

LINEE GUIDA DI PROGETTAZIONE di MACCHINE E TENDENZE NEL SETTORE AUTOMAZIONE

Luglio 2010



Igor ESPOSITO

Ingegnere Industriale

INDICE

- **Fasi progettuali**
 - Direttive-norme e Performance Level
 - Definizione dei segnali
 - Schema Impianto e sovratemperature interne al quadro
 - Trasmissioni dati, PLC, bus di campo e tipo di connessione
 - Software HMI

- **Tendenze nel settore dell' automazione : PLC di sicurezza, sistemi Ethernet –based, Safety Bridge, Tecnologie wireless**

- **Bibliografia**

Fasi progettuali

Quelle che presentero' di seguito si possono considerare le linee guida di qualunque progetto d'automazione. Queste linee guida dovrebbero essere seguite in fase di progettazione di qualunque impianto . Faro' un cenno a tutto cio' che puo' riguardare il quadro elettrico, il bordo macchina e il controllo di processo senza dimenticare di analizzare le varie strategie o alternative che sono possibili. Non mancherà un riferimento normativo.E' chiaro che oggi giorno le tecnologie sono in continua evoluzione e rimanere al passo con i tempi e' sicuramente impegnativo.

Sezione 1: Direttive e norme e Performance Level

Come sempre prima di iniziare un progetto devono essere considerate le norme tecniche, di legge e direttive applicabili sul prodotto.

- Per quanto concerne le direttive europee spesso e' necessario considerare:

Direttiva macchine 2006/42/CE

Direttiva bassa tensione 2006/95/CE

Direttiva Compatibilita' elettromagnetica 2004/108/CE

- Passiamo alla sezione norme tecniche..
Importantissima per il progettista della parte elettrica e' la EN 60204-1 che si occupa dell'equipaggiamento elettrico delle macchine.
Deve essere considerata inoltre la UNI EN 954-1 sostituita dalla EN ISO 13849-1 nell'anno 2009 per quanto riguarda la sicurezza delle macchine.

Ci sono poi moltissime altre norme tra le quali si ricordano:

EN 418: Dispositivi per l'arresto di emergenza

EN 574: Dispositivi di comando a 2 mani

EN 1037:Prevenzione dell'avviamento intempestivo

EN ISO 12100: Principi generali di progettazione

Un flow-chart riassuntivo (figura 1-1) e' stato riportato nella pagina successiva.

