LA STORIA ULTRACENTENARIA DELLA STRUMENTAZIONE INDUSTRIALE E DELLE VALVOLE

L'evoluzione della strumentazione e delle valvole industriali

Il manometro metallico o tubo Bourdon

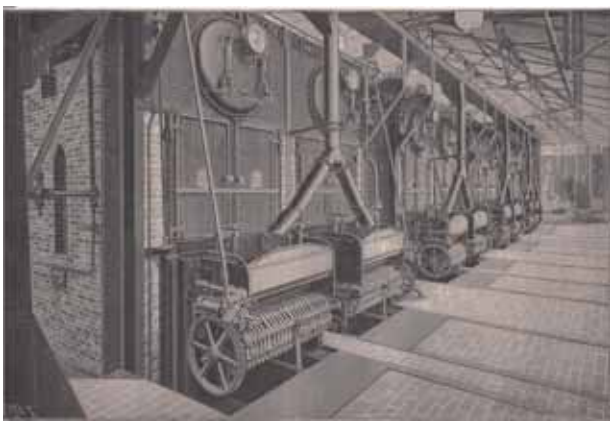
Dalle origini meccaniche all'era digitale, passando per le soluzioni pneumatiche ed elettriche, la storia della strumentazione industriale e delle valvole s'intreccia a doppio filo con l'evoluzione dei principali settori applicativi. Le tappe principali di un percorso interessante e ancora in divenire.

Alberto Rohr

I primordi della strumentazione sono legati a doppio filo con lo sviluppo dell'industria petrolifera e della generazione di vapore. La prima automobile immatricolata in Italia è una Peugeot "4 posti, 2 cavalli, completa di capote e trapuntini" acquistata da Gaetano Rossi proprietario della Lanerossi e consegnata il 2 gennaio 1893. All'epoca la distillazione del petrolio avveniva con impianti discontinui, che un po' ricordavano gli alambicchi per la distillazione artigianale della grappa.
Negli stessi anni, si sviluppa l'industria delle caldaie a vapore, con pressione variabile fra 4 e 9 atmosfere, con portate abbastanza limitate, utilizzate per alimentare motrici alternative. La centrale di Santa Radegonda, inaugurata nel 1883 – prima centrale termoelettrica del continente – dispone di 5 caldaie Babcock e Wilcox e 4 dinamo a 100-110 V per un totale di 350 kW, subito portate a 6 e ulteriormente ampliate a 14.

Le origini

Dal volume "La vapeur" edito da Babcock e Wilcox nel febbraio 1902 ricaviamo interessanti notizie su quello che potrà essere il futuro della strumentazione, che allora non era ancora nata come disciplina riconosciuta, ma di cui si intravede l'esigenza. Le esplosioni delle caldaie negli Stati Uniti nel 1880 furono 170 con 259 morti e 555 feriti più o meno gravi. Nel 1887 ci furono 198 esplosioni con 652 vittime fra morti e feriti gravi. Guardando bene, queste esplosioni non erano dovute a gas o combustibili liquidi, ma a cedimenti strutturali, in quanto il combustibile era carbone su griglia. La strumentazione non è citata, ma si citano gli accessori delle caldaie che sono il **manometro** (inventato da Bourdon un po' prima del 1850), troneggiante come l'orologio delle stazioni sul fronte caldaia, il **livello a vetro** (del quale si consiglia di non fidarsi) e la **valvola di sicurezza a contrappeso** da dimensionare generosamente, vista l'assenza di normative in merito. Interessanti anche alcuni sprazzi che possono preludere agli sviluppi della strumentazione: quando scatta la valvola di sicurezza, verificare che il valore indicato dal manometro corrisponda alla pressione di taratura (manutenzione!); quando il livello nel corpo cilindrico si abbassa troppo, con una pala buttare terra o cenere sulla griglia del carbone per spegnere il fuoco (ESD!). Il controllo della combustione è lasciato all'esperienza dei conduttori ai quali veniva raccomandato di non eccedere



8 caldaie ognuna con superficie di scambio di 170 mq, con griglie rotanti e trascinatori di carbone e ceneri

L'articolo è tratto dagli atti del convegno "La regolazione di processo in anello chiuso, dalla misura al controllo - Prodotti, tecnologie e possibili sviluppi" tenutosi a settembre per celebrare i 35 di attività dell'Associazione Italiana Strumentisti.

