MISURA E CONTROLLO NEI **PROCESSI INDUSTRIALI**

di Fabio Andreolli

Con questo primo articolo l'autore intende illustrare il settore della misura e controllo dei processi industriali; in seguito cercherà di sviluppare l'argomento con particolare attenzione all'industria di processo e alle reti di pubblica utilità, puntando l'attenzione verso sistemi, nuovi criteri e concetti, con eventuali riferimenti agli obblighi di legge e alle opportunità per i professionisti

Il processo

Foto 1

I processi industriali hanno origini antiche, ma solo con l'avvento della rivoluzione industriale e il conseguente impulso scientifico e tecnologico, sono finalmente definiti e diventano materia sistematica di studio partendo dal legame fra scienza e tecnologia sviluppandosi poi in tecnologia e in produzione.
A seconda delle caratteristiche fisiche e di trattamento delle materie (prime, semilavorati e prodotto) il processo può essere:

- *Continuo*, che normalmente si ha laddove i materiali/prodotti siano fluidi e vengano trattati senza interruzione di funzionamento, ovvero seguendo il ciclo tecnologico obbligato (sequenzialmente definito), o comunque lentamente variabile.
Negli impianti di questo tipo, il flusso continuo della materia prima e del prodotto finito, gli stati di conversione e il trasporto sono intimamente fusi nelle attrezzature produttive costituenti l'impianto.
L'impianto esegue un solo ciclo di lavorazione e fornisce una varietà di prodotto per un periodo di tempo determinato (ad esempio raffinerie, impianti chimici, centrali elettriche parte produzione e cementifici).
- *Discontinuo*, quando il trattamento richiede interruzione di funzionamento per cambiare materia prima o attrezzatura (ad esempio laminatoi e cartiere).
- *Batch*, quando il processo richiede differenti ricette e criteri di produzione (ad esempio farmaceutica, alimentare e tessile).
- *Discreto*, detto anche ciclo tecnologico non obbligato, cioè un processo in cui una stessa linea può essere destinata alla produzione di una varietà di prodotti diversi (industria manifatturiera)*.
- *Non industriale*, cioè qualsiasi processo riguardante trasporti, ambiente e comunicazioni.

I processi sono governati dall'automazione che consente di realizzare operazioni ripetitive, complesse o inattuabili dall'uomo.
Con lo sviluppo delle tecnologie elettriche/elettroniche sono stati introdotti nuovi dispositivi in ausilio o anche in sostituzione di quelli puramente meccanici in grado di fornire una più accurata misura e control-

lo del processo.
I mercati di riferimento sono così raggruppati:
- *industria di processo*, che provvede alla trasformazione chimico-fisica della materia prima e comprende tutto quanto dedicato alla produzione di energia elettrica, petrolio e derivati, gas, chimica di base e chimica fine, farmaceutica, alimentare, carta e cellulosa, metalli e minerali, vetri, cemento, trattamento acque reflue, ecc.;
- *industria manifatturiera**, che sottopone la materia prima a modificazioni di foggia e dimensioni e al successivo assemblaggio, e comprende tutto quanto dedicato alla produzione di beni strumentali e di consumo quali automobili, elettrodomestici, cartotecnica, tessuti, abbigliamento, oggetti di gomma, ceramica, legno, materiali plastici, macchinari per il confezionamento, macchinari e apparecchiature in genere, ecc.;
- *reti di pubblica utilità*, a gestione sia pubblica o privata, per il trasporto e la distribuzione di acqua, gas, energia elettrica, calore, controllo dei trasporti e del traffico, ecc.

