسیم کنید.

- ۸- کنترل کننده های مربوط به مبدل های سمت روتور و شبکه را طراحی نمایید. پهنای باند حلقه بسته حلقه های داخلی را ۲ پریونیت و پهنای باند حلقه های خارجی را حدود ۰/۱ پهنای باند حلقه های داخلی لحاظ کنید. در تمام قسمتهای زیر ضریب توان ژنراتور در محل اتصال با شبکه برابر واحد باید باشد.

.....