

Modellistica per la Diagnosi Robusta di Guasti.

Cesare Fantuzzi, Silvio Simani and Sergio Beghelli

Dipartimento di Ingegneria

Università di Ferrara

Tel. (0532) 293839

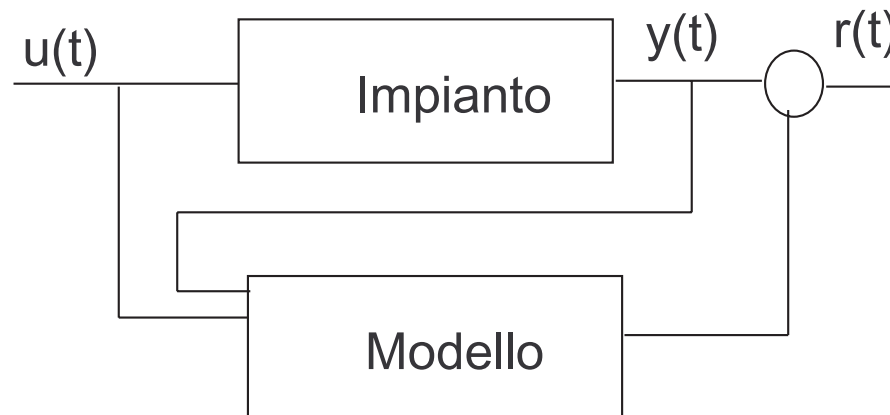
Fax. (0532) 768602

E-mail: cesare.fantuzzi@ieee.org

URL: <http://www.ing.unife.it/fantuzzi>

Introduzione

- Obiettivo: la diagnosi di guasti in sistemi complessi (es. macchine per la produzione industriale).
- Strumenti: Ridondanza analitica.



La ridondanza analitica

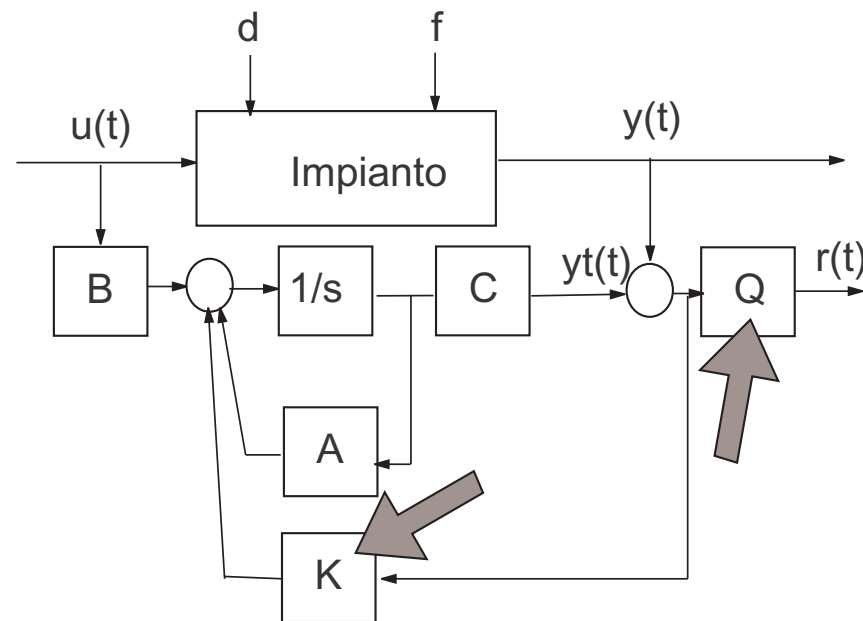
- Necessita di un modello accurato del sistema per la generazione dei segnali ridondanti.
- **Tutta la parte non modellata del sistema** (disturbi, non linearità, etc.) influisce sul residuo in maniera **analoga al guasto**.
- Occorre valutare il problema della **robustezza** della Diagnosi ed Identificazione del guasto (FDI).

Generazione robusta dei residui

- I risultati principali sulla diagnosi robusta dei guasti si fondano su di un principio comune:
 - Cercare di disaccoppiare l'effetto dei guasti sui residui dall'effetto di incertezze, disturbi ed errori di modello.
- Alcuni esempi:
 - * Generazione dei residui robusta mediante “Unknown Input Observer”.
 - * FDI robusta mediante “Optimal Parity Relations”.
 - ⇒ FDI robusta mediante **“Assignment of the Observer Eigenstructure”**.

Assignment of the Observer Eigenstructure

- Si tratta di assegnare alcuni autovettori dell'osservatore dello stato in modo che questi siano ortogonali alla direzione di distribuzione dei residui.



