

Progetti di Controlli Automatici - T

Tipologia III: Controllo di un sistema idroelettrico con condotta forzata

Per la costruzione di un nuovo impianto idroelettrico (Fig.) per l'inserimento dell'energia rinnovabile, l'azienda vincitrice dell'appalto ha ingaggiato un'azienda di consulenza per l'ottimizzazione dell'energia acquisibile dal bacino in progetto. Dopo determinati studi condotti si è giunta alla conclusione che la potenza richiesta al livello della turbina per generare in maniera ottimale energia è un valore costante.

Le equazioni che descrivono il sistema sono riportate in 1.

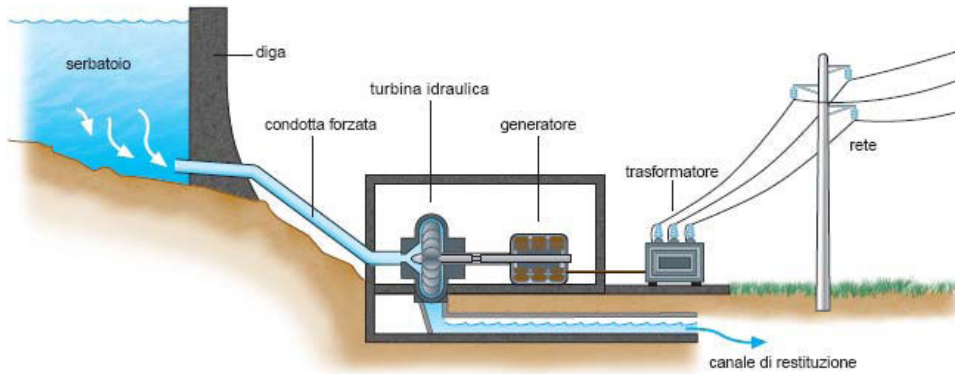


Figura 1: Rappresentazione concettuale dell'impianto idroelettrico.

$$\begin{aligned}\dot{x}_1 &= \frac{g}{a}(-x_2 + x_3) \\ \dot{x}_2 &= -C_d u x_2 |x_2| - R_0 x_2 |x_2| + x_1 \\ \dot{x}_3 &= 0 \\ y &= -\eta x_1 x_2\end{aligned}\tag{1}$$

Gli stati del sistema sono rispettivamente: la pressione dell'acqua sul fondo del bacino (x_1), la portata in uscita dal bacino (x_2) e la portata in ingresso allo stesso (x_3). Le equazioni dinamiche sono dettate dalle leggi della fluidodinamica: per la prima equazione la variazione di pressione del fluido sul fondo del bacino è dettata dalla differenza tra la portata in ingresso e in uscita (a è l'area di base del cilindro equivalente). La seconda equazione descrive la dinamica della portata rispetto alla pressione sul fondo del bacino e le perdite di carico nella condotta dovute alla presenza della forza di attrito tra il fluido e le pareti della condotta stessa (R_0). A questi effetti si aggiunge la presenza di una valvola la cui apertura può essere controllata tramite il segnale (u) la quale determina un'aggiunta alle perdite di carico attraverso un coefficiente di carico (C_d). L'uscita di interesse del sistema è l'energia elettrica generata attraverso la turbina che è proporzionale, tramite un termine di rendimento costante (η), alla potenza fluidica ($x_1 x_2$). Il segno meno sta ad indicare che il sensore di potenza elettrica subisce l'effetto della logica negativa del circuito elettronico utilizzato.

Ai fini dello sviluppo del controllo dell'impianto si vuole ottenere la struttura riportata in Fig. 2.

Come prima analisi il sistema non lineare (2) deve essere considerato nell'in-

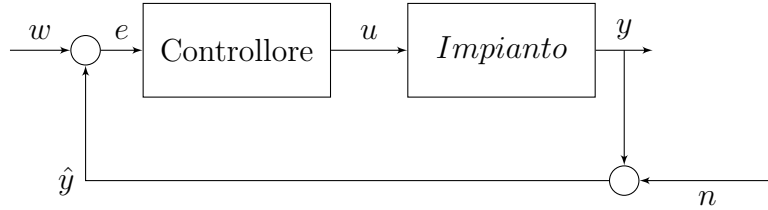


Figura 2: Struttura di controllo tipologia 3

torno di un punto di equilibrio, i cui valori (\bar{x} e \bar{u}) sono definiti nelle tabelle allegate e linearizzato nello stesso intorno (3). Il modello (2),

$$\begin{aligned}\dot{x} &= f(x, u) \\ y &= g(x, u)\end{aligned}\tag{2}$$

dovrà quindi essere linearizzato nell'intorno di (\bar{x}, \bar{u}) :

$$\begin{aligned}\delta\dot{x} &= A\delta x + B\delta u \\ \delta y &= C\delta x + B\delta u.\end{aligned}\tag{3}$$

Dalla rappresentazione nello spazio degli stati sarà poi necessario passare nello spazio delle frequenze utilizzando così una funzione di trasferimento (4)

e tutti i tool relativi per la sintesi del controllore.

$$\begin{aligned}y &= (C(sI - A)^{-1}B + D)u \\ &= G(s)u.\end{aligned}\tag{4}$$

Dunque, gli obiettivi del controllo del sistema linearizzato sono:

- 1 Errore a regime nullo con riferimento a gradino $w(t) = W1(t)$.
- 2 Per garantire una certa robustezza del sistema si deve avere un margine di fase $M_f \geq 45^\circ$.
- 3 Il sistema può accettare un sovralongazione percentuale al massimo dell'5% : $S_{\%} \leq 5\%$.
- 4 Il tempo di assestamento all' $h\%$ può essere tenuto relativamente basso: $Ta_{h\%} = Ta[s]$.

Sull'uscita si aggiungono dei rumori a partire dalla frequenza ω_n di ampiezza A_n che devono essere abbattuti almeno B_n volte per garantire delle buone performance dell'applicazione.

Punto opzionale: il sistema di controllo può essere provato sul modello non-lineare per valutarne l'efficienza, sia nell'intorno del punto di equilibrio sia con condizioni iniziali nell'origine.

Inoltre, il direttore del vostro dipartimento vi richiede di migliorare le performance della soluzione portando il tempo di assestamento all' $h\%$ a $Ta_o[s]$. Presentare una risposta critica a riguardo.

Caratteristiche impianto	a	b	c
a	π^2	ND	ND
C_d	$2\pi^2$	ND	ND
R_0	45	ND	ND
η	0.6	ND	ND
W	30	ND	ND
ω_n	1000	ND	ND
A_n	0.02	ND	ND
B_n	30	ND	ND
$h\%$	1	ND	ND
$Ta_{h\%}$	0.3	ND	ND
Ta_o	0.033	ND	ND
\bar{x}_1	10	ND	ND
\bar{x}_2	6	ND	ND
\bar{x}_3	6	ND	ND
\bar{u}	$\frac{\frac{x_1}{\bar{x}_2 \bar{x}_2 }-R_0}{C_d}$	$\frac{\frac{x_1}{\bar{x}_2 \bar{x}_2 }-R_0}{C_d}$	$\frac{\frac{x_1}{\bar{x}_2 \bar{x}_2 }-R_0}{C_d}$

Tabella 1: Parametri per la tipologia 3