L' AUTORE
A. Rohr, Past President, AIS

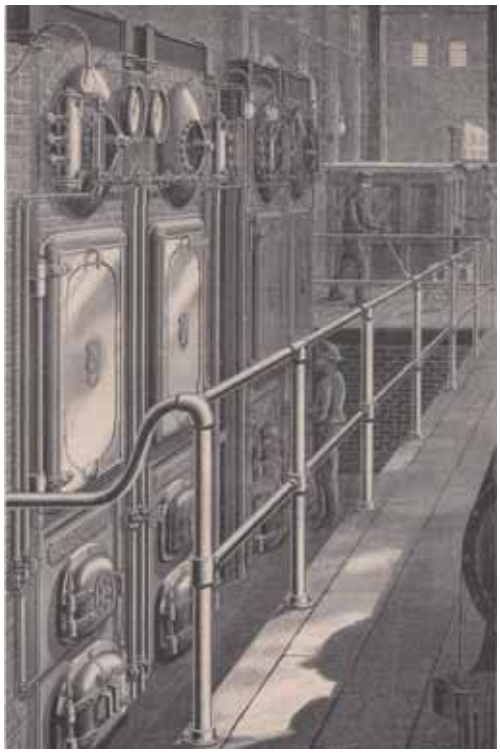
con lo spessore del carbone sulla griglia per non bloccare il passaggio dell'aria.
Questo è lo stato dell'arte per quanto riguarda la strumentazione all'inizio del '900.

Gli sviluppi del Novecento

Nel primo dopoguerra inizia lo sviluppo della strumentazione, sia oleodinamica che pneumatica. È l'America che fa da battistrada, definendo il primo standard "de facto", cioè il **segnale 3-15 psi**. Alla metà degli anni '30 Spriano mette sul mercato il primo regolatore pneumatico italiano.
È comunque l'industria americana la leader nello sviluppo della strumentazione che esporta in Italia con l'utilizzo del Piano Marshall. Le aziende Americane non aprono filiali ma si appoggiano a società di commercializzazione italiane, fino a circa la metà degli anni settanta quando decidono di sbarcare direttamente nel mercato italiano.

Meccanica e pneumatica

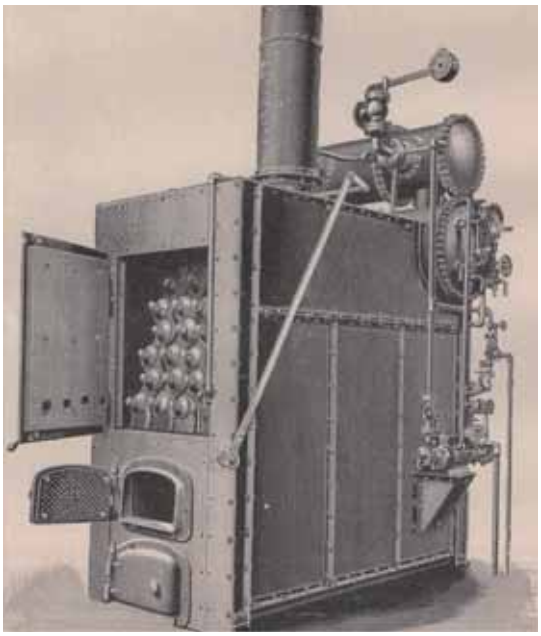
Questo primo periodo è contraddistinto da soluzioni essenzialmente meccaniche, spesso molto ingegnose, come ad esempio l'estrazione di radice quadrata ottenuta con camme e caratterizzando le camere di misura degli strumenti di **pressione differenziale a mercurio**.
I primi **regolatori pneumatici** hanno come segnale di ingresso il fluido di processo e sono montati in campo o raggruppati in piccole sale di controllo o vicini alle macchine da controllare, con evidenti problemi di sicurezza, allora sottovalutati o ignorati. Gli impianti disponevano allora di parecchie sale di controllo locali, fra loro indipendenti e non comunicanti. I regolatori erano i cosiddetti "**large case**", cioè con dimensioni di circa 50 cm per 40. La **carta diagrammale** su cui veniva registrata la variabile di processo, rotonda, aveva un diametro di 10" o 12", con avanzamento normalmente a molla e tempo di rotazione di un giorno o di una settimana.
L'avvento dei trasmettitori pneumatici, prima a equilibrio di spostamenti e poi a equilibrio di forze, ha consentito la creazione di sale di controllo da cui i fluidi di processo erano banditi. Era possibile, con una oculata ubicazione, raccogliere i segnali di alcuni impianti di processo e quindi avere una conduzione abbastanza integrata dell'impianto. All'inizio degli anni '60 un deltapi della Kent Tieghi costava 140.000 lire con il corpo in acciaio al carbonio e 146.000 col corpo in acciaio inox.
Negli anni '50 si assisteva a una **corsa alla miniaturizzazione** degli strumenti ricevitori/regolatori da quadro che si portavano alle storiche dimensioni di 6"x 6". La distanza fra i trasmettitori e i regolatori raggiungeva i 100-140 metri, ma con la tecnica a quattro tubi si riuscivano a raggiungere distanze fino a 200 metri.
Ancora all'inizio degli anni '60, i cataloghi dei ricevitori/regolatori delle principali compagnie americane offrivano la scelta tra i formati "large case" e "miniature". Continua la prevalenza della meccanica nella costruzione e nell'applicazione degli strumenti. Compaiono i **relè di calcolo "Sorteberg"**, abbastanza versatili, ma poco usati per la propagazione degli errori legata alle elaborazioni dei segnali pneumatici. Val la pena ricordare che la classe di precisione dei trasmettitori a equilibrio di forze era allora 0,5%, talora con problemi di stabilità termica. Era proprio l'incremento esponenziale dei margini di incertezza con le elaborazioni successive che limitava le strategie di controllo che andassero oltre alle regolazioni in cascata o di rapporto. Talora queste erano definite come funzioni di controllo avanzate!



