

# Studio e Progettazione del controllo sulla velocità di rotazione di un generatore eolico

Andrea Pagliaro , Alessio Susco      Shanj Zaccaretti

September 1, 2016

## 1 Introduzione

Per lo studio e la progettazione di un controllore lineare che regoli la rotazione di una turbina eolica in modo che sia costante mediante il pitch , sono state prese in considerazione varie equazioni riguardanti il moto di un rotore e le relative potenze ricavate. Come le seguenti :

$$P = \frac{1}{2} \rho A C_p V_w^3 \quad (1)$$

Che rappresenta la quantità di potenza assorbita dal rotore della turbina eolica presa in considerazione. Il  $C_p$  è il coefficiente di potenza dipendente da  $\lambda$  e  $\beta$ . Dove a loro volta  $\lambda$  è dato da :

$$\lambda = \frac{\Omega R}{V_w} \quad (2)$$

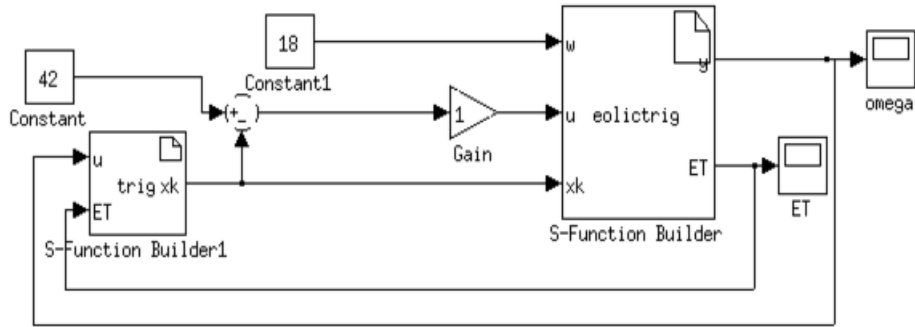
Che viene chiamato tip-speed ratio ed è dato dal rapporto tra la velocità angolare del rotore per il suo raggio e la velocità del vento. Mentre  $\beta$  rappresenta l'angolo di pitch relativo alle pale. Chiaramente la funzione del coefficiente di potenza comporta delle dinamiche non lineari dipendenti dalla geometria del rotore questo a sua volta si ripercuote sull'intero sistema che lo rende non lineare. Ora provando a linearizzare il sistema ci è risultato molto difficile e solo dopo aver letto alcune pubblicazioni sullo studio di turbine eoliche siamo riusciti a trovare alcune linearizzazioni compiute mediante metodi numerici, che ci hanno permesso di riscrivere il sistema nella seguente forma:

$$\dot{x}_1 = \frac{\gamma}{I_{rot}} x_1 + \frac{\sigma}{I_{rot}} \delta_\beta + \frac{\alpha}{I_{rot}} \delta_\omega \quad (3)$$

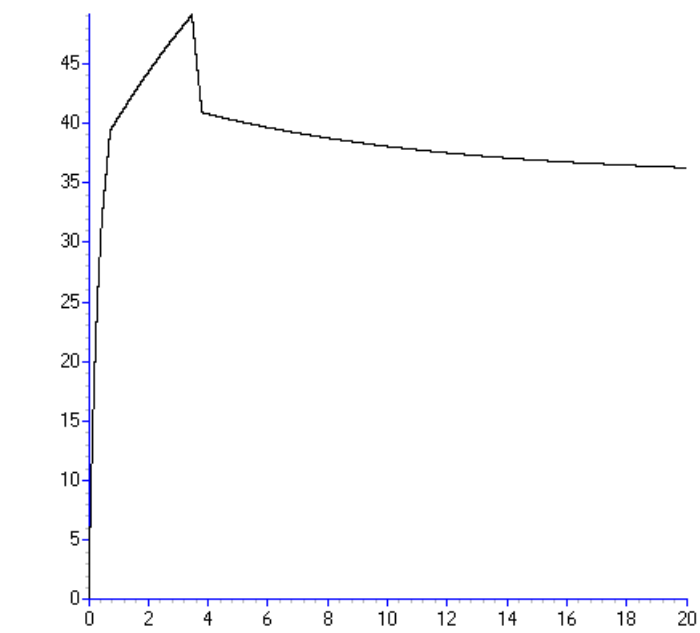
Dove  $x_1$  , lo stato del sistema rappresenta la velocità angolare del rotore ,  $\delta_\beta$  è l'ingresso relativo alla perturbazione da parte del pitch,  $\delta_\omega$  è la perturbazione relativa alla velocità del vento. Quindi la nostra matrice di stato è data da  $A = \frac{\gamma}{I_{rot}}$ , e i coefficienti dei rispettivi ingressi:  $B = \frac{\sigma}{I_{rot}}$   $\Gamma = \frac{\alpha}{I_{rot}}$   $I_{rot}$  rappresenta inerzia del rotore. I valori  $\gamma$  ,  $\sigma$  ,  $\alpha$  rappresentano le derivate parziali ricavate attraverso l'equazione dell'areodinamica del rotore descritta in tal modo:

$$T_{aero} = T(\omega_0, \Omega_0, \beta_0) + \frac{\delta T_{aero}}{\delta \Omega} + \frac{\delta T_{aero}}{\delta \beta} + \frac{\delta T_{aero}}{\delta \omega} \quad (4)$$