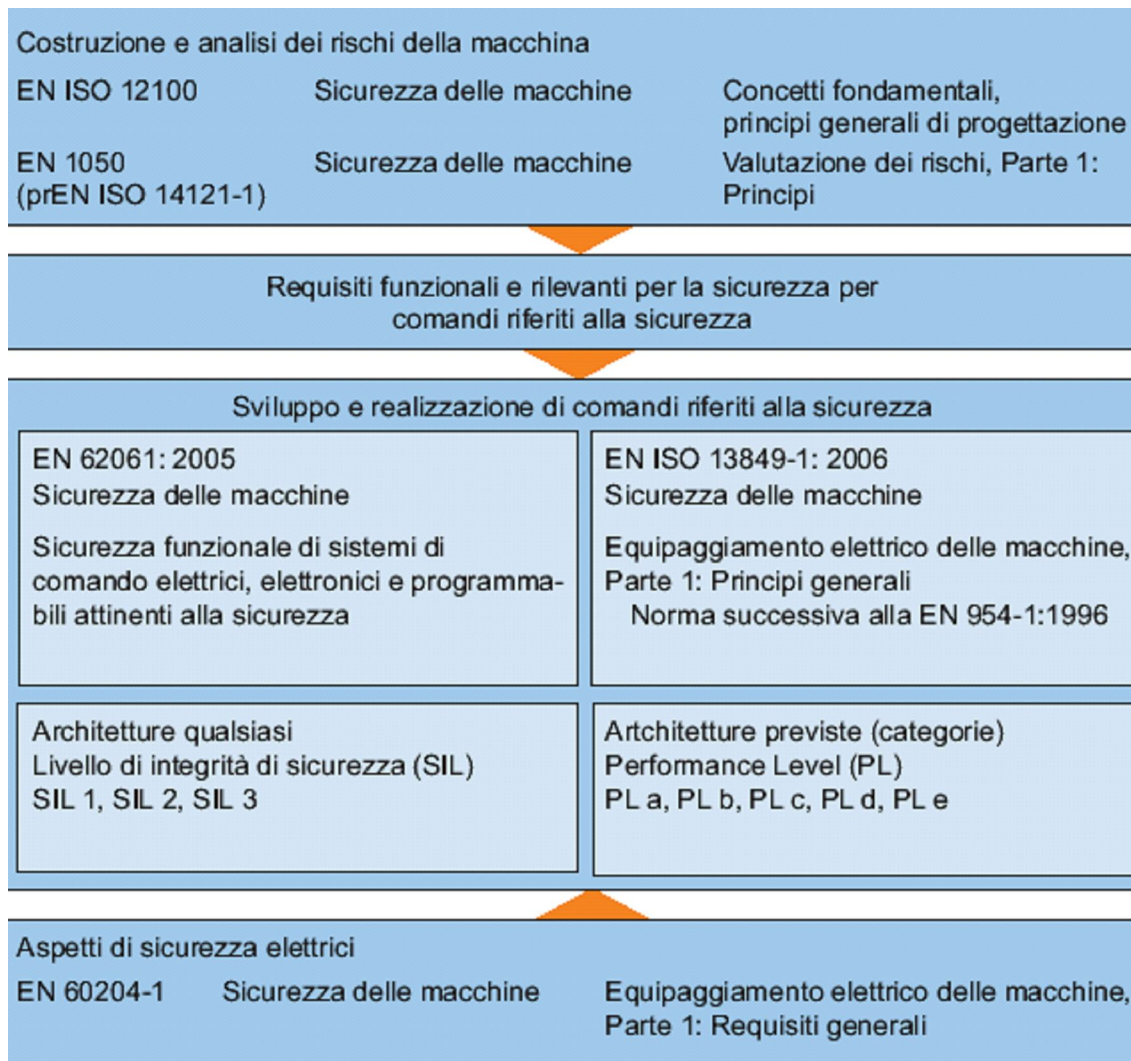


Figura 1-1

IL NUOVO CONCETTO DI Performance Level

Un cenno merita il concetto di Performance Level (PL) introdotto con la EN ISO 13849.

Si puo' dire che il nuovo PL e' il risultato di piu' fattori: la categoria di controllo (CC), il Mean Time to Dangerous Failure del componente (MTTFd) e cioe' il tempo previsto di funzionamento del componente prima di avere un failure pericoloso, il Diagnostic Coverage (DC) e cioe' la capacita' del componente di individuare eventuali anomalie e infine il Common Cause Failure (CCF) che definisce se le misure introdotte sono sufficienti o meno ad evitare che degli eventi possano pregiudicare ad esempio la ridondanza di un componente.

E' interessante sottolineare che ad esempio il PL=e puo' essere raggiunto anche utilizzando la categoria di controllo 3, ma solo in componenti con un MTTFd molto alto (> di 30 anni).

In figura 1-2 viene riportata una schermata del software SISTEMA (sviluppato dall'istituto per la sicurezza BGIA tedesco) che consente di valutare il PL note le varie componenti spiegate qui sopra.

The screenshot displays the SISTEMA software interface. On the left, a project tree shows a hierarchy of components including '23 Revolving door control', '13 No-load sensing system', '33 Electrohydraulic press control', '28 Position monitoring of moveable guards', and 'Safety-related stop function initiated by a protective device'. The main window shows detailed parameters for selected components:

- EL Name: Electrical part of B2**
DC [%]: 99 (High) MTTFd [a]: 1712,33 (-)
- SB Name: Safety module K1**
PL: e+ PFH [1/h]: 2,31E-9
DCavg [%]: not relevant MTTFd [a]: not relevant
CCF Points: not relevant Category: 4
- SB Name: Contactors**
PL: e PFH [1/h]: 2,47E-8
DCavg [%]: 99 (High) MTTFd [a]: 100 (High)
CCF Points: 70 (fulfilled) Category: 4
Channels/Test channels:
- CH Name**
MTTFd [a]: 3424,66
Blocks:
- BL Name: Contactor Q1**
DC [%]: 99 (High) MTTFd [a]: 3424,66 (-)
Elements:
- EL Name: Contactor Q1**
DC [%]: 99 (High) MTTFd [a]: 3424,66 (-)
- CH Name**
MTTFd [a]: 3424,66
Blocks:
- BL Name: Contactor Q2**
DC [%]: 99 (High) MTTFd [a]: 3424,66 (-)
Elements:

At the bottom left, a table summarizes the parameters for the 'Safety-related stop function initiated by a protective device':

PL	e
PFH [1/h]	5,16E-8

For 'Position switches':

PL	e
PFH [1/h]	2,47E-8
Kat	4
MTTFd [a]	100 (High)
DCavg [%]	99 (High)
CCF	70 (fulfilled)

For 'Position switch B1':

BL Name	Position switch B1
MTTFd [a]	1712,33 (-)
DC [%]	99 (High)

For 'Mechanical part of B1':

EL Name	Mechanical part of B1
MTTFd [a]	1712,33 (-)
DC [%]	99 (High)

Figura 1-2: Determinazione del PL tramite software

Sezione 2: DEFINIZIONE I/O,SEGNALI ENCODER e SEGNALI PARTICOLARI

Nelle macchine troviamo sempre un quadro elettrico e molto spesso un bordo macchina. Diventa quindi necessario considerare la miglior distribuzione dei diversi I/O e valutare l'opportuna tecnologia di trasmissione dati tra quadro e bordo macchina. Una volta che si ha un quadro chiaro dell'impianto e' possibile redigere una lista degli:

- I/O Digitali per il controllore programmabile
- I/O Analogi per il controllore programmabile
- Segnali encoder
- Altri segnali particolari richiesti dal cliente (ad esempio rilevamento pressioni, temperarute, livelli di liquidi con sistemi di acquisizione dati)

La figura 2-1 riporta l'esempio di una pagina di uno schemo elettrico che si occupa del rilevamento di alcuni segnali analogici. In questo esempio la temperature viene letta da ingressi analogici in corrente 4..20 mA.

