



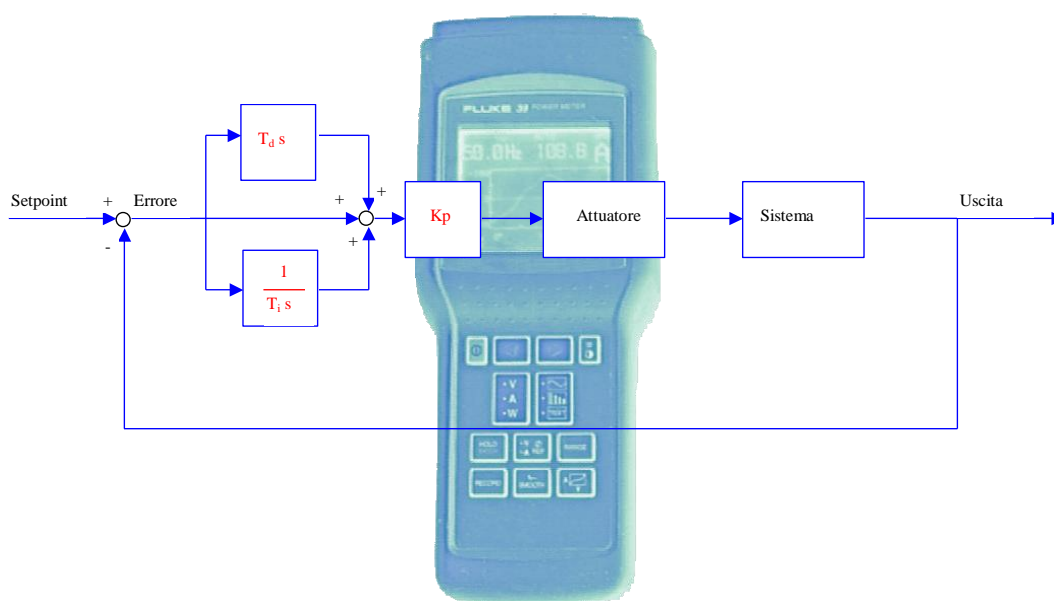
SAPIENZA
UNIVERSITÀ DI ROMA

INGEGNERIA CIVILE E INDUSTRIALE

Dispense dal Corso di

SISTEMI DI MONITORAGGIO E CONTROLLO DEGLI IMPIANTI ENERGETICI

*Prof. Luciano Gramiccia
Prof. Luigi Sorabella*



I - INTRODUZIONE

Con la collaborazione di

*Prof.ssa Luisa Ferroni
Ing. Paolo Fargione*

Rev. 5 – Marzo 2019

CAPITOLO I

INTRODUZIONE

*A Cura dei Proff. L. Sorabella
L. Gramiccia*

INDICE

1	INTRODUZIONE	5
2	LA STRUMENTAZIONE, IL CONTROLLO E LA SICUREZZA	6
2.1	Rischio e rischio percepito	6
2.2	Campi di funzionamento di un sistema	7
3	DEFINZIONI	9
3.1	La misura	9
3.2	Le catene di strumentazione e controllo	9

1 INTRODUZIONE

È generalmente noto che con il termine *strumentazione* si intende l'insieme delle apparecchiature che consente di monitorare le condizioni di funzionamento di un sistema consentendo di *misurare* i parametri caratteristici del sistema stesso.

La strumentazione deve, quindi, provvedere a *rilevare* le grandezze caratterizzanti il funzionamento del sistema, ad *elaborarle* per trasformarle in qualcosa di comprensibile per l'operatore (o per il sistema di controllo), a *mostrarlo* in modo intelligibile ed, eventualmente, a registrarlo. Tutte queste operazioni sono, di solito, eseguite da componenti diversi che, nell'insieme, costituiscono la *catena di strumentazione*.

È un po' meno noto che con il termine *controllo* si intende l'insieme delle apparecchiature e delle operazioni che permettono di mantenere i parametri di funzionamento di un sistema all'interno ai valori per essi desiderati.

Fatta questa introduzione risulta subito chiara la relazione esistente tra strumentazione e controllo; anche ammettendo, per assurdo, che il controllo possa avvenire senza conoscere lo stato del sistema, è evidente che, per verificare che il controllo stia operando correttamente occorre misurare i parametri del sistema.

Si vedrà, inoltre, nel seguito che, affinché il controllo possa operare correttamente, è necessario che esso possa "conoscere le condizioni" in cui si trova il sistema, e, quindi, la relazione tra strumentazione e controllo risulta ancora più profonda.