Le regole tecniche

Le norme e guide tecniche di riferimento relative alle tecnologie da impiegarsi sono emesse dai principali organismi mondiali di settore; in Italia, per quelle elettriche/elettroniche, il compito è svolto dal Comitato Elettrotecnico CEI e nella fattispecie dal Comitato Tecnico CT 65 corrispondente IEC TC65 che si occupa degli aspetti generali, dei sistemi completi e degli elementi di tali sistemi. L'attività è svolta in ambito CENELEC direttamente dalla segreteria generale.
In particolare sono da segnalarsi le seguenti norme:
- CEI EN 61508-1...7, serie di norme riguardanti la sicurezza funzionale dei sistemi elettrici, elettronici ed elettronici programmabili per applicazioni di sicurezza.
- CEI EN 61326, norma riguardante le prescrizioni di compatibilità elettromagnetica degli apparecchi elettrici di misura, di controllo e di laboratorio.
- CEI EN 61069, serie di norme riguardanti la valutazione delle proprietà dei sistemi per il loro accertamento.
- CEI EN 60770, serie di norme riguardanti i trasmettitori impiegati nei sistemi di controllo dei processi industriali.
- CEI EN 60534, serie di norme riguardanti le valvole di regolazione per processi industriali.
- CEI EN 6113, serie di norme riguardanti i controllori programmabili.
- CEI EN 61158, serie di norme riguardanti i bus di campo per i sistemi di controllo dei processi industriali.
- CEI EN 61207, serie di norme riguardanti la valutazione delle prestazioni degli analizzatori di gas.

Il CT 65 svolge principalmente un'attività di indirizzo e coordinamento dei lavori dei suoi quattro Sottocomitati (A, B, C e D).

CT 65 A: Sistemi/IEC 65 A: System Aspects
Prepara norme e guide riguardanti gli aspetti generali dei sistemi di controllo e misura usati nell'industria di processo, in particolare sui seguenti aspetti:
- condizioni di esercizio (caratteristiche ambientali, caratteristiche dell'alimentazione elettrica, compatibilità elettromagnetiche);
- criteri di valutazione e accertamento dei sistemi;
- sicurezza funzionale.

Le azioni del SC 65 A sono attualmente rivolte in particolar modo all'aspetto della sicurezza dei sistemi elettrici, elettronici ed elettronici programmabili (sistemi E/E/EP), destinati a funzioni di sicurezza; si tratta della cosiddetta sicurezza funzionale (CEI-EN 61508). Grande sforzo del gruppo di lavoro è rivolto a una sua maggior comprensione e diffusione, tanto che in futuro diverrà una norma di base e riferimento per lo sviluppo di specifiche applicazioni come nuova serie per l'industria di processo IEC-CENELEC 61511, quella per la sicurezza delle macchine IEC 62061, quella per le centrali di energia a combustibile nucleare IEC 61513 e per i sistemi ferroviari la EN 50126/8/9.

CT 65 B: Elementi dei sistemi/IEC 65 B: Devices/ CENELEC: BTWG 109-2 Straight Thermocouple Thermometers
Predispone norme e guide sui diversi elementi dei sistemi di controllo e misura usati nell'industria di processo, con riferimento agli aspetti hardware e software. Le norme riguardano sia gli elementi più semplici, quali sensori e attuatori, sia quelli più complessi, quali valvole di regolazione e PLC, trattandone gli aspetti normativi più importanti come l'intercambiabilità, la valutazione delle prestazioni e la definizione della funzionalità.
Le azioni del sottocomitato sono mirate alla definizione di una normativa più stabile; a tal fine sono in corso revisioni, integrazioni e miglioramenti, cosicché risultino adeguati ai nuovi sviluppi tecnologici, e in particolare per l'accertamento delle prestazioni dei sistemi e degli elementi e la definizione delle condizioni ambientali.
Oggi la tendenza è quella di realizzare specifiche di strumentazione che risultino d'ausilio nella scelta del prodotto più idoneo alle diverse applicazioni industriali.

