

Quaderni di automazione industriale

1

ALESSANDRO DE CARLI

IL CONTROLLO DI UN SISTEMA DI PRODUZIONE



Copyright © MMIII ARACNE EDITRICE S.r.l.

00173 Roma, via Raffaele Garofalo, 133 a/b
tel. (06) 72672233 telefax 72672222

www.aracne-editrice.it
info@aracne-editrice.it

88-7999-449-2

*I diritti di traduzione, di memorizzazione elettronica,
di riproduzione e di adattamento anche parziale,
con qualsiasi mezzo, sono riservati per tutti i Paesi.*

*Non sono assolutamente consentite le fotocopie
senza il permesso scritto dell'Editore.*

I edizione: marzo 2003

Premessa

Lo sviluppo delle tecnologie informatiche hardware e software e la realizzazione di componenti elettronici integrati di segnale e di potenza, ha consentito di espandere il campo d'applicazione del controllo dalle tradizionali applicazioni industriali a prodotti di largo consumo e ad applicazioni in altri settori non strettamente collegati alla produzione industriale, quali la bioingegneria, la gestione delle risorse e dei servizi, ecc..

In molti casi, sono state proprio le applicazioni al di fuori dei tradizionali problemi di produzione di beni a promuovere le innovazioni nella realizzazione sia delle modalità di controllo sia dei componenti e dei dispositivi atti a rendere operativo il controllo.

In un prodotto finito la rilevanza che può avere il controllo per la qualificazione del prodotto non è altrettanto evidente quanto quella relativa ad altri elementi di più facile impatto sulla cultura corrente (ad esempio l'utilizzazione di tecnologie innovative nella realizzazione del prodotto, il raggiungimento di particolari prestazioni, la riduzione del costo, ecc.). Il controllo rimane pertanto una *tecnologia nascosta ma sempre presente*, che può essere apprezzata solo con una adeguata preparazione culturale in quelle discipline che sono state utilizzate per rendere operativo il sistema controllato.

Quantunque sporadico e isolato, l'inserimento del controllo in alcune apparecchiature è presente fin dall'antichità. La diffusione del controllo è collegata però allo sviluppo della industrializzazione, avvenuto alla fine del XIX secolo. Interessanti realizzazioni di autopiloti sono state sviluppate fin dagli albori dell'industria aeronautica. Un ulteriore sviluppo si è avuto durante la seconda guerra mondiale ed è stato collegato alla necessità di adeguare la strumentazione di bordo negli aerei e nelle navi nonché quella di centralizzare le misure in un quadro di comando.

Dopo la fine della guerra, libri e trattati hanno divulgato i metodi di analisi del sistema da controllare e le modalità di progettazione dell'azione di controllo in grado di garantire che il sistema controllato possa raggiungere determinate prestazioni. Precedentemente il controllo veniva reso operativo sulla base dell'intuizione e dell'empirismo; il raggiungimento delle finalità desiderate era di primaria importanza rispetto ad alcune prestazioni come l'efficienza, il costo, la rapidità di risposta.

Attualmente il settore del controllo è molto sviluppato. Sono disponibili molteplici modalità di controllo e una grande varietà di dispositivi necessari per renderle operative. Rimane tuttora carente la disponibilità di esperti nel settore con una preparazione culturale adeguata, in grado di trasferire i risultati raggiunti dalle metodologie di controllo di tipo non convenzionale a problemi applicativi di tipo corrente e di renderle operative utilizzando dispositivi adeguati. Ciò è da attribuire ad una scarsa sensibilità al problema del controllo da parte degli utilizzatori di prodotti finiti e di coloro i quali sono abituati a realizzare prodotti di uso corrente utilizzando prevalentemente tecnologie meccaniche ed elettriche di tipo convenzionale.

Le applicazioni industriali del controllo hanno avuto un ruolo di fondamentale importanza nella produzione di beni e servizi. I concetti di base applicati agli impianti di produzione hanno portato alla trasformazione del modo di svolgere le attività lavorative anche in settori non strettamente industriali.

La diffusione di dispositivi e di apparecchiature in cui l'elevata qualità delle prestazioni è dovuta alla installazione di adeguate modalità di controllo ha portato alla trasformazione del modo di svolgere molte attività lavorative anche in quei settori che continuano ad avere un ruolo insostituibile nelle realtà industriali ed economiche.

