

Come progettare una modalità di controllo

Alessandro De Carli

La progettazione delle modalità di controllo è un'attività di fondamentale importanza per ridurre costi e tempi di sviluppo dei sistemi controllati. Questo intervento anticipa una serie di articoli dedicati al tema, illustrandone gli obiettivi, le problematiche e le tecniche principali. In questa prima parte vengono trattati i concetti di base e gli aspetti chiave da tenere presente nella scelta della migliore modalità di controllo.

Nella realizzazione di un sistema controllato più o meno complesso, la progettazione delle modalità di controllo è un'attività per lo più sottovalutata in quanto ritenuta poco rilevante dal momento che coinvolge dispositivi il cui costo è in genere marginale rispetto a quello relativo alla realizzazione del sistema da controllare.

L'abitudine ormai consolidata di considerare la progettazione delle modalità di controllo come un problema non essenziale, da risolvere di volta in volta individuando una soluzione che consenta di poter rendere funzionante il sistema controllato, continua ad avvalorare realizzazioni in cui le potenzialità del sistema da controllare sono sottoutilizzate, senza tenere conto del degrado di competitività che ne consegue.

La scelta appropriata della modalità di controllo ha un ruolo fondamentale per quanto riguarda l'efficienza del sistema controllato, se l'obiettivo è quello di ottimizzare la qualità delle prestazioni, il costo di realizzazione del sistema controllato, il costo di esercizio ecc.

Per poter effettuare consciamente la scelta della modalità di controllo più appropriata è innanzitutto necessario disporre di una panoramica generale delle possibili modalità di controllo, collegando quelle più diffuse e più significative alla qualità delle prestazioni che possono essere raggiunte e alle caratteristiche funzionali del sistema da controllare.

Questo articolo costituisce la premessa ai successivi articoli in cui verrà trattato in modo più approfondito l'argomento. Lo scopo principale è quello di costituire un ausilio per coloro che intendono mantenere vivo l'aggiornamento e che hanno la responsabilità delle scelte progettuali nonché per i responsabili tecnici di im-

pianto, per gli integratori di sistemi, per gli addetti alla manutenzione, ma soprattutto per gli studenti dei corsi di Laurea in Ingegneria che desiderano acquisire le basi per una valida formazione nell'Automazione Industriale.

Prima di passare alla presentazione delle varie modalità di controllo, converrà soffermarsi sul significato di alcuni concetti di base che saranno utilizzati nella trattazione.

Concetti di base

Un *sistema* è un insieme di elementi, ognuno caratterizzato da una propria identità e funzionalità, in grado di formare un'entità organica con finalità e caratteristiche ben definite. Gli elementi che compongono il sistema interagiscono tra loro e con l'ambiente per quanto riguarda il flusso di materia, di energia e di informazione.

Un *sistema complesso* è costituito da vari sistemi, generalmente indicati come *sottosistemi*, collegati tra loro attraverso interazioni di vario tipo. Il comportamento di un sistema complesso non è sempre deducibile in maniera semplice a partire dalla conoscenza del comportamento dei singoli sottosistemi. Infatti, le sue proprietà dipendono non solo dai sottosistemi ma anche dalle loro interconnessioni.

Un *sistema da controllare* è per lo più un sistema complesso realizzato in modo da assicurare la funzionalità desiderata rendendo operative opportune attività ed effettuando opportuni interventi dall'esterno.

Un *sistema di controllo* è costituito dall'insieme dei dispositivi, che applicati al sistema da controllare, permettono di attivare le attività previste per il raggiungimento delle finalità desiderate. Il sistema di controllo comprende dispositivi di misura, attuatori, dispositivi di elaborazione delle modalità di controllo, reti di comunicazione e dispositivi di interfaccia con l'operatore.

Le *modalità di controllo* riguardano l'insieme dei metodi e delle tecniche che, applicate al sistema da controllare, consentono di raggiungere le finalità desiderate mediante l'applicazione di opportune azioni di intervento.

Un *sistema controllato complesso* è costituito dal sistema da controllare e dal relativo sistema di controllo, come messo in evidenza nella figura 1.

Le *finalità desiderate* sono rappresentate dalla *funzionalità*, dalle *prestazioni* e dalle *specifiche*.

La *funzionalità* indica le attività che possono essere svolte dal si-



Figura 1 – Schema a blocchi di un sistema controllato

stema controllato quando sono applicate le azioni di intervento; le *prestazioni* illustrano le modalità secondo cui tali attività devono essere svolte e portate a termine; le *specifiche* forniscono una valutazione dettagliata, qualitativa e quantitativa, del raggiungimento delle finalità prescelte.

Per poter definire le specifiche occorre indicare le condizioni operative di riferimento nonché indicare il valore che assumo alcune grandezze in grado di fornire un'esauriente caratterizzazione del funzionamento del sistema controllato. Le condizioni operative di riferimento vengono indicate come condizioni nominali di funzionamento e il valore delle grandezze che ne caratterizzano il funzionamento come *valori nominali*.