Il modello matematico del sistema

$$\begin{aligned}x(t+1) &= Ax(t) + Bu(t) + E\varepsilon(t) + R_1f(t) \\y(t) &= Cx(t) + R_2f(t), \quad t = 1, 2, \dots\end{aligned}$$

- Problema: determinare la struttura della matrice dei disturbi E .

Identificazione di un modello ARX

- La nostra idea: **determinare la matrice E mediante opportuno procedimento di dentificazione.**
- Modella parametrico

$$y_i(t) = \sum_{k=1}^n \alpha_{ik} y_i(t - k) + \sum_{j=1}^r \sum_{k=1}^n \beta_{ikj} u_j(t - k) + \varepsilon t.$$

Ordine del modello n e parametri α_{ik} e β_{ikj} sono da identificare mediante procedimento LMS.

- Realizzazione nello spazio degli stati:

$$\begin{aligned}x_i(t+1) &= A_i x_i(t) + B_i u(t) + E_i \varepsilon t \\y_i(t) &= C_i x_i(t) + d_i \varepsilon_i(t), \quad t = 1, 2, \dots\end{aligned}$$

Il progetto del generatore di residui richiede una rappresentazione **MIMO nello spazio degli stati**, ottenuta raggruppando le matrici A_i, B_i, C_i, E_i, d_i ($i = 1, \dots, m$) associate a ciascun sottomodello (corrispondente ad un modello MISO)

Generazione dei residui robusta.

- Errore di stima $e(t) = x(t) - \hat{x}(t)$

$$e(t + 1) = (A - KC)e(t) + R_1 f(t) + E\varepsilon(t) - KR_2 f(t) - Kd\varepsilon(t)$$

- residui $r(t) = Q (y(t) - \hat{y}(t))$

$$r(t) = Q (C(x(t) - \hat{x}(t)) + R_2 f(t) + d\varepsilon(t))$$

- Z -trasformata:

$$r(z) = \overbrace{QR_2 f(z)}^{\text{dipendenza dal guasto}} + \overbrace{Qd\varepsilon(z)}^{\text{disturbo non eliminabile}} \quad (1)$$

$$+ \overbrace{H(zI - A + KC)^{-1}(R_1 - KR_2)f(z)}^{\text{dipendenza dal guasto}} \quad (2)$$

$$+ \overbrace{H(zI - A + KC)^{-1}(E - Kd)\varepsilon(z)}^{\text{disturbo eliminabile}}$$

dove $H = QC$.

