

IEC 62603: Nuove linee-guida per progettare, valutare e provare i sistemi di automazione

Con il nome Process Control System (PCS) è definito un sistema di controllo generico, indipendentemente dalla tecnologia utilizzata. L'acronimo PCS include i sistemi che normalmente sono conosciuti come PLC (nell'automazione discreta), o DCS (nell'automazione di processo), o Scada. Recentemente, il Cei ha pubblicato lo standard IEC 62603-1 per la stesura delle specifiche (Part 1) e per la valutazione dei sistemi di automazione. Questo nuovo standard rappresenta un punto di riferimento molto utile per definire le specifiche tecniche di un PCS. La norma indica tutte le caratteristiche hardware e le funzioni del software che devono essere specificate, con riferimento alle norme IEC applicabili per ogni elemento specifico. L'utilizzo di una linea guida standard per la scrittura delle specifiche di un PCS è della massima importanza per evitare malintesi tra il tecnico e la società che fornirà i PCS (integratore o produttore). La IEC 62603-1 introduce inoltre una procedura per un confronto quantitativo tra le offerte di diversi fornitori. Una sezione importante della norma è rilevante per i test che devono essere effettuati in fabbrica per verificare la conformità dei PCS alle specifiche (Factory Acceptance Test).

Micaela Caserza Magro
Paolo Pinceti

È stata recentemente approvata la norma IEC 62603, "Industrial Process Control Systems - Guideline for evaluating the performances of process control systems - Part 1: Specifications" per la stesura delle specifiche e per la valutazione dei sistemi di automazione. Il processo di specifica, selezione e prova di un PCS industriale è particolarmente complesso, lungo e ricco di rischi. La ► **figura 1** riassume il processo: una società di ingegneria o un utente finale (in breve, il progettista) prepara le *Specifiche Tecniche* che identificano i requisiti del sistema e le invia ad un gruppo di aziende che costruiscono o integrano sistemi. Le specifiche dovrebbero contenere tutti i requisiti funzionali del sistema necessari ad ottenere le funzionalità necessarie al controllo del processo. Ciascun potenziale fornitore verifica se il suo sistema rispetta i requisiti, prepara una proposta tecnica e la invia al progettista. Preparare una proposta centrata richiede la chiara comprensione di tutti i requisiti specificati ed è in questa fase che possono manifestarsi incomprensioni o fraintendimenti. Il progettista prepara una *check-list* per verificare il grado di idoneità e stabilire una graduatoria (tecnica) delle varie proposte ricevute.

Le criticità insite in questa procedura sono:

- ogni progettista usa i formati e modelli propri per scrivere le specifiche;
- qualche requisito può essere dimenticato;

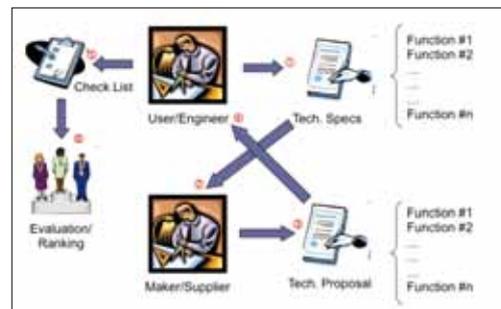


Figura 1 - Processo di specificazione e valutazione di un PCS

- essendo le specifiche basate su standard aziendali, i fornitori possono fraintendere qualche definizione o requisito, con conseguente sotto o sovra-valutazione dell'offerta;
- il processo di valutazione può richiedere il confronto di funzionalità difficili da quantificare;
- la definizione di una graduatoria può risultare poco trasparente se non esiste una metrica predefinita.