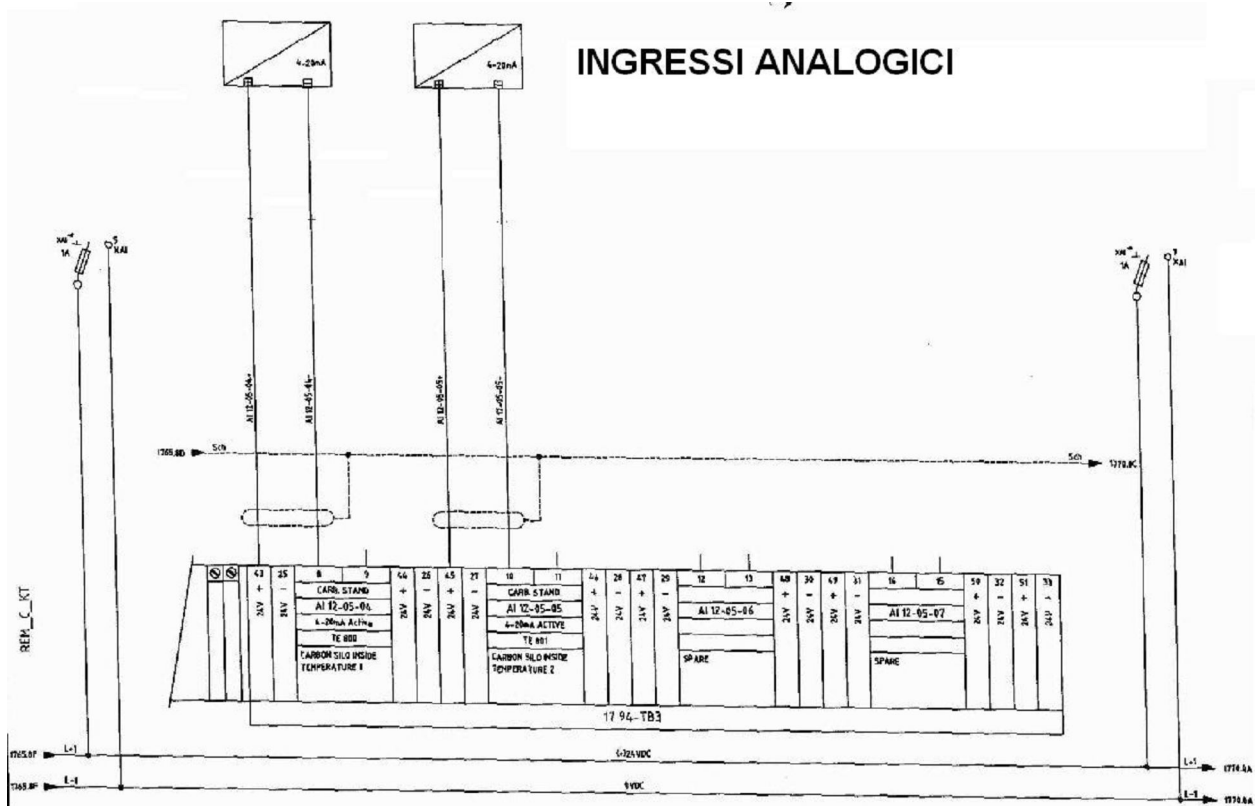


Figura 2-1:

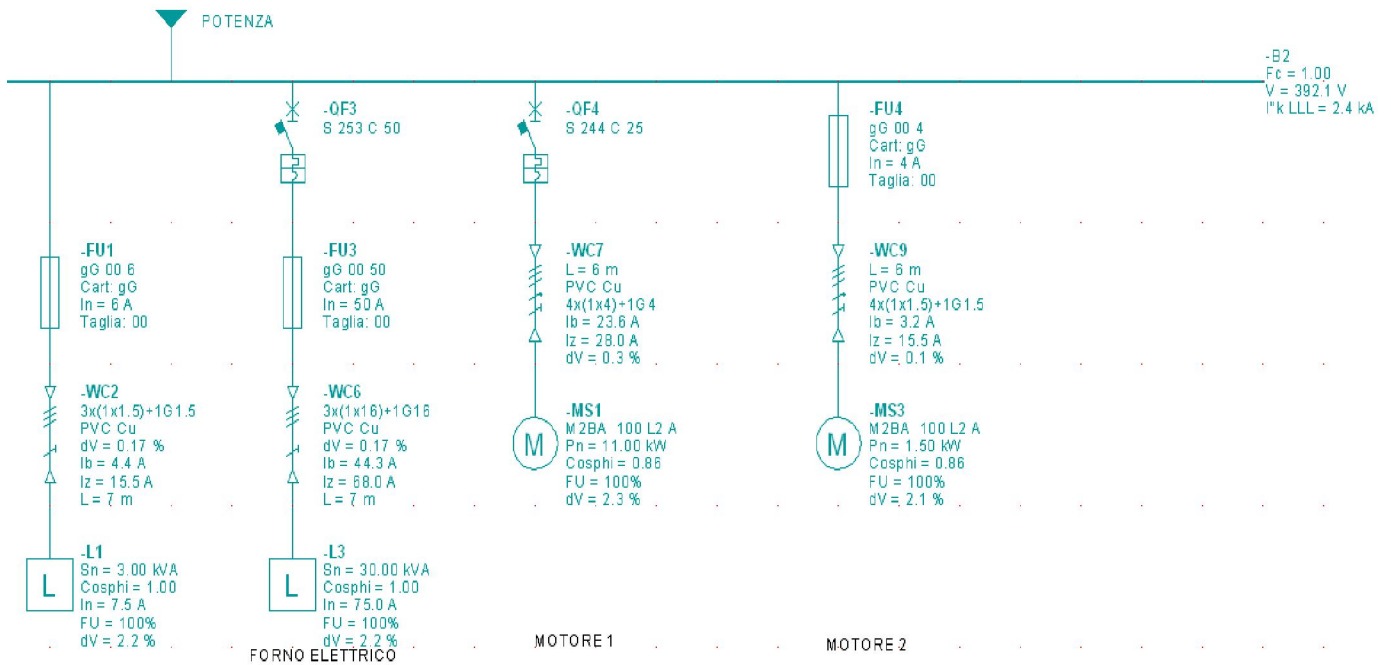
Sezione 3: Schema impianto e sovratemperature interne al quadro