L'applicazione del controllo a problemi concreti richiede l'impegno congiunto degli esperti nelle tecnologie e nelle metodologie tipiche del settore del controllo e di coloro che conoscono a fondo il settore applicativo, e sono stati in grado di gestirlo senza l'applicazione del controllo. Affinché tale sinergia

abbia l'effetto desiderato è necessario prevedere una precisa ed impegnativa opera di qualificazione e riqualificazione del personale che intenda integrarsi rapidamente con le apparecchiature e le modalità di produzione imposte dal controllo.

Nei paesi in cui le applicazioni di sistemi controllati sono accettate e consolidate, si è avuto modo di constatare un aumento di occupazione dovuto alla formazione di nuove e più qualificate figure professionali.

Molti degli approcci seguiti per rendere operativo il controllo nelle applicazioni industriali possono essere trasferiti a problemi economici e sociali. In questa sede saranno presi in considerazione solo alcuni problemi relativi al controllo di sistemi più o meno complessi.

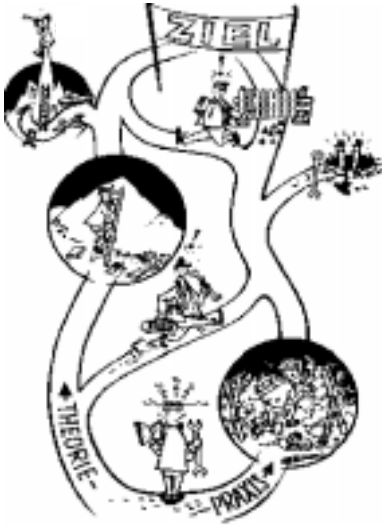
Scopo della presente nota è quello di cercare di rendere più familiari alcuni concetti che sono alla base della applicazione del controllo. Per tale motivo la trattazione è stata articolata come un dialogo in cui un ipotetico interlocutore che desidera essere informato sul controllo pone una serie di domande ad un esperto del settore del controllo al fine di ricavare quelle informazioni che gli possano consentire di affrontare un successivo approfondimento ed eventualmente una specializzazione.

Quale approccio conviene seguire per acquisire professionalità nel settore del controllo ?

Per addentrarsi nel mondo del controllo possono essere seguite due vie diametralmente opposte. Si può infatti partire da uno studio appropriato della *teoria del controllo* oppure dalla realizzazione di alcune applicazioni, ossia dalla *pratica*, come in quasi tutti i settori dell'Ingegneria.

Quando invece si parte dalla pratica, senza avvalersi di un adeguato supporto della teoria, si va incontro ad una serie di problemi in cui è difficile districarsi. La via che porta ad una soluzione valida anche in questo caso è sbarrata.

Nella progettazione di un sistema controllato è necessario trovare un giusto equilibrio fra la teoria e la pratica. Quest'ultima



infatti permette di ricavare una approfondita conoscenza del sistema da controllare per quanto riguarda sia il comportamento del sistema da controllare in corrispondenza delle differenti condizioni di funzionamento sia le modalità di intervento che possano portare a risultati concreti e convenienti. La teoria invece consente di interpretare il funzionamento del sistema da controllare in funzione delle modalità di controllo che conviene rendere operative affinché il sistema

controllato possa raggiungere le prestazioni desiderate.

La corretta via per arrivare ad una soluzione valida dal punto di vista ingegneristico è quella di affrontare il problema della realizzazione del sistema controllato partendo da una solida base di teoria. Tale conoscenza consente di affrontare la realizzazione di un sistema controllato seguendo metodi basati su procedure e non avvalendosi di conoscenze essenzialmente empiriche. In tale fase, viene approfondita la conoscenza anche di quei fenomeni che erano stati considerati marginali nello sviluppo delle teorie di base e viene ad essere allargata la conoscenza delle metodologie che consentono di affrontare la soluzione del problema in maniera più completa. L'approfondimento e lo sviluppo dei soli aspetti teorici non è però sufficiente per arrivare ad una soluzione effettivamente valida. Infatti, nella presentazione di una procedura molte volte vengono trascurati proprio quegli aspetti che sono ritenuti secondari ma che risultano invece determinanti per il buon funzionamento del sistema controllato.

Una preparazione solida nelle scienze di base dell'ingegneria costituisce un necessario complemento ad un'adeguata conoscenza delle metodologie di progetto, delle modalità di con-

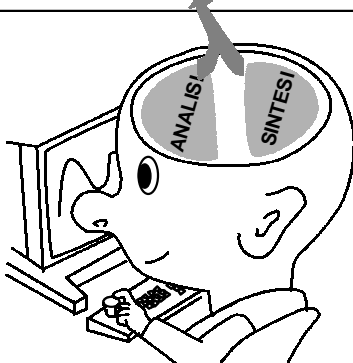
trollo e delle tecnologie necessarie per renderle operative. L'esperto nel settore del controllo deve saper infatti interagire con le altre professionalità che partecipano alla progettazione del sistema da controllare e alla gestione del sistema controllato nei diversi settori applicativi.