Questi problemi hanno stimolato un gruppo di utenti finali membri dell'associazione internazionale Exera-Clui [1] a studiare un modo per specificare e provare un PCS. È stato quindi attivato un progetto di ricerca con l'Università di Genova, Dipartimento Diten, per trovare una procedura che potesse rispondere ai desiderata degli utenti finali e dei costruttori [2][3]. Lo studio è stato

L' AUTORE

M. Caserza Magro, P. Pinceti
- Università di Genova, Dipartimento Diten.

presentato ai membri del comitato tecnico TC65B del Cei che ha deciso di proporre alla IEC la realizzazione di una nuova norma che definisse le linee guida per la specifica e la prova dei PCS. La proposta è stata approvata dalla IEC che ha incaricato il WG6 del TC65B (Measurements and control devices) di sviluppare la norma. Lo scopo del WG6 è quello di “definire metodi di valutazione delle prestazioni di elementi di sistema e funzioni usati per la misura ed il controllo di processi industriali, con un’attenzione particolare per l’armonizzazione”. Un gruppo internazionale di 22 esperti da 10 paesi diversi ha iniziato i lavori nel 2009, passando attraverso tutte le fasi di creazione di una norma IEC, concludendoli nel giugno 2013 quando il nuovo standard è stato approvato con una maggioranza di 18 voti positivi su 19 votanti. Il WG6 ha rapporti formali di scambio di informazioni e condivisione dei documenti con altri gruppi di lavoro IEC e con associazioni tecniche esterne, quali Exera, Profibus Network Organization e Foundation Fieldbus, che hanno collaborato alla realizzazione della norma.

Scopo della Norma IEC 62603

La IEC 62603 non è una norma di prodotto, come ad esempio la famiglia di norme IEC 61131 per i PLC. La IEC 62603 può essere utilizzata per specificare, comparare e provare sistemi di automazione in relazione ad un’applicazione specifica. Essa definisce tutti i requisiti che devono essere specificati affinché un sistema di automazione soddisfi ai requisiti di controllo di un determinato processo.

Lo scopo ultimo della 62603 è di definire un insieme di metodi e prove per specificare un PCS per una data applicazione in termini di: funzioni, prestazioni statiche e dinamiche, compatibilità. La norma è divisa in due parti:

- Parte 1: è una linea guida per la stesura delle specifiche e per il confronto delle proposte, ed include tutte le funzioni ed i servizi che devono essere richiesti ad un PCS per una data applicazione;
- Parte 2 (futura): definisce le procedure per l’esecuzione delle prove di accettazione in fabbrica (Factory Acceptance Test - Fat) necessarie a verificare l’effettivo soddisfacimento dei requisiti indicate nella specifica (realizzata usando la Parte 1).

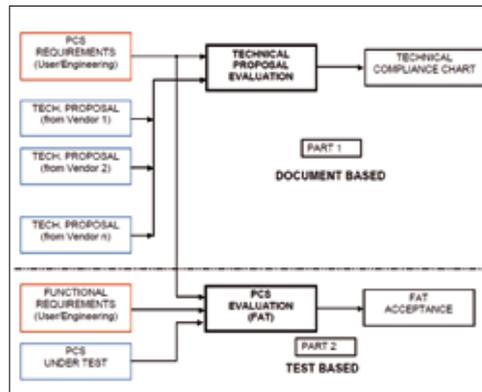


Figura 2 - Impiego della IEC 62603 per la specifica e la prova di un PCS

Come mostrato nella ► figura 2, la prima parte del processo di stesura delle specifiche è per lo più un’attività progettuale “cartacea”. Il progettista realizza le specifiche e confronta le proposte dei fornitori con l’aiuto della Parte 1 della norma. Il fornitore selezionato costruisce il PCS ed implementa tutte le logiche applicative (cioè le logiche per il controllo del processo). Quando il PCS è realizzato, il fornitore ed il progettista definiscono congiuntamente le prove da eseguire nel Fat, utilizzando la Parte 2 come riferimento.

La IEC 62603 prevede una procedura per calcolare un indice di qualità di ciascun PCS proposto (un voto) sulla base del livello di rispetto dei requisiti progettuali. Questo indice può essere utilizzato da progettista per stilare una graduatoria, ma può anche essere impiegato dal fornitore per auto-valutare la sua proposta. La norma è stata studiata per specificare sia sistemi convenzionali, sia sistemi che facciano un uso estensivo delle tecnologie fieldbus e delle capacità di diagnostica e controllo degli Intelligent Field Devices.

Al fine di offrire un documento auto-consistente, gli esperti del WG6 hanno deciso di includere le parti significative di altre norme IEC specifiche per aspetti particolari. In altre parole, quando una determinata funzione è oggetto di un’altra norma IEC, un estratto di questa è incluso nella 62603 (ad esempio gli aspetti relativi alle condizioni climatiche, alla compatibilità elettromagnetica, alla comunicazione ecc.). Chi utilizza la 62603 deve verificare che non esistano revisioni delle norme

citare più recenti di quelle utilizzate nella stesura della norma.