Progetto *dead-beat*

- Si può mostrare che

$$H(zI - A_c)^{-1}E_t = z^{-1}H(I + A_c z^{-1} + A_c^2 z^{-2} + \dots)E_t$$

dove $A_c = A - KC$ e $E_t = (E - Kd)$

- che si annulla se

$$HE_t = 0$$

$$HA_c = 0$$

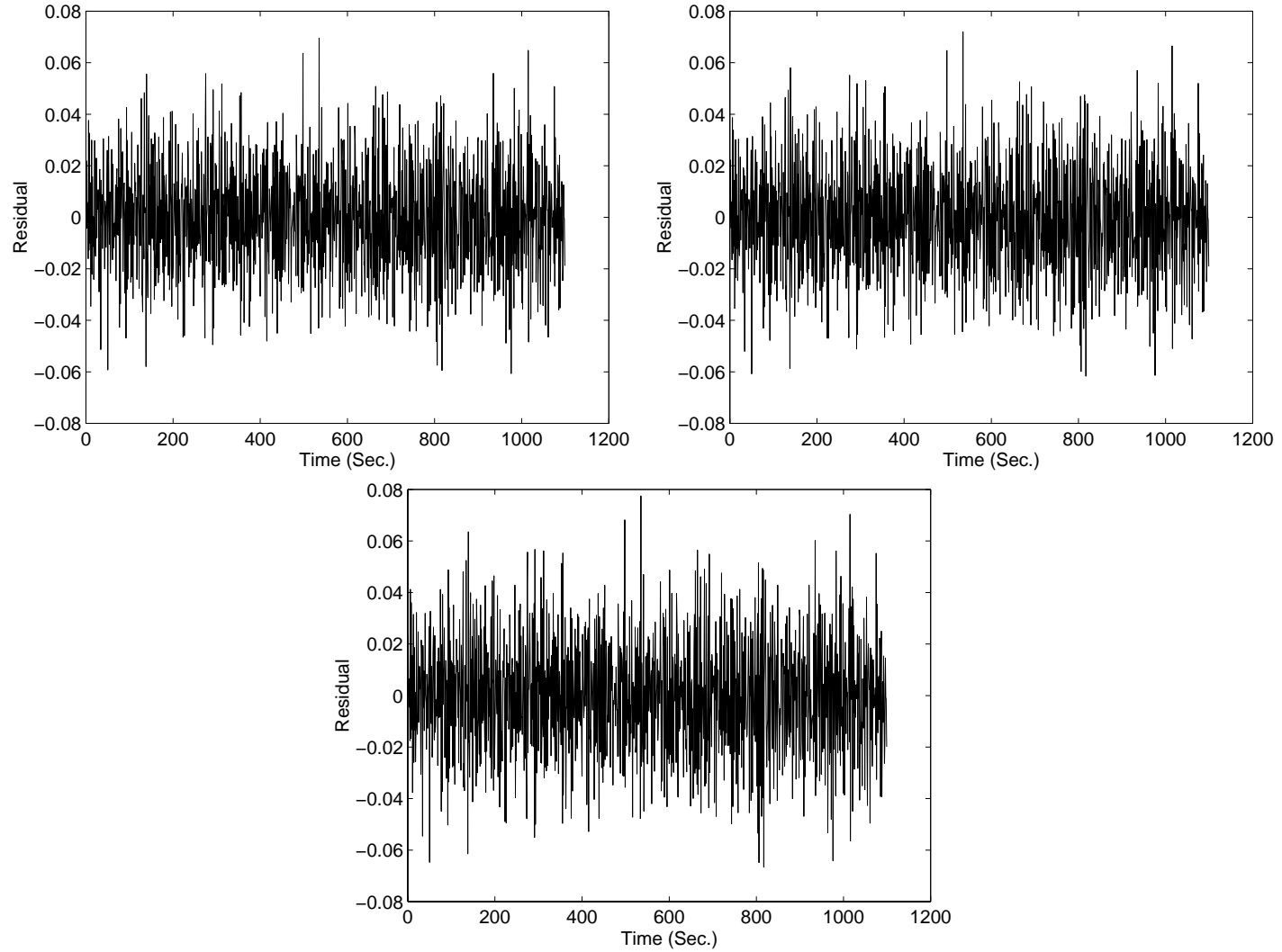
- Queste due equazioni permettono di individuare le incognite H e K

Un esempio

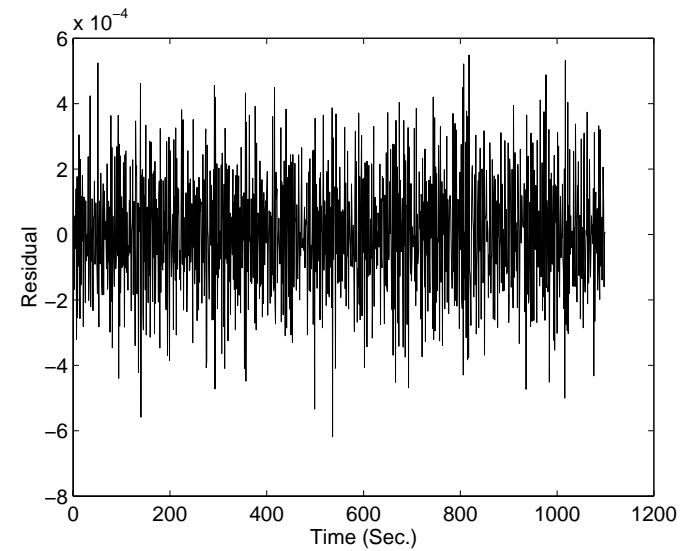
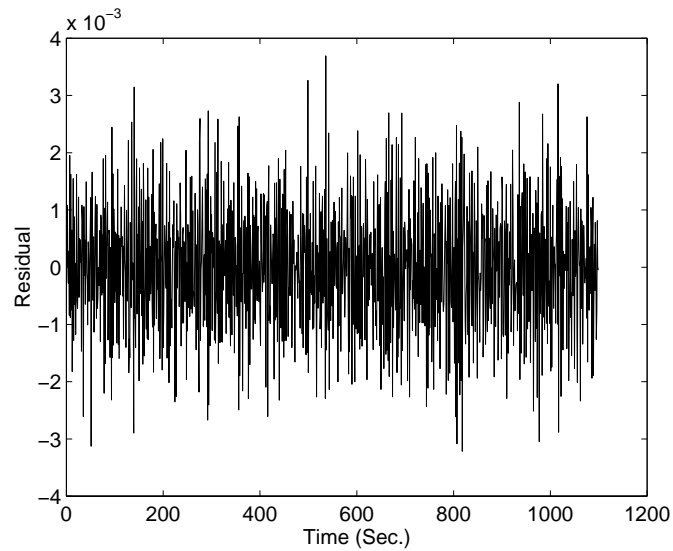
- Diagnosi ed identificazione dei guasti in un prototipo sperimentale di una turbina a gas della ABB Power Alstom.
- Simulazioni compiute su di un modello simulativo in Matlab.
- il modello è costituito da tre sottosistemi: Il compressore, la camera di combustione e la turbina.
- Il modello ha due variabili di ingresso (angolo di apertura della valvola a farfalla e il flusso del combustibile), e tre variabili di uscita (la velocità della turbina, la temperatura della turbina e la pressione del vapore di uscita.)