Quando durante l'evoluzione di un sistema controllato, tali grandezze assumono un valore variabile nel tempo vengono indicate come *variabili*; quando invece il loro valore rimane costante vengono indicate come *parametri*. Per quanto riguarda le variabili è opportuno tenere presente che le *variabili di controllo* fissano le condizioni operative relative alle finalità desiderate dal sistema controllato, le *variabili di comando* indicano il valore che devono assumere le *variabili di forzamento* affinché il sistema da controllare possa raggiungere le finalità prefissate. Le variabili di comando sono elaborate dalla modalità di controllo e sono utilizzate come variabili di comando dell'attuatore. Le variabili di forzamento rappresentano l'intensità delle azioni di intervento sul sistema da controllare e costituiscono le variabili di uscita dell'attuatore. In genere l'attuatore preleva da una sorgente primaria l'energia necessaria per fare avvenire l'evoluzione nella maniera desiderata e la trasferisce al sistema da controllare. L'entità di tale energia è fissata dalla modalità di controllo.

Le *variabili controllate* indicano quelle variabili che consentono di valutare in maniera significativa l'effetto che le variabili di forzamento hanno sul comportamento del sistema controllato e quindi permettono di verificare il raggiungimento delle prestazioni e delle specifiche. Conviene che l'andamento delle variabili di controllo sia fissato in modo che il sistema controllato possa garantire una soddisfacente fedeltà di risposta delle variabili controllate.

Le azioni di intervento vengono anche indicate come *variabili di ingresso* del sistema da controllare e le variabili controllate come *variabili di uscita*.

I *disturbi* sono quegli eventi in grado di alterare il valore che le variabili controllate dovrebbero assumere in corrispondenza del valore assegnato alle variabili di comando. Vengono indicati come *disturbi prevedibili* quelli di cui si conosce l'origine, il campo di escursione e a volte anche l'andamento; mentre *disturbi casuali* quelli in cui ciò non è possibile.

Funzionalità e prestazioni

In un sistema controllato complesso le modalità di controllo sono applicate a livello di campo, di coordinamento e di conduzione. La scelta delle modalità di controllo dipende dalle peculiarità costruttive del sistema da controllare, dalle condizioni operative previste, a cui occorre comunque fare riferimento, nonché dalle prestazioni e dalle specifiche che devono essere raggiunte.

Nella scelta delle modalità di controllo non si può prescindere dalla conoscenza sia delle possibilità di applicare le azioni di intervento, sia del loro effetto per il raggiungimento delle prestazioni e delle specifiche, sia dei disturbi, in parte prevedibili e in parte im-

prevedibili. La funzionalità, le prestazioni e le specifiche determinano l'efficienza del sistema controllato. Il più delle volte la funzionalità è condizionata dalla realizzazione del sistema da controllare, che in genere è stata fissata tenendo in marginale considerazione la scelta delle modalità di controllo e le modalità della loro attivazione. Le prestazioni del sistema controllato dipendono oltre che dalle condizioni operative previste anche dalle modalità di controllo che vengono applicate a livello di campo, a livello di coordinamento e a livello di conduzione. Per lo più le specifiche sono direttamente collegate alla scelta delle modalità di controllo a livello di campo e in maniera meno determinante a quelle relative al coordinamento e alla conduzione. Il comportamento del sistema controllato soddisfa le specifiche quando, nelle condizioni operative nominali, il valore nominale delle variabili controllate è contenuto entro il campo variazione prestabilito.

Nella Figura 2 sono sintetizzati gli aspetti più significativi per la caratterizzazione del sistema da controllare e per la realizzazione del sistema di controllo.

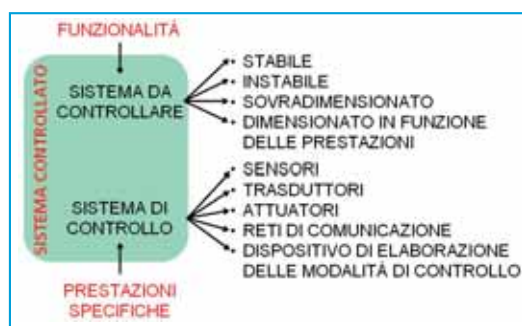


Figura 2 - Aspetti significativi del sistema da controllare e del sistema controllato

Peculiarità del sistema da controllare

Nella scelta della modalità di controllo è opportuno preliminarmente conoscere se il sistema da controllare è intrinsecamente *stabile* oppure intrinsecamente *instabile*. Nel primo caso la funzionalità, le prestazioni e le specifiche sono gli aspetti che determinano la qualità del sistema controllato; nel secondo caso l'esigenza dominante è quella di renderlo stabile applicando un'opportuna modalità di controllo mentre gli altri aspetti risultano importanti, ma di secondaria rilevanza.