CT 65 C: Comunicazioni digitali per i sistemi di controllo/IEC 65C: Digital Communications CENELEC 65CX: Fieldbus
Prepara norme e guide riguardanti i sotto-sistemi digitali di trasmissione dati dei sistemi di misura e controllo usati nell'industria di processo. Vengono altresì sviluppate norme e guide che attengono alla trasmissione di segnali digitali nei sistemi strumentali usati a scopo di ricerca, sviluppo e sperimentazione.
Le azioni del sottocomitato si rivolgono alle comunicazioni di campo (fieldbus), che permette ai dispositivi installati in campo (sensori di misura ed attuatori) dotati di microprocessore, di comunicare e dialogare

fino a compiere determinate azioni. Si tratta di una vera rivoluzione del settore, perché l'impiego di nuove tecnologie richiede un enorme sforzo, dal punto di vista della ricerca come da quello economico, da parte dei principali costruttori mondiali che cercano di imporre come standard quello promosso dal proprio consorzio di appartenenza. Un compito realmente difficile del comitato è quello di fare chiarezza fra le varie soluzioni e protocolli.

CT 65 D: Apparecchiature per analisi/IEC 56D: Analyzing Equipment

Predispone norme e guide riguardanti gli analizzatori chimici (analizzatori di ossigeno, misuratori di conduttività elettrolitica, misuratori di pH, ecc.) appartenenti alla categoria dei sistemi di misura e controllo usati nell'industria di processo.

Tali norme e guide definiscono la terminologia, i principi di funzionamento, i criteri di determinazione delle prestazioni, le prove di verifica e accertamento. Le azioni di questo sottocomitato sono analoghe a quelle del sottocomitato B.

Uno dei grandi sforzi intrapresi dai comitati concerne l'impiego della terminologia italiana in un settore dove, precipuamente per ragioni di mercato, la lingua più utilizzata è l'inglese, soprattutto laddove compaiano acronimi. Il fenomeno riguarda principalmente la letteratura nordamericana, che notoriamente raggruppa il maggior numero di costruttori al mondo e costituisce il primo mercato mondiale.

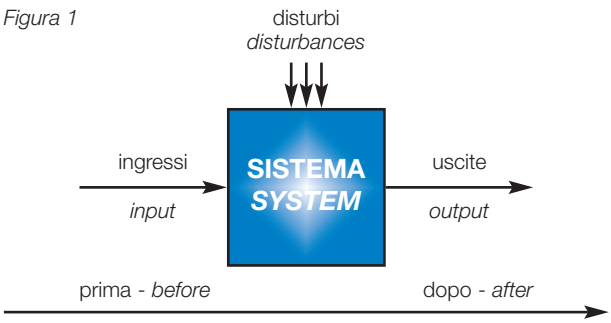
Due sono gli elementi principali caratterizzanti la materia di cui ci stiamo occupando, ovvero i sistemi e i dispositivi di campo.

Sistemi

Per sistema si intende qualsiasi entità fisica in cui una grandezza (uscita, o output) dipenda da e sia funzione di un'altra grandezza (ingresso, input), che può essere modificata nel tempo dall'esterno.

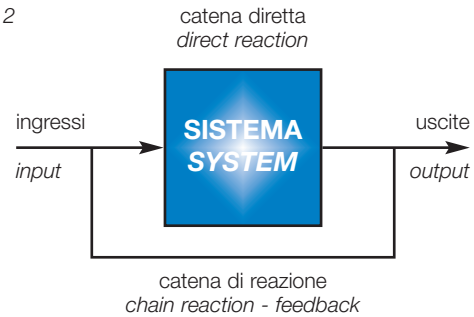
Su un sistema non agisce soltanto l'ingresso principale, ma anche grandezze fisiche variabili provenienti dall'esterno, dette disturbi. La figura 1 illustra lo schema di un *sistema di tipo aperto*.

Figura 1



Nei sistemi con struttura di tipo chiuso, o ad anello, la grandezza in uscita viene ricondotta ad agire sul sistema previa comparazione con la grandezza in ingresso, per rendere il sistema insensibile ai disturbi, come illustrato in figura 2.