Ad una prima osservazione non appare, invece, evidente, la relazione esistente tra strumentazione, controllo e *sicurezza* presente nel nome del corso; si vedrà invece nel seguito la profonda connessione esistente.

Basti, ad introdurre questo concetto, l'osservazione che risulta difficile capire come si possa individuare stati di funzionamento pericolosi senza avere a disposizione la strumentazione; d'altra parte il controllo deve, oltre che consentire il corretto funzionamento dell'impianto, evitare che i vari parametri di funzionamento possano assumere valori "pericolosi" per l'integrità dell'impianto o delle persone.

Nel seguito, dopo qualche precisazione sulla sicurezza, si inizierà l'approfondimento di questi temi.

2 LA STRUMENTAZIONE, IL CONTROLLO E LA SICUREZZA

2.1 Rischio e rischio percepito

Sebbene il termine *sicurezza* venga, di solito, visto come contraltare del termine *pericolo*, non può sfuggire, ad un attento osservatore, il fatto che questi concetti siano affetti da un grado di soggettività tale da renderle inutilizzabili per valutazioni quantitative.

A chiarire quanto sopra basti un semplice esempio: c'è chi si sente “sicuro” a viaggiare in automobile in autostrada a velocità sostenute, poniamo 160 km/h, e ritenga poi “pericoloso” viaggiare in aereo. È, invece, abbastanza semplice dimostrare che viaggiare in aereo è molto più “sicuro” che viaggiare in automobile, anche a velocità più moderate di quanto suddetto.

Essendo l'ingegneria la scienza che si occupa, in generale, della progettazione, costruzione, gestione e manutenzione di impianti di vario tipo, è chiaro che essa debba basarsi, anche tratta di “sicurezza”, su elementi oggettivi e quantitativi.

Per tale motivo, e proprio per sgombrare il campo da equivoci, il termine “pericolo” non trova, in ingegneria, alcuna collocazione, mentre si parla di *rischio*.

Allo stesso modo, non si può parlare di “rischio” in termini generici ma solo di “rischio legato ad un determinato evento”, trattandosi, ovviamente, di un evento che, se si verificasse, provocherebbe un danno.

Il rischio legato ad un evento potenzialmente dannoso è definito, matematicamente, come prodotto della probabilità di accadimento dell'evento dannoso e delle conseguenze dell'evento.

$$\text{Rischio} = \text{Probabilità} \times \text{Conseguenze}$$

Esulando dagli scopi del corso addentrarsi nelle definizioni di *probabilità* e *conseguenze*, si rimanda ad altri corsi (o comunque alla preparazione generale dello studente) per la definizione di probabilità e ci si limita a precisare che le conseguenze di un evento possono essere espresse in diversi modi, quale, ad esempio, “monetizzando” il danno arrecato all'impianto (ossia assegnando un valore in moneta) e valutando, in qualche modo, le conseguenze sulla salute dei lavoratori o delle popolazioni (un metodo è quello di valutare l'entità del risarcimento).

Assegnare un valore ai danni arrecati a persone può apparire particolarmente venale, ma bisogna tener presente, da una parte, che esso è comunemente accettato in numerosi altri settori della vita sociale (si pensi, ad esempio, alle assicurazioni per responsabilità civile delle automobili), dall'altra costituisce un metodo analitico ed oggettivo.

La *sicurezza* è la disciplina scientifica che si occupa della valutazione del rischio e della sua riduzione.

Per rendere il concetto di “rischio” più vicino a quello di “pericolo” del senso comune, bisogna introdurre il concetto di “rischio percepito” intendendo, con questo di grado di pericolo che una persona media associa ad un determinato evento.

Bisogna, infatti, tener presente che, di solito, si tende a dar maggior peso alle conseguenze di un determinato evento piuttosto che alla sua probabilità; accade quindi che un evento con gravi conseguenze ma a bassa probabilità (come ad esempio la caduta di un aereo) sia ritenuto più pericoloso di un evento a più elevata probabilità ma a minori conseguenze.

Pertanto il rischio percepito può essere espresso come:

$Rischio\ percepito = Probabilità \times Conseguenze^n$

Essendo n un esponente maggiore di 1 (che serve ad aumentare il “peso” delle conseguenze).