Specifiche tecniche di un PCS

La definizione di un PCS richiede la specificazione di una grande quantità di aspetti, che sono divisi nella IEC 62603 in undici capitoli riassunti nei seguenti paragrafi.

Architettura di sistema

La specifica del PCS deve definire le caratteristiche generali del sistema richiesto, ed includere un disegno preliminare dell’architettura richiesta [25]. A valle di questa, ciascun fornitore propone un’architettura di dettaglio basata sulle apparecchiature che produce o assembla. La ► figura 3 mostra un esempio del livello di dettaglio

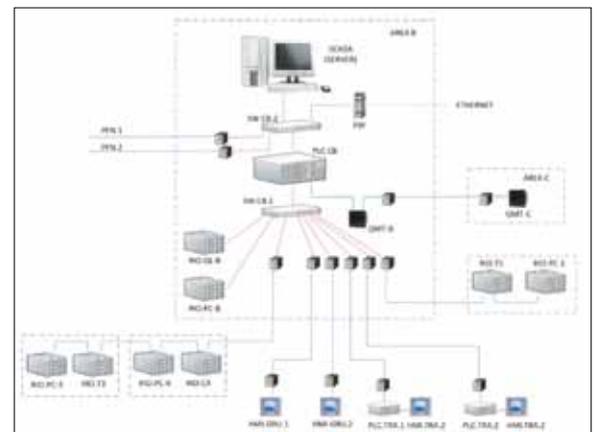


Figura 3 - Tipica architettura di PCS da includere nelle specifiche tecniche

da fornire in specifica. È importante che il progettista definisca la tecnologia base e le funzioni fondamentali che il PCS deve supportare. Un sistema può essere composto da un mix delle tecnologie e delle prestazioni mostrate nella ► tabella 1.

TECNOLOGIA	FUNZIONE
PLC	Supervisione
Soft-PLC	Controllo di Processo
DCS	Batch
SCADA [23]	Protezione e Blocchi

Tabella 1 - Tecnologie e funzioni base di un PCS

In aggiunta all’architettura preliminare, il progettista deve indicare i parametri fondamentali che impattano sul dimensionamento del sistema e sulla potenza di elaborazione necessaria. In particolare deve essere fornita una stima preliminare del numero di Input/Output e del numero di loop di controllo che devono essere gestiti. In alcuni settori, in particolare nei processi continui, è prassi comune indicare il

numero di “tag” o “process object”.

Ambiente di installazione

La definizione dell’ambiente include aspetti diversi, che vanno dalle condizioni climatiche, alle alimentazioni elettriche alle condizioni meccaniche. I parametri fondamentali da specificare sono:

- classe del luogo (IEC 60654-1) [9], per apparati in sala controllo, nei locali quadri e in campo;
- qualità dell’alimentazione ausiliaria (IEC 60038) [4], sia in alternata sia in continua, specificando le variazioni attese di tensione, frequenza, il livello di distorsione, i tempi di commutazione (ove applicabili);
- requisiti di compatibilità EM, per lo più in termini di immunità ai disturbi irradiati e condotti (IEC 61326-1 e altre) [14];
- vibrazioni meccaniche e presenza di atmosfere aggressive;
- classificazione delle aree con pericolo di esplosione (IEC 60079-10-1 [6] per gas e 60079-10-2 [7] per polveri), per apparati in campo.

Caratteristiche di sistema

I due requisiti fondamentali da specificare sono: *la scalabilità del sistema*, cioè la sua capacità di crescere senza dover sostituire parti; *l’espandibilità*, cioè la possibilità di far crescere ogni componente del sistema senza dover modificare l’architettura di sistema o il componente stesso. Altri aspetti da specificare sono: le procedure per configurare il sistema; la possibilità di configurare il sistema mentre lo stesso è operante; i linguaggi di programmazione supportati (IEC 61131-3) [13], inclusa la capacità di gestire i batch (IEC 61512) [16].