Figura 2



Un sistema può anche assumere dimensioni diverse. Di seguito si identificano i sistemi e i loro elementi ausiliari attraverso classi merceologiche:

- *Sistemi BPCS (Basic Process Control System)*: a questa classe appartengono i sistemi di automazione dell'impianto o di suoi elementi fondamentali, comprendenti l'insieme di hardware (processori, moduli di I/O, unità di terminazione/condizionamento, quadri, alimentatori, connessioni elettriche, interfacce operatore, reti di comunicazione, strumenti di sviluppo, licenze del software di base, software applicativo, cioè di progettazione/ingegneria, di configurazione delle logiche di controllo e dell'interfaccia operatore, eventuale software gestionale.
- *Sistemi di protezione*: qui troviamo ESD (Emergency Shutdown System), F&G (Fire & Gas), con funzioni specifiche o dedicate a singole macchine/ausiliari d'impianto, integrate con il sistema di automazione principale.

A loro volta questi sono composti da:

- *Sistemi DCS (Distribuited Control System)*: si tratta di sistemi con capacità maggiori ed evolute, che operano come sistemi di automazione di grandi processi continui o di loro elementi fondamentali.
- *Sistemi telecontrollo e supervisione reti*, o SCADA (Supervisory Control Automation & Data Aquisition): si tratta di sistemi di controllo, supervisione, monitoraggio di reti di pubblica utilità o di insiemi di impianti da gestire in modo coordinato e in sicurezza, e comprendono infrastruttura hardware e software di base, software applicativo, elemento applicativa periferica RTU (Remote Terminal Unit), progettazione e sviluppo, installazione e collaudo, messa in servizio (Rif. CEI Comitato 57).
- *Sistemi PLC (Programmable Logic Control)*: constano di hardware, firmware e licenze d'uso.
- *Sistemi CN e CNC (Controllo Numerico)*: comprendono hardware specifico o standard liberamente programmabile (PLC) con funzionalità di controllo assi (3 dimensioni).
- *Quadri di controllo e sistemi assemblati*: si tratta di pannelli di comando locale (compresi pulpiti) e i sistemi a logica cablata comprensivi di sinottici, mimici e velari i cui elementi complementari adatti per montaggio a fronte quadro o pannello sono:

- indicatori (display) per l'indicazione istantanea dei valori,
- contatori o integratori per il conteggio e l'indicazione,

- registratori di variabili,
- regolatori di variabili (loop controller),
- visualizzatori multifunzione (monitor).

• *Elementi complementari* come gli attuatori sono valvole elettriche, pneumatiche e idrauliche (on/off, regolazione), motori elettrici e non, pompe, ecc.

• *Sistemi di alimentazione*: sono alimentatori (CA/CC, CC/CC), UPS e pannelli fotovoltaici;

• Software di sistema, comprendente:
- software di base (licenze),
- software applicativo (ingegneria di base, software di configurazione per la specifica applicazione e al collaudo),
- software di ottimizzazione per le seguenti applicazioni: raccolta dati storici; raccolta dati di produzione e di qualità; ottimizzazione del processo; interfaccia con sistemi di gestione ordini, di gestione magazzino, ecc.,
- software gestionale (modellistica per ottimizzazione del rendimento o diagnostica), gestione dei dati di produzione, della qualità, della manutenzione, dei magazzini, interfacce con sistemi esterni.

Si noti che grazie all'adozione di nuove concezioni logiche e matematiche, quali fuzzy logic, modelli inferenziali e modelli predittivi sono nati i controlli avanzati, o APC (Advanced Process Control) che permettono di concepire in modo totalmente diverso i sistemi, rispetto agli schemi e alle rappresentazioni classiche.

Con l'introduzione di internet nel campo industriale, i sistemi travalicano i confini dell'impianto fino a raggiungere quelli del cyberspazio.

Dispositivi di campo (Field devices)

Sensori e attuatori sono i dispositivi terminali del sistema che permettono di captare le variazioni del processo e, dopo la relativa elaborazione dei dati trasmessi, reagire, agire e manovrare di conseguenza. Il collegamento dei dispositivi al processo è assicurato dagli elementi primari e verso le interfacce attraverso gli elementi secondari.