Tenendo conto di tutto cio' che si e' detto precedentemente e' possibile preparare lo schema elettrico della macchina. Solitamente la parte di potenza e sicurezza la ritroviamo all'interno del quadro elettrico. In linea generale troviamo sempre una sezione:

- Potenza
- Ausiliari
- Sicurezze
- I/O Quadro Elettrico
- I/O Bordo macchina
- Connettori
- Morsetti

La figura 3-1 riporta il dimensionamento di una sezione "potenza" riguardante forni elettrici e alcuni motori. Con appositi sistemi informatici (nel caso specifico sistemi ABB) e' possibile avere un'idea della sezione delle condutture, delle cadute di tensione e anche delle correnti di corto circuito alle sbarre molto importanti per determinare se queste sono in grado di resistere alle sollecitazioni elettrodinamiche.

Chiaramente a seconda della macchina da realizzare risulta necessario tenere sempre in considerazione quelle che devono essere le protezioni dai contatti diretti ed indiretti, il dimensionamento delle protezioni per le sovracorrenti, il dimensionamento delle condutture e non per ultimo il calcolo della potenza dissipata dal quadro. Voglio fare qualche accenno nella sezione successiva al discorso relativo al raffreddamento di un quadro elettrico visto che questo spesso viene sottovalutato mentre in realta' puo' portare a seri problemi a livello di componenti elettronici presenti.



OGGETTO : POTENZA-RISCALDO	COMMITTENTE :	DATA	FOGLIO
--------------------------------------	----------------------	-------------	---------------

Figura 3-1: Esempio di dimensionamento di carichi resistivi e motori.

Il problema delle sovratemperature interne al quadro e il forte aumento della dissipazione con dispositivi a velocita' variabile.

Voglio fare un breve accenno al discorso relativo al raffreddamento di un quadro elettrico. Questo perche' la presenza di dispositivi elettronici (soprattutto dispositivi in grado di variare le velocita' dei motori) portano a sovratemperature interne del quadro piu' elevate. E' quindi necessario vedere il dimensionamento termico degli involucri secondo la norma CEI 17-43. Con calcoli e verifiche software si arriva alla conclusione che l'aggiunta di dispositivi a velocita' variabile rendono necessario il potenziamento del sistema di condizionamento per evitare di avere temperature non accettabili da parte dell'elettronica piu' sensibile gia' con 30 gradi di temperature ambiente.

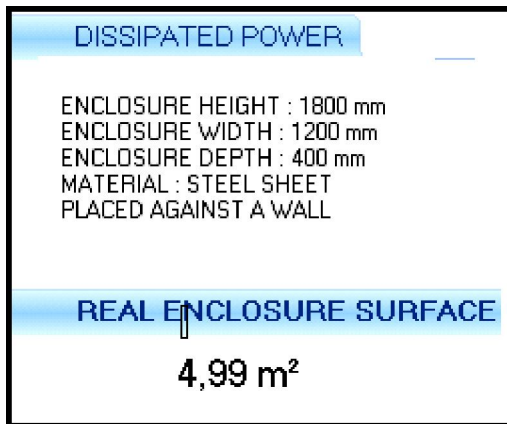
In tabella 1 e' riportato un esempio di analisi di un quadro elettrico che dissipa circa 900W. Supposto di non voler superare i 40 gradi centigradi interni si puo' notare come all'aumentare della temperatura esterna si renda necessaria una potenza frigorifera superiore.

In tabella 1 i risultati finali relativi al dimensionamento:

T. esterna massima	T interna massima	Potenza frigorifera necessaria
30 C	40 C	700 Watt (2557 BTU/h)
35 C	40 C	900 Watt (3069 BTU/h)
40 C	40 C	1100 Watt (3751 BTU/h)
42 C	40 C	1150 Watt (3921 BTU/h)
45 C	40 C	1300 Watt (4433 BTU/h)

Tab.1

Di seguito le caratteristiche del quadro elettrico e il suo posizionamento considerate in fase di dimensionamento (secondo CEI 17-43).