Nel caso più frequente che il sistema da controllare sia stabile, è opportuno individuare se è stato dimensionato in modo che, nelle condizioni nominali di funzionamento, l'effetto dei disturbi prevedibili non alteri il soddisfacimento delle specifiche oppure se è stato dimensionato in modo da poter soddisfare i vincoli fissati dalle prestazioni previste, senza tener conto dell'effetto dei disturbi. Nel primo caso il sistema da controllare risulta *sovradimensionato* rispetto alle prestazioni che potrebbe fornire. Nel secondo caso il sistema da controllare è stato dimensionato in modo da assicurare la funzionalità e le prestazioni. Il raggiungimento delle specifiche è invece condizionato dalla scelta della modalità di controllo.

Il sovradimensionamento del sistema da controllare e di alcuni elementi, che realizzano il sistema di controllo, rende più semplice l'individuazione e l'applicazione delle modalità di controllo ma degrada anche in modo significativo l'efficienza e il costo del sistema controllato.

L'influenza della strumentazione

La scelta della modalità di controllo è condizionata in modo significativo dalle caratteristiche funzionali della strumentazione di misura, degli attuatori e del dispositivo di elaborazione di tipo dedicato, in grado di rendere operativa la modalità di controllo prescelta, dalla rete di comunicazione industriale.

È da tenere presente che la strumentazione di misura e gli attuatori, a seconda della loro realizzazione, possono avere una caratteristica funzionale di tipo on/off oppure di tipo continuo. Anche la modalità di controllo, che deve agire sulla variabile di comando degli attuatori, può determinare azioni di intervento di tipo continuo oppure di tipo discontinuo. Quando viene applicata una modalità di controllo basata su azioni di intervento di tipo continuo, affinché possa avere efficacia sul comportamento dinamico del sistema da controllare, è necessario che la caratteristica funzionale dei dispositivi di misura e degli attuatori sia di tipo continuo e che il loro comportamento dinamico risulti più rapido di quello del sistema da controllare a cui sono destinati.

Nella progettazione della modalità di controllo prescelta occorre tenere presente che le azioni di intervento devono avere un campo di escursione limitato per quanto riguarda sia il valore istantaneo sia la sua rapidità di variazione al fine di non compromettere il corretto funzionamento o addirittura l'integrità funzionale del sistema da controllare. Anche i dispositivi di misura, gli attuatori e il dispositivo di elaborazione delle modalità di controllo hanno un campo di escursione limitato per quanto riguarda sia le grandezze di ingresso e di uscita sia altre grandezze coinvolte nel loro funzionamento. Presentano anche un'insensibilità più o meno marcata quando le variazioni della variabile di ingresso sono di entità limitata. Tali fenomeni, che inevitabilmente sono presenti nella strumentazione, possono essere assimilati a non linearità del tipo a saturazione e soglia. Nella scelta della modalità di controllo occorre tenere conto oltre delle non linearità intrinseche nella strumentazione anche del ritardo di tempo nella trasmissione dei dati che è inevitabilmente presente quando le connessioni fra la strumentazione di misura, il dispositivo di elaborazione delle modalità di controllo e l'attuatore sono realizzati con una rete di comunicazione industriale. A seconda del comportamento dinamico del sistema da controllare, l'effetto di tale ritardo può essere trascurabile o può risultare critico per il corretto funzionamento del sistema controllato.

Anche l'andamento impresso alle variabili di controllo influenza in modo significativo le prestazioni che possono essere raggiunte dal sistema controllato. Per migliorare l'efficienza del sistema controllato conviene allora scegliere congiuntamente la modalità di controllo e l'andamento delle variabili di controllo. Queste ultime possono essere impresse da un operatore oppure da un dispositivo in grado di elaborare un andamento opportunamente prefissato. ■

Nei prossimi articoli saranno passate in rassegna le modalità di controllo più diffusamente impiegate indicandone le caratteristiche dominanti, collegandole alle caratteristiche funzionali del sistema da controllare, alle prestazioni e alle specifiche che possono essere raggiunte dal sistema controllato.

QUADMO747

7x7 cm a tribute to size



SEVEN[®]
Standard

Intel® ATOM™ 1.1 GHz e 1.6 GHz
Fino a 8 GB SSD Flash
e 1 GB DDR2 a bordo
µSD-Card SLOT



Carrier Boards



SECOCQ7-mITX
Mini-ITX form factor
Scheda di sviluppo



SECOCQ7-pITX
Pico-ITX form factor
Compact ready solution
Open Frame Chassis opz.



Italian Genie

Via Calamandrei, 91 - 52100 Arezzo - Italy - Phone: +39 0575 26979
info@seco.it

www.seco.it

readerservice.it n.24334