Fidatezza

La fidatezza descrive la disponibilità di un sistema in termini di affidabilità, manutenibilità e sicurezza (IEC 62347 [17] e IEC 60300-3-4 [8]). La fidatezza di un sistema riassume la sua capacità di realizzare i suoi compiti (task) a un dato tempo o all’interno di una finestra temporale definita. L’affidabilità di un sistema (IEC 61078 [12] ad IEC 61025 [10]) è prevalentemente influenzata da: le funzioni di auto-diagnostica che rilevano guasti o difetti; la possibilità di sostituire componenti “a

caldo”, senza cioè inibire il normale funzionamento del sistema; la ridondanza dei componenti critici (per esempio “2 su 3”). La risposta di un PCS al guasto di un suo componente è mostrata nel diagramma a blocchi della ► **figura 4**.



Figura 4 - Schema a blocchi degli stati di funzionamento di un PCS

Il guasto non critico di un componente porta il PCS in uno stato “degradato”, dove tutte le funzioni essenziali sono ancora garantite. Al contrario, il guasto critico di un componente non ridondato porta il PCS in uno stato di “guasto”, dove cioè una o più funzioni essenziali non sono più garantite. Se il componente guasto è ridondato il PCS mantiene la sua piena funzionalità, ma passa in modo “emergenza”. Un ulteriore guasto lo porterebbe irrimediabilmente in stato “guasto”. La riparazione del componente riporta il PCS in uno stato più sicuro. Gli interventi manutentivi sono strettamente dipendenti dalla capacità del sistema di allertare l’utente quando un componente o un sotto-sistema presenta segni di cedimento o raggiunge i limiti operativi.

La fidatezza di un sistema influenza anche la sua possibilità di far parte di un Sistema di Sicurezza (Safety Instrumented System secondo la IEC 61508) [15]. Se il processo da controllare richiede funzioni di

sicurezza con un determinato livello di *Safety Integrity Level (SIL)*, il progettista deve specificare come intende integrare le funzioni di sicurezza all’interno del PCS nel suo insieme. La ► **figura 5** mostra alcune soluzioni possibili per integrare nel sistema di controllo di processo che gestisce le logiche di normale funzionamento (Basic Process Control System - BPCS) il sistema di *Emergency Shut-Down (ESD)* che gestisce le logiche di sicurezza:

- a) integrato: BPCS e ESD condividono la stessa infrastruttura di comunicazione;
- b) comune: un unico sistema svolge sia le funzioni di BPCS sia quelle di ESD (solo per SIL bassi);
- c) separati: non vi sono connessioni tra BPCS e ESD.

Specifica degli Ingressi/Uscite

Un PCS può avere diversi tipi di ingressi/uscite, sia convenzionali (per esempio 4-20 mA) sia digitali (per esempio fieldbus). Per ogni tipo di ingresso/uscita il progettista deve specificare i requisiti desiderati in termini di accuratezza, risoluzione e ripetibilità (IEC 60050) [5]. Fattori importanti da specificare sono anche la possibilità di sostituire una scheda di I/O a caldo (hot-swapping) e le funzioni di diagnostica richieste sui vari canali di I/O (controllo rottura, verifica continuità ecc.).

Requisiti del software

È la struttura del software a fare oggi la differenza tra le diverse tecnologie disponibili, con particolare rilievo per la gestione dei dati real-time utilizzati per le applicazioni di controllo e supervisione. Esistono due grandi categorie di database: il *database distribuito*, dove i dati sono immagazzinati in apparati fisici diversi, connessi attraverso una rete di comunicazione; il *database centralizzato*, con i dati che sono continuamente trasmessi da/a un database centralizzato che li smista alle diverse applicazioni.

Il progettista deve specificare le modalità di accesso al database da parte dei diversi utenti ed i requisiti di sicurezza informatica del sistema (IEC 62443-2-1 [19] e IEC 62443-3-3 [20]).