Sezione 4: Trasmissioni dati, PLC, bus di campo e tipo di connessione

Voglio riportare la piramide (vedi figura 4-1) con i 4 livelli gerarchici a livello di controllo di processo. Al livello piu' basso troviamo i sensori, motori, valvole, drive e tutto cio' che si trova fisicamente a contatto con la macchina. Al livello superiore (livello di cella) troviamo i PLC i quali attraverso i bus di campo possono comunicare con i sensori/attuatori. Salendo piu' in alto troviamo i software di supervisione che consentono di rappresentare nel modo piu' semplice e chiaro possibile le informazioni provenienti dal campo. Ci troviamo nella zona del cosiddetto Process Management che consente di controllare i processi rendendo disponibili elettronicamente.

In cima alla piramide troviamo i software ERP (Business Management) che si possono considerare sistemi di livello superiore rispetto agli SCADA/HMI. Con questi software diventa possibile integrare le informazioni raccolte dal processo con i sistemi di gestione finanziaria.

Dopo questa breve introduzione vediamo di capire nel dettaglio le opportunita' che il settore dell'automazione offre oggi.

REPARTO DI PRODUZIONE: PIRAMIDE

- **4 livelli gerarchici**
 - **sensori-motori**
Dispositivi con esigenze di comunicazione in tempo reale a pacchetti semplici
 - **PLC (livello cella)**
Controllo e coordinamento di sensori e attuatori
 - **SCADA (livello area)**
Supervisione tramite rete locale dei PLC
 - **Sistemi ERP/MES**
Elaborazione dei dati di produzione

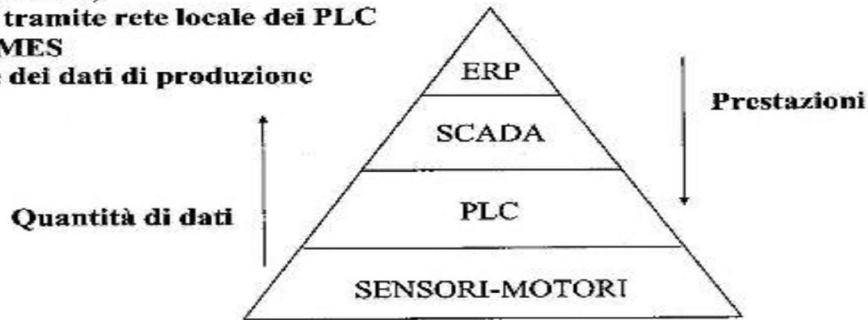


Figura 4-1:

Da un punto di vista pratico i sensori e gli attuatori che possono essere presenti nel progetto sono di diverso tipo. Troviamo termocoppie, termoresistenze, encoder incrementali, sensori magnetostrittivi, sensori di pressione, motori sincroni e asincroni, valvole idrauliche di tipo semplice oppure ad apertura proporzionale.

La scelta del tipo di PLC e' sempre una scelta molto importante ed e' spesso legata a diversi fattori come i livelli di prestazione che devono essere raggiunti, la possibilita' o meno di utilizzare certi tipi di bus industriali, la possibilita' o meno di collegarsi ad un certo sistema di supervisione, la comodita' a livello di cablaggio e non ultimo il discorso relativo alla ricambistica.

Il bus di campo piu' diffuso rimane Profibus viste le buone prestazioni (12 Mbit/s). Inoltre tale bus standardizzato consente di collegarsi a molte apparecchiature come ad esempio degli inverter nel caso in cui ci sia la necessita' di lavorare con motori a velocita' variabile.

I bus di campo presenti oggi sono diversi (As-i, CANOpen, DeviceNet, Interbus, ecc..) e ognuno di loro presenta velocita' di trasmissione differenti e la loro diffusione e' molto diversa. Ad esempio il CANOpen e' molto diffuso in Europa a differenza del DeviceNet che lo e' per lo piu' in America.

A questi si deve aggiungere Profinet che rappresenta una integrazione tra Profibus e le tecnologie Ethernet .

La comunicazione tra il PLC e il PC industriale di supervisione puo' avvenire in diversi modi. Si potrebbe soffermarsi per ore a vedere le diverse possibilita' di collegamento disponibili tra PC e PLC. Siemens possiede un tool di configurazione della comunicazione di alto livello che consente di gestire reti anche di grandi dimensioni.

Riporto qui sotto un esempio di comunicazione tra un sistema di supervisione (PC) e PLC industriale Siemens.

Siemens adotta già da parecchi anni il cosiddetto Advanced PC configuration. Nell'esempio che stiamo esaminando (si veda figura 4-2) la comunicazione avviene tramite processore CP5611 e connessione di tipo Application. Tale connessione consente il collegamento con un qualsiasi software di supervisione proprietario sviluppato in ambiente C o altro linguaggio di programmazione tramite librerie SAPI.