Inoltre è opportuno tenere presente che una corretta formazione professionale nel settore del controllo non può prescindere dall'impiego di un calcolatore e dalla conoscenza dei dispositivi di elaborazione digitale di tipo dedicato.

Software adeguati consentono attualmente di simulare il funzionamento del sistema da controllare, di progettare il sistema di controllo e di effettuare una prima verifica di validità. L'attuale tendenza è infatti quella di affrontare i problemi connessi al controllo di un sistema più o meno complesso, di un impianto industriale e di una apparecchiatura singola partendo da una simulazione del sistema da controllare in grado di tenere conto degli aspetti più direttamente coinvolti nella scelta della modalità di controllo.

La simulazione del sistema da controllare diviene allora un supporto indispensabile per la progettazione delle modalità di controllo che abbiano come obiettivo quello di ottenere il raggiungimento di determinate prestazioni da parte del sistema controllato.

SOFTWARE SPECIALISTICI
PER LA PROGETTAZIONE



Quando furono individuate le metodologie di base per una progettazione delle modalità di controllo secondo approcci sistematici, la loro applicazione era basata su metodi grafici, dal momento che l'impiego di un dispositivo di elaborazione digitale non era ancora pensabile. Attualmente, con lo sviluppo dei personal computer e dei programmi finalizzati all'analisi dei sistemi dinamici e alla progettazione delle modalità di controllo, non è più

più pensabile di continuare ad avvalersi di metodi del tipo “carta e matita”. Anche l’epoca dell’empirismo, in cui una modalità di controllo veniva resa operativa direttamente sul sistema da controllare durante il funzionamento, dovrebbe essere definitivamente tramontata.

Nella progettazione dei sistemi di controllo, l’impiego dei programmi di larga diffusione dedicati proprio a questo settore è fondamentale per ottenere sia un miglioramento della qualità della progettazione sia l’adeguamento ad uno stile di progettazione ormai affermato in sede internazionale. L’ausilio di programmi già predisposti per la soluzione dei problemi di base, libera il progettista dalla pesantezza delle elaborazioni e valorizza la sua capacità di sintesi, di valutazione e di interpretazione dei risultati ottenuti.

Il nuovo approccio richiede un impegno iniziale per apprendere e familiarizzare con l’impiego di tali programmi. La fase di apprendimento può apparire come una inutile perdita di tempo per coloro che sono abituati ad entrare direttamente negli aspetti realizzativi di un problema. Solo in un secondo tempo, quando si è stabilita la sinergia fra il programma e l’utilizzatore, si riescono ad apprezzare tutti i vantaggi di una tale impostazione.

Come realizzare un sistema controllato ?



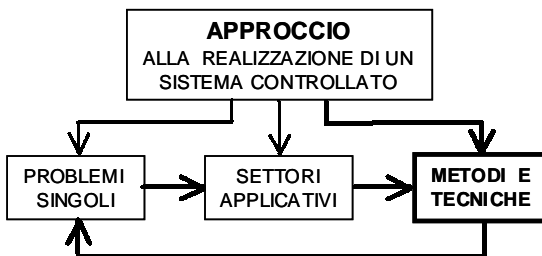
Un sistema controllato si compone sostanzialmente di due parti: il *sistema da controllare* e il *sistema di controllo*. Quest’ultimo invia al sistema da controllare le *azioni di controllo*,

elaborate secondo una procedura opportunamente progettata e resa operativa che ne fissa l'intensità in funzione degli *effetti* provocati dalle azioni di controllo sul sistema da controllare.

I problemi connessi alla realizzazione di un sistema controllato possono essere affrontati partendo:

- dalle applicazioni singole;
- dai settori applicativi;
- dall'acquisizione di metodi e tecniche adeguate.