L'impiego dei dispositivi viene definito sinergicamente con la stesura dei documenti di descrizione del processo da controllare. L'industria di processo (principale mercato della misura e controllo di processo) utilizza generalmente i PFD (Process Flow Diagram, o System Flow Diagram, SFD) e i P&ID (Piping & Instrumentation Diagram/Drawing).

La simbologia utilizzata è generalmente basata sullo standard S5.1 emesso dall'Instrument Society of America (ISA). Questi documenti illustrano la relazione funzionale fra gli elementi di impianto e i dispositivi, come rappresentato nello schema di figura 3.

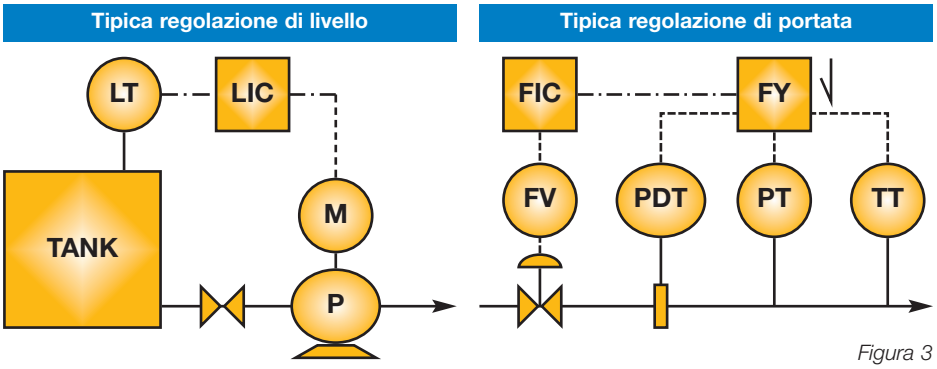


Figura 3

Anche in questo caso gli elementi sono identificati tramite una definizione merceologica:

• Sensori a contatto continuo: termocoppie, termoresistenze, termistori, sensori di pressione, di forza, strain gage, rilevatori analogici di posizione lineari o angolari, ecc.

• Sensori a contatto discontinuo: fine corsa, microinterruttori, ecc.

• Sensori non a contatto: induttivi, capacitivi, ottici (fotocellula, L.E.D.), laser, ultrasuoni, ecc.

• Sensori a codifica (encoder): dinamo tachimetriche, rilevatori di posizione o di spostamento lineare, angolare, ottici, incrementali, ecc.

• Sensori e apparecchiature per visione artificiale: telecamere lineari e matriciali, a colori e in bianco e nero, sensori di colore, di finitura, ecc.

• Identificatori a barre: ottici o magnetici per la raccolta, la scrittura e la lettura dei dati.

• Identificatori a memoria: in radiofrequenza per la raccolta, la scrittura e la lettura di dati.

• Sensori, finecorsa e apparecchiature di sicurezza: per rivelazione di presenza, passaggio, identità, ecc.

• Elementi primari: organi di strozzamento, pozzetti termometrici, accessori, ecc.

• Strumenti diretti: termometri, pirometri, termostati, manometri, pressostati, indicatori di livello, livellostati, rotametri, flussostati, contatori, ecc.

• Trasmettitori di temperatura con relativi accessori.

• Trasmettitori di pressione con relativi accessori.

• Trasmettitori di portata con relativi accessori.

• Trasmettitori di livello con relativi accessori.

• Trasmettitori di grandezze elettriche.

• Altri trasmettitori: massa; densità; spessore; umidità; vibrazione; dilatazione; ecc. con relativi accessori.

• Analizzatori chimici per aria (gas, fumo, polveri, gascromatografi, ecc.) e per liquidi (ossigeno, pH, redox, conducibilità, ecc.).

• Elementi secondari: pressacavi, cavi, manicotti, protezioni, scatole di giunzione (JB), morsetti, ecc.

Si noti che con l'introduzione della tecnologia di bus di campo nei suoi diversi standard, la separazione fisica fra elementi di campo e di controllo risulta sempre meno delimitabile.

Monetizzare quanto detto fino a ora mi sembra il giusto epilogo della discussione.