Caldaie di 415 mq di superficie di scambio, funzionanti a 16 atmosfere, installate a Filadelfia in Pensilvania nel 1890

L'avvento dell'elettronica

All'inizio degli anni '60 compaiono gli strumenti elettronici di misura e controllo, con il primo problema e cioè il campo del segnale di trasmissione. Superato lo scoglio di segnale in tensione o in corrente a favore di quest'ultimo, si sono dati battaglia tre standard che, analogamente ai segnali pneumatici avevano un rapporto 5 fra fondo scala e inizio scala: 1-5 mA, 4-20 mA, 10-50 mA. Talora questi segnali convivevano nello stesso loop di controllo: ricordo un impianto con segnale di trasmissione delle variabili 4-20 mA e segnale di controllo 1-5 mA.
Il segnale 1-5 mA ebbe vita breve e scomparve presto, lasciando in lizza il **4-20 mA** supportato da molte industrie di strumentazione e il 10-50 mA fortemente supportato dalla Foxboro che aveva la forza di imporre uno standard "de facto". Il problema della compatibilità elettrica e dei limiti di carico ammissibile nel circuito costringevano le società di ingegneria a emettere una unica specifica di acquisto comprendente i trasmettitori e tutti gli strumenti da quadro. Le problematiche di sicurezza legate all'utilizzo della strumentazione elettronica in impianti con potenziale pericolo di esplosione hanno portato



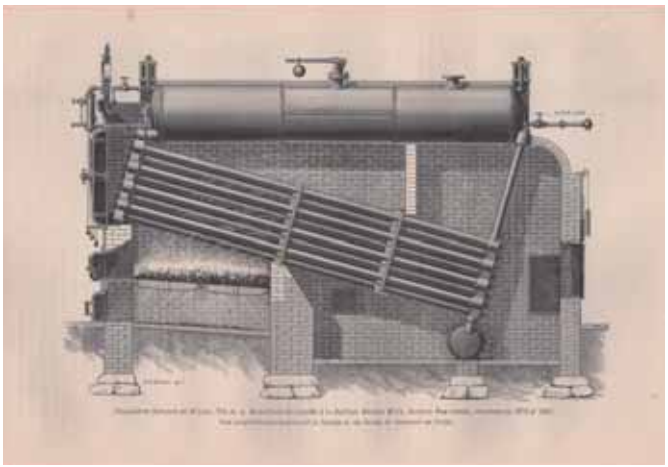
Caldaia trasportabile, che si smonta in pezzi di peso inferiore a 135 kg cadauno. Si vedono manometro, livello a vetro e valvola di sicurezza a contrappeso

alla definizione di vari modi di protezione delle apparecchiature di misura e controllo, fra cui quello dell'esecuzione degli impianti a sicurezza intrinseca. Si può dire che la sicurezza intrinseca ha messo **fuori gioco il segnale 10-50 mA**, incompatibile con i limiti di energia ammessi dalle norme. Le normative sulla sicurezza intrinseca impongono agli strumentisti di diventare degli specialisti di reti equipotenziali di terra, di barriere attive e passive, cioè di trasformarsi da meccanici in elettrici ed elettronici.