- Due schemi per la diagnosi dei guasti:
 - Un “dead-beat observer” (tre residui, uno per ciascuna uscita)
 - Genrazione dei residui “robusta” (due residui).

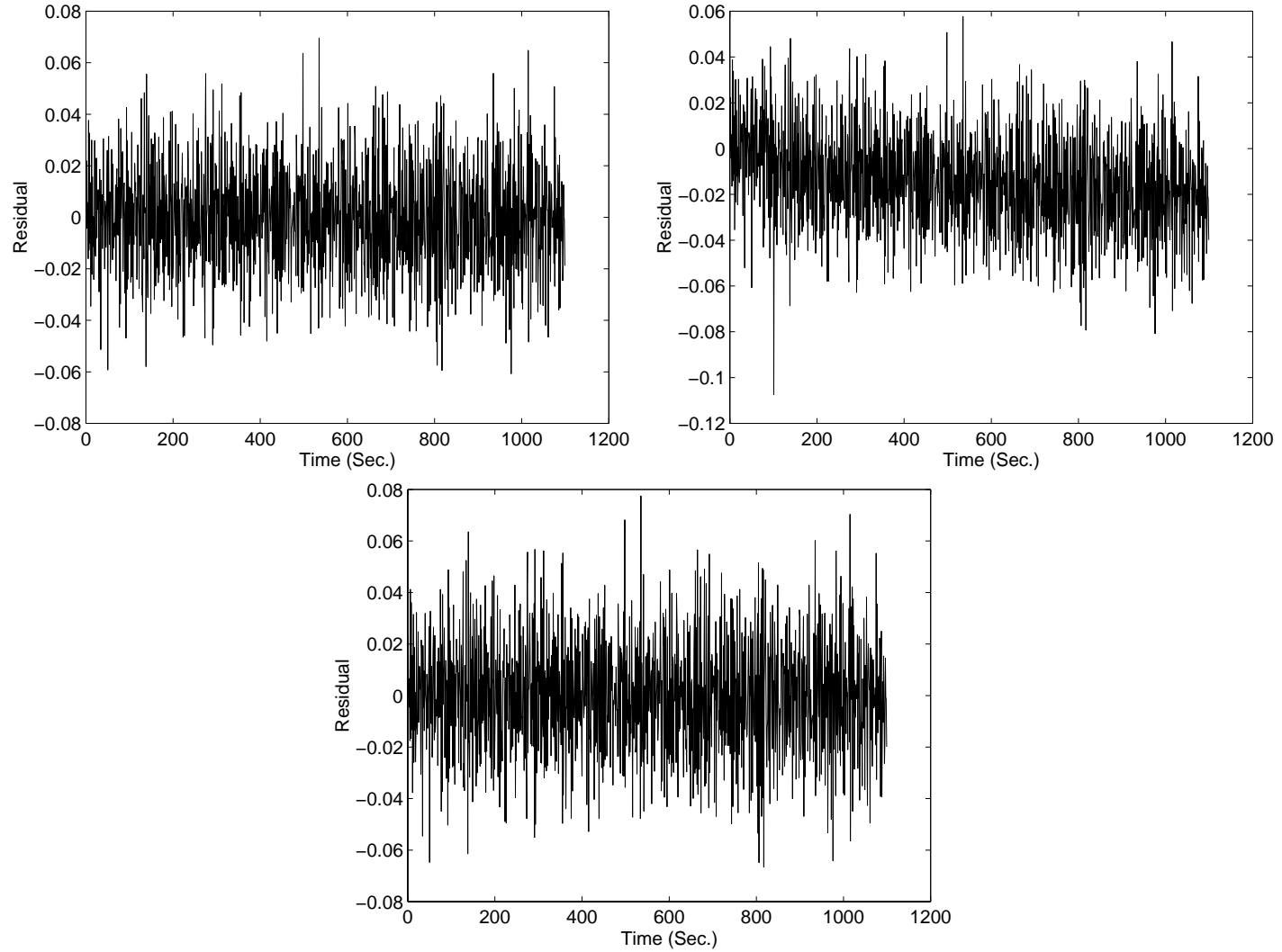
Caso senza guasti, osservatore “dead beat”



Caso senza guasti, osservatore “robusto”



Guasto sulla termocoppia, osservatore “dead beat”



Guasto sulla termocoppia, osservatore "robusto"