Questa definizione non ha una giustificazione oggettiva ma si basa soprattutto su aspetti psico-sociali e non ci si addentrerà, quindi, nella definizione del valore dell’esponente n ; di essa bisogna, però, tener conto soprattutto quando un determinato impianto è soggetto alla “accettazione” da parte del pubblico.

In tal caso bisogna, infatti, oltre che minimizzare il rischio (compito primario della scienza della sicurezza), anche minimizzare il rischio percepito, onde evitare che l’impianto sia avversato dalle popolazioni.

Non è, infatti, raro il caso di installazioni (industriali e non) fortemente osteggiate dalle popolazioni perché percepiti come più pericolosi di quanto realmente siano.

2.2 Campi di funzionamento di un sistema

Dato un certo sistema (nel seguito si userà talvolta anche il termine impianto), esiste un campo dei valori dei parametri caratteristici dello stesso (temperatura, pressione, portata, etc.) che caratterizzano il normale funzionamento.

I valori di tali parametri sono quelli presi in considerazione durante la progettazione e pertanto tutte le parti del sistema sono idonee a funzionare in queste condizioni.

Quando il sistema si trova all’interno di questo campo (detto *campo* o *zona di normale funzionamento*) il controllo non dovrebbe compiere, in linea di principio, alcuna azione; al limite potrebbe operare solo per tenere il sistema quanto più vicino possibile alle migliori condizioni (quelle ad esempio di massimo rendimento dell’impianto).



Fig. 1 – Campi di funzionamento di un impianto

Esiste poi un campo degli stessi parametri (i cui valori sono esterni a quelli definiti precedentemente) nel quale il sistema non dovrebbe operare in quanto i suoi componenti funzionerebbero in condizioni non ottimali; i valori assunti dei parametri non causerebbero però il loro danneggiamento (almeno se

tali parametri non insistono troppo a lungo) e quindi il sistema non si troverebbe in condizioni “pericolose”

Quando il sistema si trova all’interno di questo campo (detto *campo* o *zona di funzionamento anormale*) il controllo deve operare in modo da riportare i parametri dell’impianto all’interno della zona di normale funzionamento quanto più rapidamente possibile.

Se il rientro nella zona di normale funzionamento non avviene entro un determinato intervallo di tempo l’impianto deve essere arrestato perché potrebbe danneggiarsi o perché potrebbe essere necessario apportare dei correttivi (interventi di manutenzione).

Ancora all’esterno della zona di funzionamento anormale, si estende il campo dei valori dei parametri in cui il sistema non può funzionare, perché verrebbero superati i limiti di progettazione e quindi potrebbe aver luogo il cedimento (catastrofico o meno) di parti del sistema.

Quando il sistema si trova all’interno di questo campo (detto *campo* o *zona di funzionamento pericoloso*) il controllo deve arrestare immediatamente l’impianto, perché potrebbero aver luogo gravi incidenti.

Parallelamente all’arresto dell’impianto il controllo deve azionare tutti i sistemi di sicurezza eventualmente previsti per riportare l’impianto nelle normali condizioni (ad esempio raffreddamenti di emergenza, travaso di liquidi pericolosi in serbatoi di riserva, etc.).

Da quanto detto risulta chiaro che il controllo interagisce fortemente con la sicurezza del sistema; infatti, se correttamente concepito, esso riduce la probabilità che si verifichino situazioni che possano arrecare danno all’impianto o alle persone (*azione preventiva*), e se queste dovessero verificarsi cerca di ridurre le conseguenze (*azione mitigativa*).

Risulta quindi che il sistema di controllo contribuisce a ridurre il rischio come precedentemente definito agendo su entrambe le componenti che lo compongono (probabilità e conseguenze).

3 DEFINIZIONI

3.1 La misura

Si è già detto che compito primario della strumentazione è quello di consentire la *misura* dei parametri caratteristici di funzionamento di un sistema; il concetto di misura è abbastanza intuitivo, ma una sua definizione accurata può mettere in luce alcune particolarità.

Occorre innanzi tutto precisare che effettuare una misura significa assegnare ad una grandezza un valore numerico; per fare questo occorre confrontare la grandezza in esame con una successione numerata di campioni ad essa omogenei, allo scopo di determinare il numero del campione il cui valore meno si discosta da quello della grandezza.

Il valore della grandezza in esame, cioè la sua misura, corrisponde proprio al numero di quel campione.

Detta Δ la distanza minima tra due campioni successivi, la misura avrà uno scostamento massimo dal valore vero pari a $\pm \Delta/2$.