Valori di mercato

Il mercato mondiale vale circa 50 miliardi di US$, e gli Stati Uniti ne rappresentano la maggior parte (oltre il 30%), mentre il settore dominante è l'industria di processo (circa il 70%).
In Italia, il mercato di sbocco è legato all'investimento in nuovi impianti e nell'ammodernamento e sostituzione di quelli esistenti.
Un ruolo importante è rappresentato anche dalle società di ingegneria e impiantistica italiane che operano a livello mondiale. Alterne e legate al cambio valuta sono le richieste da parte di società di costruzione straniere.
Negli ammodernamenti (revamping) hanno un nuovo ruolo gli adeguamenti alle normative, in particolare per quanto riguarda la sicurezza e l'inserimento dell'analisi ambientale, nonché tutto ciò che può migliorare l'efficienza della produzione di impianto.
Fonti ufficiali indicano il valore del comparto di mercato italiano di poco superiore ai 2.500 milioni di Euro, stabile da alcuni anni, in buona parte destinato all'export e così distribuito:

- Sistemi: 40%
- Apparati: 60% di cui:

PLC:	26%
Strumentazione di misura:	15%
DCS:	15%
Valvole:	14%
Sensori e codificatori :	10%
SCADA:	08%
Strumentazione da quadro:	06%
Analizzatori:	06%

Per quanto riguarda i costruttori, il settore è dominato da grandi società straniere che hanno attuato negli ultimi anni acquisizioni di marchi italiani storici e hanno trasferito la produzione fuori dal nostro Paese, cercando di adattare il mercato alle proprie esigenze produttive per mantenerne i costi e costringendo, come nel caso dei bus di campo, a essere inseguiti dai normatori.
Fortunatamente il connubio professionale talento-tecnologia pesa ancora fortemente in un settore di piccoli numeri di produzione, molti dei quali realizzati su esigenze dei singoli clienti, perciò il mercato necessita e premia anche aziende italiane di medie e piccole dimensioni operanti prevalentemente nel settore della strumentazione. Queste però sacrificano la partecipazione ai lavori normativi, affannate come sono a inseguire gli sviluppi tecnologici e ad ammortizzare gli investimenti.
Moltissime sono le aziende medio-piccole che si occupano invece dell'integrazione dei sistemi (i cosiddetti integratori di sistema, o systems integrators). La composizione di queste forniture è solitamente così distribuita:

- 47 % apparati,
- 37 % ingegneria (gestione 12%, configurazione 30%, ingegneria 20%, documentazione 30%, training 8%),
- 16 % installazione (esclusa installazione elementi di campo primari e secondari), oltre ai servizi di post avviamento impianto (assistenza, ricambi, manutenzione, riparazioni, ecc.).

Si noti peraltro come, nel caso dei sistemi, il fattore umano rappresenti il successo della realizzazione.
Determinanti sono l'esperienza applicativa e la capacità di proporre soluzioni al cliente. Anche nel caso dei servizi post avviamento il vero valore aggiunto è costituito dalla competenza e dall'efficienza della rete di assistenza.
Riteniamo che il settore rappresenti un'importante opportunità per i professionisti, in quanto si tratta di un'attività altamente multidisciplinare dove si possono ottenere risultati qualitativi solo se viene adottato un approccio di studio dell'intero processo.
Potremo pertanto assumere incarichi di:

- progettazione, direzione lavori, collaudi, piani di manutenzione e assistenza tecnica,
- misurazioni, coordinamento, verifiche, perizie, stime,
- analisi dei rischi (SIL, HAZOP),
- ruoli di Advisor / Assesor.

In un prossimo articolo si analizzerà il metodo di approccio allo sviluppo di un progetto di sistema.

Bibliografia

Norme CEI
Manuali Cremonesi - *"Manuale del Perito Industriale"* - Edizioni Cremonesi
Olivieri - Ravelli, *"Volumi di Elettrotecnica"* - CEDAM
API Recommended Practice 554
Anie - Assoautomazione