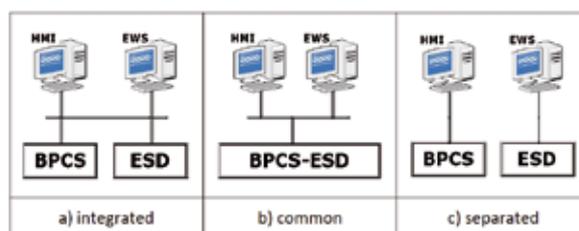


Figura 5 - Architetture tipiche per la Sicurezza Funzionale

Interfaccia Uomo-Macchina (HMI)

La specifica del HMI prevede la definizione e i metodi che possono essere utilizzati come interfaccia col PCS e include display, monitor di PC, strumenti software ecc. Lo HMI è presente sia in sala controllo, sia in campo, con requisiti e caratteristiche del tutto differenti. Forse la funzione più importante del HMI è la presentazione agli operatori degli allarmi dal processo e dal PCS stesso. Gli allarmi possono essere classificati in livelli di priorità (Ansi/Isa 18.2 [22] e la futura IEC 62682 [21]) a seconda delle conseguenze dell'anomalia e dei tempi di reazione disponibili. Oltre alla gestione degli allarmi deve essere specificata la gestione degli eventi (in particolare quando sono richieste risoluzioni spinte), i metodi di archiviazione storica, le procedure di ricerca e visualizzazione di grandezze analogiche (trend), le funzioni di back-up.

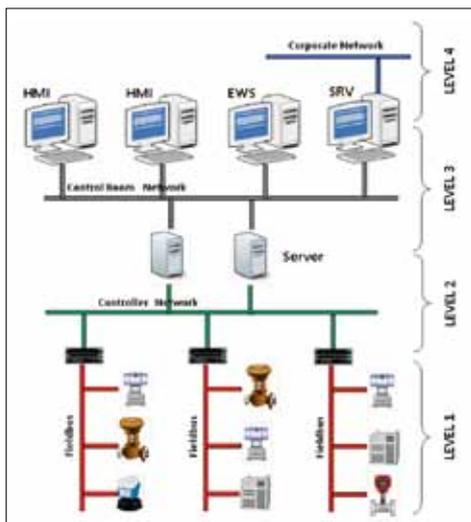


Figura 6 - Esempio di PCS con quattro livelli di comunicazione

Requisiti di comunicazione

La comunicazione è l'essenza stessa di un PCS moderno. Un PCS con un alto livello di integrazione può presentare fino a quattro livelli di comunicazione (cfr figura 6):

- Fieldbus: tra apparati in campo e controllori.
- Rete dei controllori: è la dorsale che connette i vari controllori in un sistema distribuito e attraverso cui passano le funzionalità di controllo real-time.
- Rete di sala controllo: oggi basata su IEEE802-Ethernet, collega i controllori alle macchine di sala controllo.
- Rete aziendale: per integrare il PCS

nella rete informatica dell'azienda (ICT).

Sistemi più semplici possono avere meno livelli di comunicazione, così come possono essere previsti o meno i server tra la rete dei controllori e la rete di sala controllo.

Il progettista deve specificare il protocollo di comunicazione da impiegare su ciascuna rete e le interfacce (se presenti) verso sistemi terzi o altri sistemi esterni, come il *Manufacturing Execution System* (MES) o il *Enterprise Resource Planning* (ERP).

Prestazioni

Le prestazioni sono spesso relative a funzioni specifiche che il PCS o un suo sottosistema deve compiere entro stretti limiti temporali. Le funzioni di questo tipo più tipiche sono: *la sincronizzazione* di periferiche (I/O remoti o IFD); *il richiamo di pagine video* sul HMI, incluso il tempo di popolamento delle variabili; *il tempo di reazione generale*, dall'istante in cui l'operatore invia un comando fino a quando il feedback viene visualizzato sul HMI; *il tempo di ciclo dei controllori*, in particolare se devono svolgere funzioni hard real-time.

In alcuni casi possono essere definiti degli indicatori di prestazione (Key Performance Indicators - KPI) per monitorare le prestazioni di apparati o sottosistemi. In particolare nell'ambiente "fabbrica" e nei processi batch è usuale definire un *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) per misurare l'efficienza di una macchina o di un processo.

Supporto per il ciclo di vita

Il supporto tecnico di un PCS parte nella fase di pre-vendita e deve continuare per l'intero ciclo di vita. Include sia aspetti di service tecnico (corsi, assistenza on-line, gestione ricambi ecc.) sia di tipo più commerciale (garanzie, aggiornamento software ecc.) [24].