Si può notare anche la presenza della riga OPCServer all'interno del configuration Editor. Questo consente ad esempio ad un'altra applicazione di accedere al PLC in modo "standard". In pratica grazie alla tecnologia OLE for Process Control (OPC) i fornitori hardware offrono ai loro clienti delle apparecchiature alle quali diventa possibile accedere tramite interfacce standard. A quel punto i dati "grezzi" possono essere utilizzati in un software di supervisione. Nel progetto in esame un secondo software accede al PLC tramite interfaccia OPC di tipo "automation" (via Industrial Ethernet) utilizzando i classici oggetti OPCServer(OPC Item, OPC Browser, etc.,) e OPCGroup. Attraverso tools forniti dal rivenditore di hardware (come OPC Scout di Siemens) diventa possibile testare l'accesso al PLC da un PC locale oppure anche remoto.

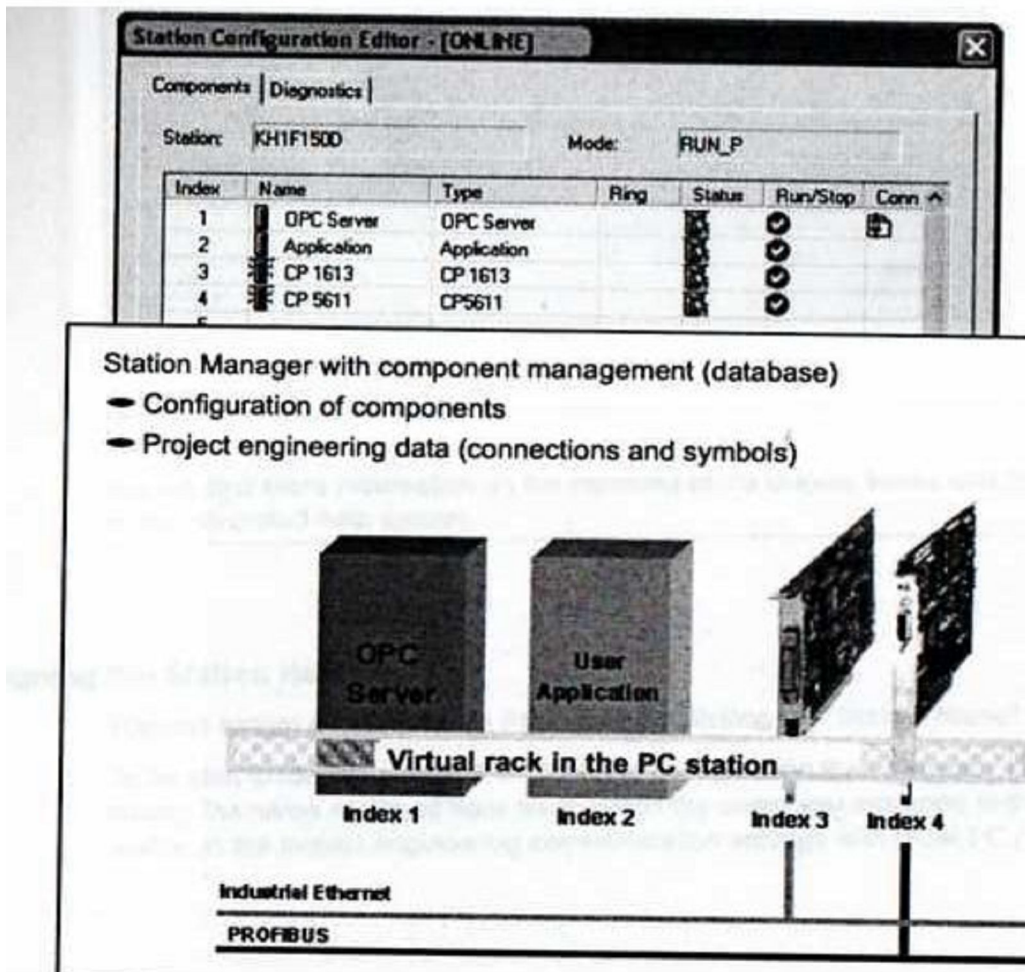


Figura 4-2

Tanto per dare un'idea delle possibilità di connessioni offerte si tenga presente che tramite i bus di comunicazione che la sola Siemens fornisce (Profibus con le sue varianti e Industrial Ethernet) l'accesso ai dati può avvenire tramite:

- **OPC** (interfacce Custom e Automation)
- Librerie **SAPI** che consentono di accedere in modo molto efficiente ai dati tramite software scritto in linguaggi tipo C o C++
- Librerie **Prodave MPI/Industrial Ethernet** che consentono anche di collegarsi direttamente alle più recenti CPU Ethernet Based (Profinet) senza la necessità di processori di comunicazione, ma semplici cavi di rete.
- Tramite TCP/IP aperto (con Profinet) utilizzando semplicemente una CPU Profinet e una semplice scheda di rete. Tramite TCP/IP aperto non è necessaria nessuna libreria e si accede direttamente sfruttando una connessione TPC/IP

A tutto cio' si devono aggiungere i tools di progettazione e utilities come:

- Advanced PC Configuration Station Configuration Editor (gia' discusso precedentemente)
- NCM PC Project per creare reti di computer e accedere ad un PLC ad esempio tramite un PC remoto
- Configuration Console per diagnostica e altro
- OPC Scout per testare l'accesso ad un PLC locale o remoto
- Primary Setup Tool utilizzato per allocare gli indirizzi IP alle varie apparecchiature di una rete Ethernet/Profinet.

che rendono le possibilita' di progettazione veramente molteplici.