In questo periodo di transizione, compaiono apparecchiature come i multiplexer pneumatici Scanivalve con lo scopo di consentire economicamente la conversione di più segnali pneumatici in segnali elettronici campionati da utilizzare come semplici indicazioni.

Più o meno contemporaneamente un'azienda italiana sviluppa i Digital TI utilizzati inizialmente per l'indicazione delle temperature misurate con termocoppie o termoresistenze e con multiplexer distribuiti in campo per ridurre i cablaggi, indicando così una strada ripresa qualche anno dopo dai DCS.

Nel frattempo, **gli strumenti da quadro diventano ancora più piccoli**: 3"x6" e vengono montati in casse multiple, in cui possono talora essere installati sia gli strumenti pneumatici che quegli elettronici. Ricordo un impianto con tutti i regolatori pneumatici eccetto quelli di temperatura che erano elettronici. Esce anche una versione "submini" del Pignone Sud di dimensioni 1,5"x6", ma la sua diffusione è marginale. Compaiono anche i "deviation controller" in cui l'indice del set point non si sposta, ma si sposta la scala: così tutti i valori delle variabili, quando coincidono col set point, si trovano a metà scala e sono nascosti da una strisciolina di plastica. Un colpo d'occhio è sufficiente per vedere se ci sono variabili non allineate col set point e di quanto se ne scostano.



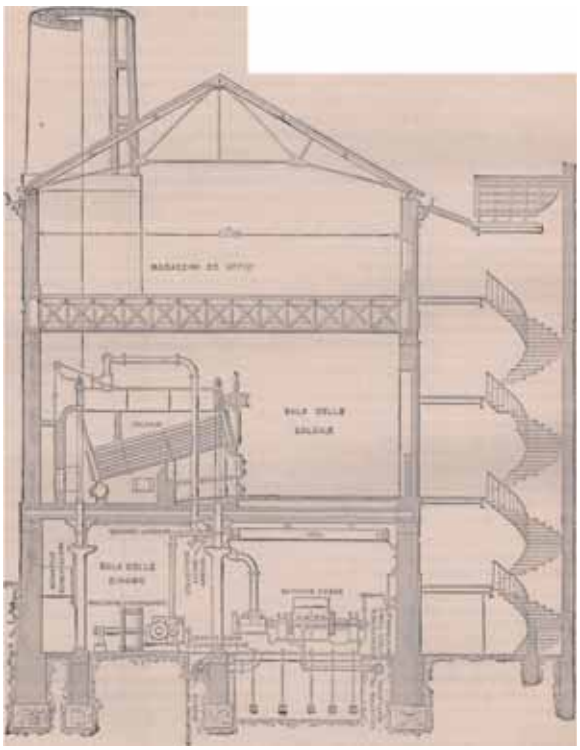
Sezione di una caldaia di 755 mq di superficie di scambio, senza surriscaldatore. Da notare la valvola di sicurezza a contrappeso sul corpo cilindrico chiodato.

Con l'avvento dei **regolatori elettronici ad alta densità** sorge l'esigenza della verifica termica dei quadri di controllo, che rischiano il surriscaldamento, visti i consumi degli strumenti dell'epoca.

Alla metà anni '60 – inizio anni '70 convivevano molto bene la soluzione elettronica e quella pneumatica, la prima sospinta dalla Esso, molto portata all'innovazione e la seconda dalla più tradizionale Shell che forse aveva percepito la veloce obsolescenza delle nuove soluzioni disponibili.