Nel primo e nel secondo caso, ogni nuova realizzazione è sostanzialmente la replica di una realizzazione precedente. Infatti, l'approccio basato solo sulle applicazioni ha come obiettivo quello di estendere alle nuove realizzazioni i risultati già raggiunti nelle applicazioni precedenti. Ovviamente, in ogni nuova realizzazione vengono effettuate quelle particolari modifiche che consentono di adattare le precedenti realizzazioni alle caratteristiche del nuovo impianto e alle innovazioni introdotte dall'evolversi delle tecnologie. I vantaggi più evidenti sono quelli collegati alla strumentazione, mentre quelli dovuti all'impiego di modalità di controllo diverse da quelle convenzionali sono più difficili da apprezzare in quanto si vorrebbe disporre di prove concrete della loro efficacia prima ancora che siano state rese operative sul sistema da controllare. Solo con l'ausilio della simulazione dell'intero sistema controllato si riesce ad effettuare una prima valutazione, ma questo tipo di approccio è ancora poco usuale.



È bene comunque tenere presente che il più delle volte solo le innovazioni nelle modalità di controllo che consentono di elevare la qualità delle prestazioni.

Con l'acquisizione di metodi e tecniche di controllo più adeguate si riesce a semplificare e a rendere meno costosa la realizzazione del sistema da controllare e ad ottenere risultati che

si concretizzano in un minore costo globale del sistema controllato e in un netto miglioramento della funzionalità e delle prestazioni. L'obiettivo da raggiungere è infatti quello di migliorare il rapporto costo/prestazioni e di rendere più produttivo l'investimento collegato al maggior costo del dispositivo di controllo. Un tale approccio alla realizzazione di un sistema controllato è ancora poco usuale ed è scarsamente accettato.

Ad esempio, quando si considera il sistema di controllo dell'ascensore di uno stabile, i problemi relativi al funzionamento di tale impianto possono essere facilmente isolati dagli altri problemi collegati ai servizi richiesti dagli inquilini dello stabile. Il controllo di un ascensore è un tipico esempio di un'applicazione singola. Quando invece nello stesso stabile devono essere installati più ascensori e deve essere ottimizzata la loro gestione, per quanto riguarda sia la capacità di trasporto sia il costo di gestione, è opportuno ottimizzarne l'utilizzazione, affrontando separatamente i problemi connessi al controllo dei singoli ascensori da quelli collegati alla loro gestione. In condizioni analoghe si trovano quasi tutti gli impianti di produzione. In entrambi i casi, è necessario acquisire conoscenze specifiche per:

- la realizzazione tecnica dei dispositivi impiegati nel sistema controllato,
- applicazione appropriata di metodologie di carattere generale in grado di risolvere i problemi connessi sia al particolare sistema da controllare sia a sistemi di altro tipo.

Nella realizzazione di un sistema controllato conviene allora applicare la seguente procedura:

1. acquisire una adeguata conoscenza del funzionamento e delle condizioni operative del sistema da controllare;
2. stabilire le finalità che devono essere raggiunte applicando l'azione di controllo;
3. fissare le prestazioni che devono essere ottenute e le relative specifiche;
4. individuare le modalità secondo cui deve essere applicata l'azione di controllo per raggiungere la funzionalità e le prestazioni desiderate;

5. acquisire la strumentazione necessaria per rendere operativa l'azione di controllo;
6. progettare la procedura secondo cui intervenire sulle variabili di forzamento per ottenere le prestazioni desiderate;
7. verificare sul sistema controllato che gli obiettivi prefissati siano stati effettivamente raggiunti;
8. percorrere a ritroso la procedura precedentemente indicata, ove non siano stati ottenuti i risultati desiderati fino al loro raggiungimento.

Come affrontare la conoscenza del sistema da controllare ?

Innanzitutto è opportuno soffermarsi sul concetto di sistema prima di indicare come deve essere finalizzata la conoscenza del sistema da controllare ai fini della progettazione dell'azione di controllo.

Molto in generale, un sistema può essere definito come un insieme più o meno complesso di elementi, fra di loro strettamente interagenti, che consentono di raggiungere determinate finalità. Gli elementi che costituiscono il sistema possono essere già presenti in natura oppure possono essere realizzati con tecnologie differenti e aggregati in modo da ottenere le finalità desiderate. In tale prospettiva un sistema di produzione può essere visto come un "sistema di sistemi".

In alcuni casi, il sistema è costituito da un unico elemento, in altri da un insieme più o meno complesso di elementi di varia natura. Affinché tali elementi possano essere visti come appartenenti ad un sistema è necessario che concorrano in modo determinante al raggiungimento delle finalità desiderate.

Ad esempio, un sistema molto semplice può essere costituito da un ventilatore azionato da un motore mentre uno molto complesso da un aeromobile. Nel primo caso, la finalità desiderata è quella di modificare la portata del flusso di aria mosso dal ventilatore, nel secondo caso quella di portare l'aereo dalla fase di decollo alla rotta di navigazione, oppure di mantenere la rotta