Sezione 5 : Software HMI

Abbiamo parlato precedentemente della trasmissione dati e della gestione di una macchina tramite controllori programmabili. Cio' che manca e' un software HMI (Humam.Machine Interface) e cioe' un software in grado di interfacciarsi con il processo in modo che le informazioni acquisite dal campo vengano visualizzate e modificate dall'operatore tramite PC industriali di diverso tipo (Panel PC , box PC o touch screen).

Nella sezione 4 ho riportato le diverse connessioni disponibili. A seconda del software o dell'ambiente di sviluppo che si ha a disposizione si possono realizzare diversi sistemi di interfacciamento.

Il software puo' essere proprietario e scritto con un classico linguaggio di programmazione oppure puo' essere un software di supervisione tipo WinCC di Siemens oppure Movicon di Progea,ecc... Questi sono sicuramente dei software molto potenti e versatili,ma che necessitano di un modulo runtime per ogni applicazione distribuita al cliente. Poiche' tali royalty non sono indifferenti gli sforzi iniziali per sviluppare un intero software partendo da zero sono nel giro di poco tempo ampiamente ripagati.

Tendenze nel settore dell' automazione : PLC di sicurezza, sistemi Ethernet –based, Safety Bridge, tecnologie wireless

Negli ultimi anni si e' assistito ad un utilizzo crescente di dispositivi elettrici ed elettronici per lo svolgimento di funzioni di sicurezza cosi come negli anni 1996-2005 abbiamo assistito all'introduzione dei bus di campo per il controllo decentrato delle macchine.

Da qualche anno si stanno diffondendo moltissimo i dispositivi elettronici programmabili in grado di assicurare livelli di sicurezza fino a PL=e o SIL=3 sostituendo completamente i "vecchi" dispositivi di sicurezza elettromeccanici.

Nuove norme sono stati pubblicate negli ultimi anni proprio per venire incontro alle nuove tecnologie elettroniche in merito alla sicurezza.

Sempre a livello di sicurezza sappiamo che da parecchi anni ormai stanno prendendo piede i PLC di sicurezza dove un unico PLC specifico e' in grado di assolvere a funzioni standard e di sicurezza (figura 5-1 e figura 5-2) arrivando fino a SIL=3 o

C'e' da sottolineare invece una novita' di questi ultimi periodi e cioe' delle schede PLC di sicurezza per le quali non e' obbligatorio l'utilizzo di PLC di sicurezza.

In altre parole delle schede PLC di sicurezza possono essere inserite in una rete avente un PLC non di sicurezza. Non e' una novita' da poco poiche' consente di introdurre funzioni di sicurezza in sistemi gia' funzionanti evitando la sostituzione dell'intero PLC (CPU di sicurezza) e quindi abbattere notevolmente i costi.

Inoltre in certi sistemi di sicurezza (tipo Siemens) il traffico dati standard e di sicurezza avviene su un unico cavo. Questo non e' scontato e si veda in proposito la figura 5-3 che riassume le 4 casistiche possibili in un sistema fail-safe in cui e' presente una CPU di sicurezza.

La necessita' di assicurare un collegamento "sicuro" tra le reti informatiche di diverse aziende e la crescente possibilita' di fare assistenze remote su macchine industriali ha portato e portera' sicuramente nei prossimi 2-3 anni ad una forte diffusione di router modem VPN (virtual private network). D'altra parte questa integrazione e' favorita' dalla crescente quantita' di apparecchiature (e non solo PC) che trasmettono e ricevono dati tramite il classico cavo di rete e dalla rapida diminuzione dei costi di tali dispositivi.

Proprio a questo riguardo ho notato inoltre che negli ultimi anni molti costruttori si stanno spostando rapidamente verso bus industriali di tipo Ethernet based come ad esempio Profinet.. Nel visionare gli ultimi cataloghi di grandi aziende come Siemens e Phoenix per rendersi immediatamente conto che la strada e' stata tracciata.

Quali sono i motivi ?. Sono sicuramente diversi, ma principalmente la naturale integrazione con i livelli superiori, la tecnologia ormai "standard" e consolidata nel mondo dei PC, i costi hardware contenuti (non servono schede speciali poiche' ormai tutti i pc hanno la scheda di rete), la disponibilita' di strumenti del mondo ICT (analizzatori di rete, di traffico, ecc) e la naturale integrazione con le nuove tecnologie (fibra ottica, wireless, WiFi, ecc..)

Proprio per quanto riguarda le tecnologie wireless voglio chiudere questo lavoro con una tabella riassuntiva delle tecnologie wireless (figura 5-4) attualmente disponibili sul mercato con i relativi transfer rate.