Specifiche delle prove in fabbrica (FAT)

I concetti generali delle prove di accettazione in fabbrica (Fat) ed in sito (Sat), così come le prove di integrazione in sito (Sit), sono oggetto degli standard IEC 61069 [11] e 62381 [18]. Le procedure di dettaglio per il Fat sono invece oggetto della futura Parte 2 della IEC 62603. In fase di specificazione del sistema, il pro-

gettista deve indicare il tipo e l'estensione delle prove sul PCS che dovranno essere condotte in fabbrica. I primi passi di un Fat prevedono sempre: verifica della documentazione di progetto, verifica della fornitura hardware (quantitativi e tipi), ispezione visiva del sistema, verifica del corretto funzionamento di ciascun componente.

Il progettista deve indicare nelle specifiche che tipo di prove sono richieste per il software applicativo, cioè il software che implementa le logiche di controllo dello specifico processo. La IEC 62603-1 definisce cinque livelli di prova del software applicativo che possono essere realizzati durante il Fat (cfr figura 7):

- *Livello 1*: viene verificata la correttezza del HMI, senza alcuna simulazione degli I/O;
- *Livello 2*: gli I/O sono forzati manualmente utilizzando il software di configurazione del PCS, valutando le logiche e lo HMI;
- *Livello 3*: gli I/O sono simulati a livello di morsettiere del PCS utilizzando appositi simulatori hardware per forzare segnali digitali e analogici;
- *Livello 4*: applicabile ai sistemi basati su fieldbus, prevede l'emulazione della comunicazione con gli apparati in campo attraverso specifici dispositivi di interfaccia che supportano il fieldbus prescelto. I valori delle variabili sono forzati manualmente attraverso il software di configurazione del dispositivo di emulazione;
- *Livello 5*: viene realizzato un simula-

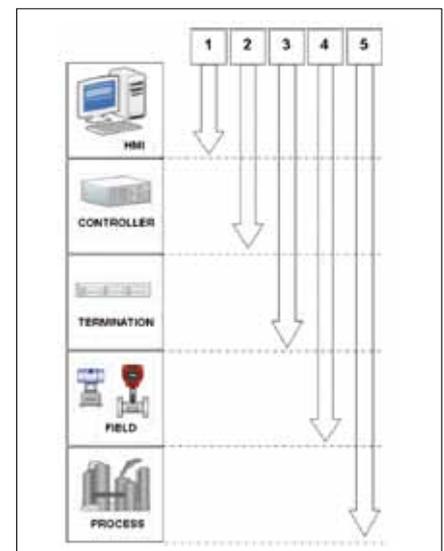


Figura 7 - Livelli delle prove in fabbrica (Fat)

tore del processo che interagisce col PCS attraverso la scheda di emulazione. Il simulatore ricostruisce la dinamica delle variabili di processo e consente di verificare anche le logiche di regolazione.

Oltre a definire il livello di profondità del test per ciascuna funzione, il progettista deve indicare il livello di copertura desiderato dalle prove. Prove parziali possono essere sufficienti per funzioni ripetitive, mentre altre funzioni (per esempio quelle di sicurezza) devono essere provate con una copertura del 100%. Di solito, non è necessario indicare specifiche di dettaglio per il Fat già in fase di richiesta iniziale, dove è invece necessario identificare ciò che può concorrere alla definizione del costo del PCS. La **tabella 2** mostra un esempio di riepilogo per il Fat.

Funzione	Livello	Copertura
Configurazione del sistema	1	100 %
Pagine video	1	100 %
Loop di controllo e sequenze	3	30 %
Funzioni di sicurezza	4	100 %
Interfaccia con sistemi esterni	4	5 %
Verifiche di ridondanza	3	100%
Verifica allarmi	2	5 %
Funzioni di controllo avanzato	5	100 %

Tabella 2 - Esempio di specifiche di Fat

Valutazione di un PCS

In generale la valutazione di un PCS (così come di qualsiasi altro oggetto o sistema) richiede una procedura quantitativa per: identificare i requisiti che devono essere valutati, definire l'importanza di ciascun requisito, dare un voto a ciascuna soluzione proposta.

La IEC 62603-1 suggerisce che il progettista indichi l'importanza di ciascuna funzione con un **peso** in una scala euristica simile alla votazione scolastica anglosassone:

- A **deve** essere implementata,
- B **dovrebbe** essere implementata,
- C sarebbe **utile**,
- D **opzionale**.