È comprensibile che la Esso abbia voluto sperimentare nelle sue raffinerie **i primi calcolatori di processo** che, visti a quarant'anni di distanza, fanno pensare a una forma di temerarietà, per le prestazioni che potevano fornire e le difficoltà di gestione. I calcolatori erano utilizzati per il DDC (direct digital control) o per SPC (set point control): nel primo caso, elaboravano direttamente il segnale da inviare alla valvola di controllo tramite opportune stazioni di conversione che potevano anche fungere da regolatori di back-up. Nel secondo caso, elaboravano i set point da inviare a regolatori convenzionali o a un calcolatore operante in DDC, inseguendo delle strategie di ottimizzazione. Le caratteristiche e le prestazioni dei calcolatori di allora ci sembrano impossibili anche solo da immaginare: memoria a nuclei da 32k parole e memoria di massa a tamburo da 96k parole, con interfaccia operatore con telescrivente e programmi su schede perforate. Ciononostante qualche raffineria è stata controllata con queste macchine, interfacciate al processo tramite stazioni auto-manuali o con regolatori di back-up. I **tempi di scansione delle variabili** di processo erano estremamente **lunghi** rispetto a quanto siamo abituati a fare adesso e dovevano essere scelti oculatamente per non saturare le capacità di elaborazione del computer. Ad esempio, il tempo più breve era 1 secondo e si cresceva a 2, 4, 8, 16, 32, 64 fino a 128 secondi. Per le portate il tempo di scansione tipico era 1-2 secondi, mentre per le temperature tempi tipici erano 32 o 64 secondi. Le variabili erano tutte multiplexate e le uscite alle valvole di controllo erano di tipo incrementale per ridurre i disservizi

in caso di problemi al calcolatore. L'operatore disponeva anche di **monitor monocromatici** su cui vedeva tabelle e poco più.
È chiaro che con prestazioni di questo tipo e con il progresso travolgente dell'elettronica, una soluzione centralizzata di controllo come quella introdotta dai calcolatori non poteva che avere vita breve e infatti fu presto soppiantata dai DCS – **Distributed Control Systems** che videro la luce non appena comparvero i microprocessori.
Siamo agli inizi anni '70 e i primi microprocessori trovano applicazione nel mondo del controllo dei processi sia come PLC – **Programmable Logic Controllers** dedicati alle logiche e alle sequenze che come DCS dedicati all'elaborazione delle funzioni continue. I due sistemi purtroppo non erano facilmente integrabili e le loro funzionalità erano complementari. Dovettero passare alcuni anni prima che i DCS acquisissero capacità di elaborazioni logiche e sequenziali e nel frattempo i PLC si affacciarono al mondo del controllo continuo.
Le prestazioni sempre crescenti dell'elettronica disponibile sul mercato imposero, nello sviluppo dei prodotti, anche delle scelte tecnico commerciali diverse da quelle dal passato: le soluzioni proprietarie non erano più adeguate per i costi e per i lunghi tempi di sviluppo che rischiavano di rendere disponibili soluzioni software quando l'hardware era già in fase di obsolescenza. Con soluzioni aperte i tempi e i costi di sviluppo diminuivano radicalmente e consentivano ai produttori di sistemi di controllo di concentrarsi sugli aspetti a loro più congeniali e storicamente acquisiti. Si sono così potuti utilizzare programmi tipo excel per produrre **elaborazioni in linea di costi e calcoli di efficienza**, programmi destinati alla gestione della manutenzione delle macchine e dei dispositivi connessi. La grande effervescenza nel mondo dell'elettronica ha consentito di affrontare soluzioni nuove, una volta impensabili, quali il controllo a distanza di impianti semplici non presidiati o la trasmissione delle pagine video alla sede centrale di società con impianti molto simili, in modo da consentire una supervisione in tempo reale del funzionamento degli impianti e un supporto tecnico in caso di anomalie.
I trasmettitori con classe 0,1% e l'elaborazione digitale che non introduce degrado nel segnale anche dopo molte elaborazioni, hanno spinto a studiare vere strategie di controllo avanzato e di simulazione, in cui fior di specialisti hanno profuso e continuano a profondere le loro energie e competenze.



Spaccato della Centrale di Santa Radegonda a Milano, con 9 ordini di caldaie fra Agosto 1882 e Luglio 1889, con una superficie di scambio totale di 2310mq.