3.2 Le catene di strumentazione e controllo

La definizione di misura appena data si scontra subito con il problema che non sempre si dispone di campioni omogenei con la grandezza da misurare; sorge dunque la necessità di disporre di un organo che consenta di collegare la grandezza incognita in esame ad una grandezza di natura fisica diversa ma omogenea con i campioni disponibili.

Spesso non è però possibile realizzare, in un unico componente, questo legame tra grandezza oggetto di misura e grandezza per cui si possiedono i campioni di riferimento. Anzi, nella pratica comune, questo legame è realizzato attraverso due componenti: il *sensore* ed il *trasduttore*.

Il *sensore* è il primo elemento di qualsiasi catena di strumentazione, è costituito da un elemento sensibile alla grandezza che si vuole misurare; esso deve, quindi, avere qualche caratteristica che varia al variare della grandezza che si vuole misurare.

Un esempio tipico di sensore è il mercurio contenuto in un normale termometro il quale varia il suo volume al variare della temperatura; esso è quindi un sensore di temperatura.

Il *trasduttore* è, invece, l'elemento in grado di trasformare la variazione della grandezza caratteristica del sensore in un'altra grandezza per cui si possiedono i campioni di riferimento, ossia direttamente misurabile.

Facendo ancora riferimento al nostro normale termometro, se avessimo semplicemente un volume di mercurio sarebbe, per noi, alquanto difficile valutare "ad occhio" quale temperatura stiamo misurando; dovremmo infatti valutare la variazione di volume del mercurio. La presenza del tubicino capillare sopra il bulbo del termometro trasforma, invece, la variazione di volume in una variazione di lunghezza molto più facilmente valutabile con una semplice scala graduata.

Quando, nella catena sensore-trasduttore, è inserito un componente che traduce il segnale generato dal trasduttore in un altro segnale standardizzato che viene trasmesso a distanza (ad es. in sala controllo), il sistema di misura prende il nome di *trasmettitore*. I trasmettitori possono essere di tipo elettrico o pneumatico. I valori di tensione/corrente o di pressione sono proporzionali al valore della grandezza misurata.

Lo strumento di misura può, talvolta, essere corredato di un *indicatore*, un quadrante per la lettura diretta della grandezza misurata; altre volte l'indicatore, se necessario, è costituito da un elemento indipendente.

Il *regolatore* è l'apparecchiatura che, confrontando il valore della grandezza misurata con il valore per essa desiderato, decide come agire sull'impianto per mantenere i suoi parametri caratteristici all'interno del campo di normale funzionamento.

L'*organo di regolazione* è quel componente dell'impianto (valvola, pompa, etc) che consente di variare i parametri caratteristici dell'impianto, mentre l'*attuatore* è il componente che provvede a posizionare l'organo di regolazione al variare del segnale proveniente dal regolatore.

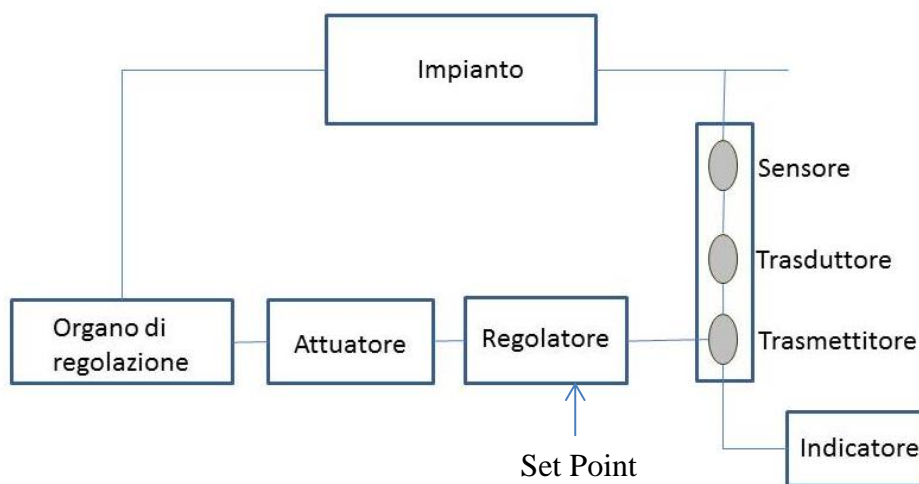


Fig. 2 – Catena di strumentazione

Nel seguito di questo corso verranno analizzati, separatamente gli elementi della catena di regolazione.