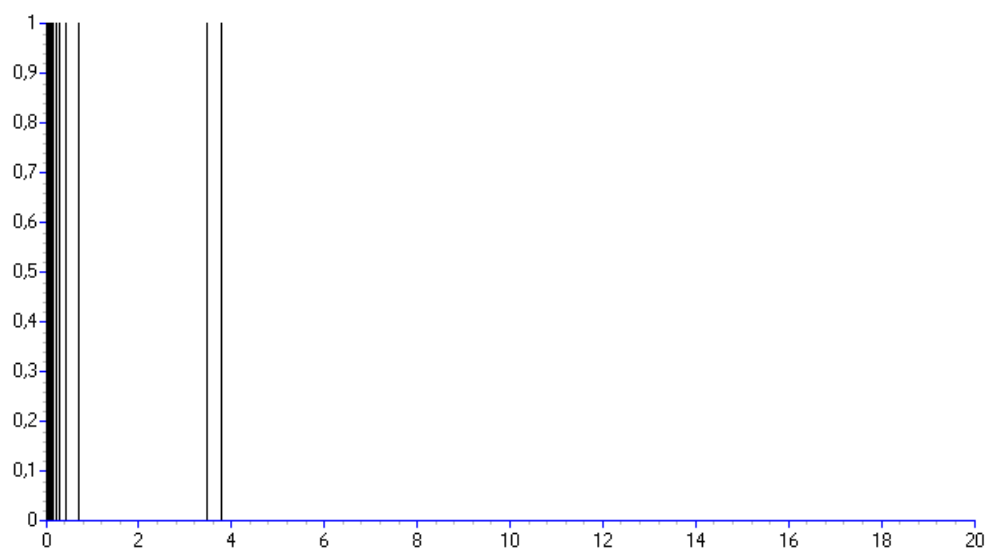
Dove i coefficienti  $\gamma = \frac{\delta T_{aero}}{\delta \Omega} = -0.1205$ ,  $\sigma = \frac{\delta T_{aero}}{\delta \beta} = -2.882$ ,  $\alpha = \frac{\delta T_{aero}}{\delta \omega} = 0.0658$  sono già noti essendo stati ricavati dalla linearizzazione eseguita mediante un metodo numerico non descritto nella pubblicazione di cui si sta facendo uso per il progetto in questione. I valori degli stati iniziali sono dati da  $\omega_0 = 18 \text{ m/s}$ ,  $\Omega_0 = 42 \text{ RPM}$  e  $\beta_0 = 12 \text{ deg}$ . Detto questo siamo passati alla progettazione del controllore, ed è stato scelto un controllo con guadagno proporzionale per il momento. Successivamente si procederà ad inserire i guadagni giusti per un controllo proporzionale-integrativo (PI). Lo schema del sistema con relativo controllo e circuito di gestione per l'event triggering (estratto dal SIMULINK di matlab).



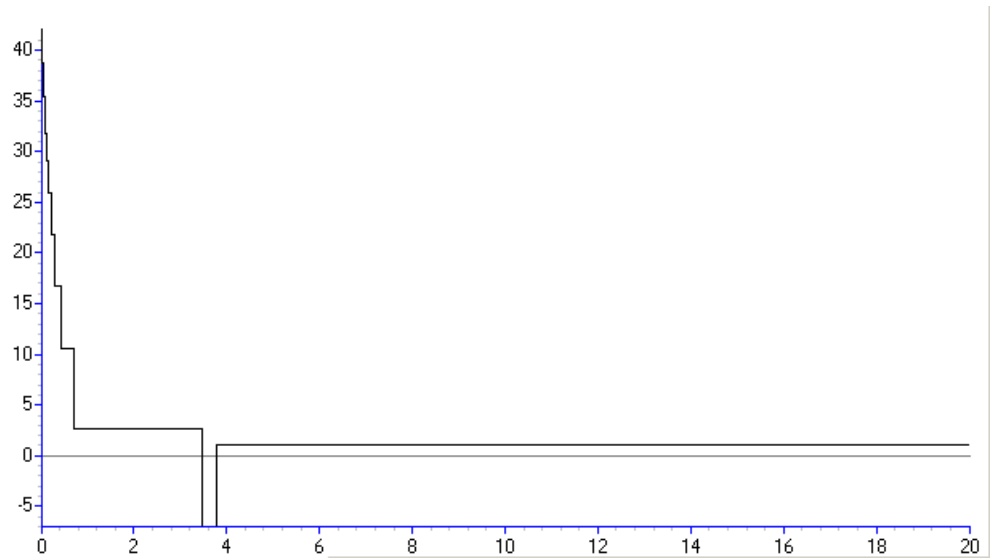
Per quanto riguarda le tecniche di controllo per l'event-triggering, è stato inserito un sistema che riceve l'uscita del nostro processo e il valore del trigger che viene calcolato all'interno dello stesso e che quindi effettua un cambio dello stato solo quando viene commutato il trigger. Avendo fatto le opportune ipotesi, l'intero sistema prima di essere descritto anche in SIMULINK è stato simulato attraverso il SIMNON. I risultati riportati dalla simulazione per velocità del vento = 18 e velocità di rotazione del rotore = 42 (riferimento) sono i seguenti.



Dove in questo grafico é mostrato l'andamento dell'uscita ovvero della velocità di rotazione del rotore che partendo da 0 raggiunge i 42 RPM in 20 secondi di simulazione. Si possono notare i picchi dovuti alla commutazione del trigger.



Nel seguente invece si sta facendo riferimento alle commutazioni avvenute nell'arco di 20 secondi.



L'ultimo grafico mostra un segnale discreto che e' proprio l'ingresso del nostro processo in seguito alla controreazione ottenuta dopo un controllo di tipo proporzionale e dipendente dal trigger di fatto risulta essere un segnale discreto aperiodico. Per quanto riguarda il sistema generale mancano ancora i calcoli da effettuare per i coefficienti da inserire per il controllo dell'event-triggering poiche sono solo di prova ed utilizzati per la simulazione come anche quelli del guadagno proporzionale.