L'era digitale

Poiché tutti i sistemi al loro interno sono basati su bus di comunicazione e comunicano fra loro con altri collegamenti seriali, per lo strumentista si è aperto il mondo nuovo delle **comunicazioni digitali** con le loro peculiarità, campi e limiti di applicazione. L'avvento dei bus di campo, che ha stravolto le tecniche di trasmissione dei segnali, ha ulteriormente forzato in questa direzione la preparazione tecnica degli strumentisti che alla preparazione meccanica ed elettrica/elettronica hanno dovuto aggiungere anche questo aspetto di specialisti delle comunicazioni.
La sempre maggiore consapevolezza che gli impianti possono essere potenzialmente molto pericolosi ha portato a dare una struttura logica alla metodologia per evitare incidenti, offrendo nel contempo la continuità di esercizio, nella consapevolezza che una fermata spuria comporta dei costi ragguardevoli e, specialmente negli impianti termici, può comportare sollecitazioni che, alla lunga, possono compromettere la durata stessa dell'impianto. Si è aperto così un nuovo filone di competenze richieste allo strumentista per affrontare consapevolmente le problematiche della **sicurezza funzionale**.
Come accennato prima, i sistemi sono ormai basati su standard aperti, con i grandi benefici che questo comporta, ma anche con i rischi legati alle azioni delittuose di chi vuole carpire informazioni relative ai processi o vuole insinuare nei sistemi di controllo dei virus che possono avere effetti devastanti. Ecco allora lo sviluppo di tecniche di **security** per evitare intrusioni non volute e proteggere i sistemi di controllo. L'applicazione di queste tecniche è un campo relativamente nuovo per gli strumentisti, che, pur non essendo specialisticamente legato alla loro attività e alle loro competenze, non può più essere ignorato.

Le valvole

Per completare questo breve excursus sull'evoluzione della strumentazione non può mancare un cenno alle valvole di controllo e al modo di affrontare il loro dimensionamento e scelta negli anni.

Cinquant'anni fa, le valvole offrivano poche scelte, nel senso che erano quasi tutte **valvole a globo** (eccettuate le farfalle) con la possibilità di avere singola o doppia sede. Tipiche erano le valvole Masoneilan serie 10.000, con otturatore guidato sopra e sotto, reversibili e con la possibilità di avere l'otturatore contoured o V-port. Le valvole a doppia sede erano bilanciate. Per servizi più impegnativi esisteva la serie 20.000, a singola sede, con otturatore guidato dall'alto soltanto. Ad ogni dimensione corrispondeva un Cv (coefficiente di efflusso) a seconda del tipo di valvola prescelto ed era possibile ricavare grossolanamente il Cv con un semplice calcolo che consisteva nel moltiplicare per un certo coefficiente il quadrato del diametro espresso in pollici. Ad esempio per le valvole a doppia sede il coefficiente era circa 12.

I problemi legati al comportamento dei fluidi all'interno delle valvole erano poco noti e i coefficienti correttivi ancora meno. Per il **dimensionamento** bastava un regolo specifico che tutti i costruttori di valvole potevano fornire: il risultato era di solito abbastanza ben utilizzabile senza dare particolari problemi. La **cavitazione** era un problema non ancora studiato mentre per il flashing, indipendentemente dalla sua entità, veniva suggerito di utilizzare una valvola superiore di un diametro a quella calcolata.

Uno sviluppo interessante fu introdotto da Hammel Dahl verso la metà degli anni '60 quando presentò una valvola a gabbia per elevati ΔP con la gabbia provvista di fori contrapposti in modo da far scontrare i getti che da questi provenivano. In questo modo la dissipazione di energia veniva in gran parte eliminata da sede e otturatore riducendo drasticamente i problemi di erosione.

L'introduzione delle **valvole a gabbia** che, a parità di dimensione del corpo, possono avere Cv molto diversi e in qualche modo personalizzabili ha portato all'esigenza di un dimensionamento più accurato, con programmi di calcolo eseguibili a PC, con verifica immediata di condizioni di cavitazione o di flashing e la possibilità di cambiare la geometria della valvola per superare questi problemi.

Anche il rumore che molti anni fa era subito come un evento non modificabile, contribuisce nella scelta del tipo di valvola più adatto, nella consapevolezza che una valvola rumorosa è una valvola che darà problemi.

Guardando un po' avanti, ci si aspetta che la tecnica **wireless** diventi più affidabile e venga percepita come altrettanto affidabile dei collegamenti punto-punto o con bus. La coesistenza della tecnica cablata per le funzioni di controllo e di sicurezza e della tecnica wireless per funzioni di monitoraggio e diagnostica può certamente contribuire a una sempre maggiore continuità di esercizio e conoscenza dello stato di salute dell'impianto, ma richiede sempre maggiori conoscenze tecniche e attenzione alle continue evoluzioni.

Comunque, guardando indietro all' evoluzione della strumentazione e dei sistemi di controllo, non si riesce ad immaginare che si possa essere arrivati a un punto fermo: la storia non ce lo consente e quindi si tratterà di lasciare correre la fantasia per individuare nuove vie di sviluppo che certamente non mancheranno. ■