Questi pesi definiscono l'importanza di ciascuna funzione in un'applicazione specifica. A sua volta ogni fornitore può assegnare un **voto** al PCS proposto con un sistema simile:

- 0 **non supporta** la funzione indicata,
- 1 la funzione indicata **può** essere sviluppata per questa specifica applicazione,

- 2 **supporta** la funzione richiesta,
- 3 questa funzionalità è **nativa**.

Il progettista può calcolare il voto complessivo di ciascuna proposta con una semplice media pesata dopo aver assegnato una valutazione numerica ai pesi e ai voti:

$$Bid_k \text{ value} = \frac{\sum_{i=1}^n (w_i \cdot v_{ki})}{\sum_{i=1}^n (w_i)}$$

Il progettista può definire una soglia minima di accettazione per alcuni requisiti specifici. Ad esempio, una funzione di peso A o B deve avere almeno un voto 2 per accettare il PCS, e così via. Quando una funzione ha voto 1 (non c'è, ma può essere creata) il costo di realizzazione deve essere considerato. Ovviamente pesi e voti sono specifici per ciascuna applicazione.

Conclusioni

La norma IEC 62603-1 è stata ideata per essere una guida per progettisti, utenti finali, costruttori, ed integratori di sistemi per specificare, confrontare e provare i sistemi di automazione di processo. La norma definisce tutti i requisiti e le funzioni che dovrebbero essere specificate per identificare le caratteristiche di un PCS che risponda ai requisiti di una determinata applicazione. La futura IEC 62603-2 definirà le procedure di prova in fabbrica per verificare la rispondenza di un PCS ai requisiti specificati. La IEC 62603 è pienamente integrata nello schema concettuale e tecnico di tutti gli standard IEC che riguardano i PCS e ne rappresenta un utile elemento applicativo.

Riferimenti

- [1] www.exera.com
- [2] Exera Report no. S 3756 X 99, "Practical guide to specifying automatic control for production systems", March 1999.
- [3] Exera Report no. S 3742 X 00, "Assistance in the Specification of Automated Production Systems", May 2000.
- [4] IEC 60038, IEC standard voltages.
- [5] IEC 60050, International Electrotechnical Vocabulary.
- [6] IEC 60079-10-1, Explosive atmospheres - Part 10-1: Classification of areas - Explosive gas atmospheres.

- [7] IEC 60079-10-2, Explosive atmospheres - Part 10-2: Classification of areas - Combustible dust atmospheres.
- [8] IEC 60300-3-4, Dependability management - Part 3-4: Application guide - Guide to the specification of dependability requirements.
- [9] IEC 60654-1, Industrial-process measurement and control equipment - Operating conditions - Part 1: Climatic conditions.
- [10] IEC 61025, Fault tree analysis (FTA).
- [11] IEC 61069, Industrial-process measurement and control - Evaluation of system properties for the purpose of system assessment - Part 1-8.
- [12] IEC 61078, Analysis techniques for dependability - Reliability block diagram and boolean methods.
- [13] IEC 61131-3, Programmable controllers - Part 3: Programming languages.
- [14] IEC 61326-1, Electrical equipment for measurement, control and laboratory use - EMC requirements - Part 1: General requirements.
- [15] IEC 61508, Functional safety of electrical/electronic/programmable electronic safety-related systems.
- [16] IEC 61512, Batch control.
- [17] IEC 62347, Guidance on system dependability specifications.
- [18] IEC 62381, Automation systems in the process industry - Factory acceptance test (Fat), site acceptance test (Sit), site integration test (Sit).
- [19] IEC 62443-2-1, Security for industrial automation and control systems, Part 2-1: Industrial automation and control systems security management system.
- [20] IEC 62443-3-3, Industrial communication networks - Network and system security - Part 3-3: System security requirements and security levels.
- [21] IEC 62682, Management of Alarm Systems for the Process Industries.
- [22] Ansi/Isa 18.2-2009, Management of alarm systems for the process industries.
- [23] IEEE Std PC37.1-2007 - Standard for Supervisory Control And Data Acquisition (Scada) and Automation Systems
- [24] IEEE Std 1220-2005 - IEEE Standard for Application and Management of the Systems Engineering Process
- [25] Iso/IEC/IEEE 42010 Systems and software engineering - Architecture description.