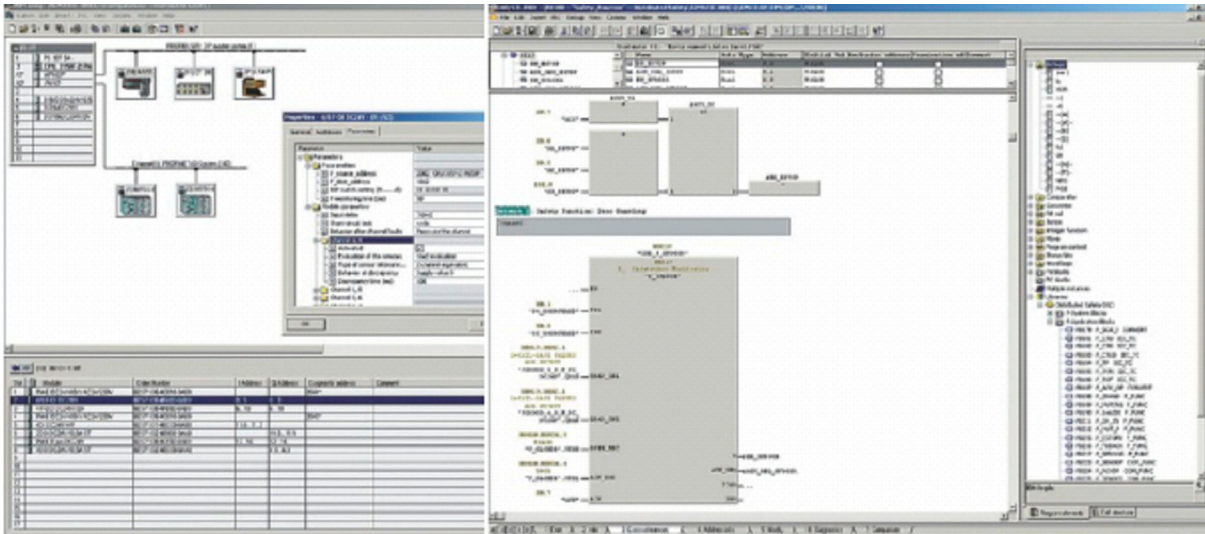


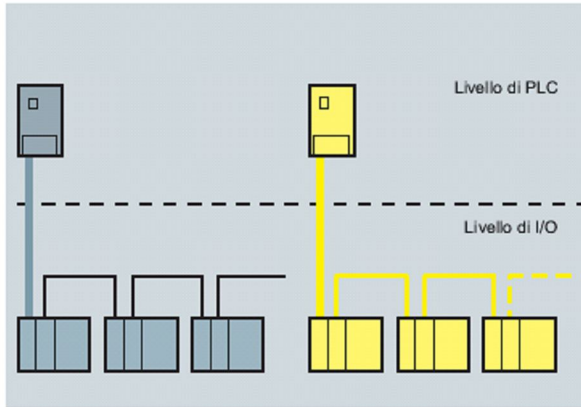
Figura 5-1 : Ambiente di sviluppo software per PLC di sicurezza (funzioni standard+ funzioni di sicurezza gestite da un unico controllore)



Figura 5-2 : Esempio di CPU Failsafe

Separazione di PLC, I/O e bus

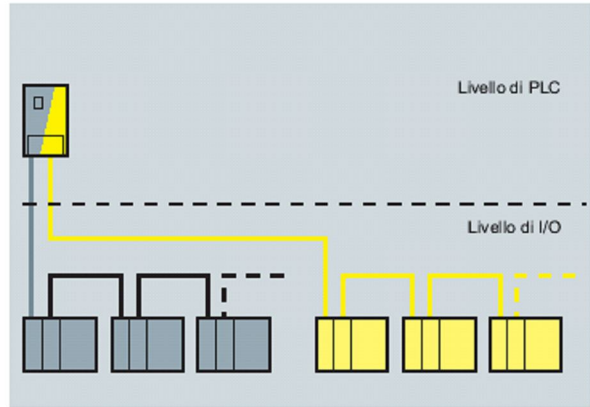
Con questa configurazione si hanno sistemi del tutto separati per la parte standard e per la parte di sicurezza (una soluzione oggi largamente diffusa).



Separazione di PLC, I/O e bus

Un PLC, ma separazione di I/O e bus

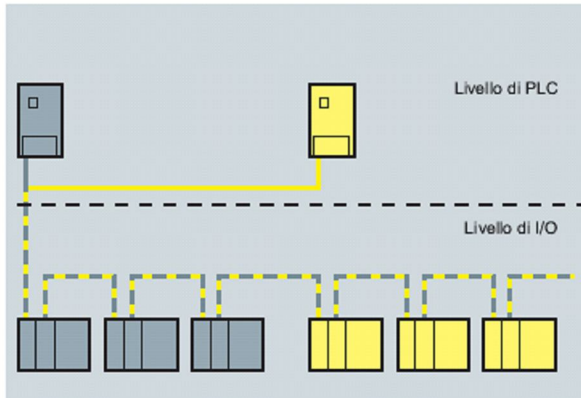
Con questa configurazione si ha un controllore comune, ma sistemi di bus separati e periferia separata per la parte standard e per la parte di sicurezza.



Un PLC, ma separazione di I/O e bus

Un bus, ma separazione di PLC e I/O

Con questa configurazione si hanno controllori separati e periferia separata per la parte standard e per la parte di sicurezza. La comunicazione si svolge tramite un sistema di bus comune.



Un PLC, un bus e I/O misti

Con questa configurazione si ha un controllore comune, un bus di sistema comune e periferia comune sia per la parte standard sia per la parte di sicurezza.

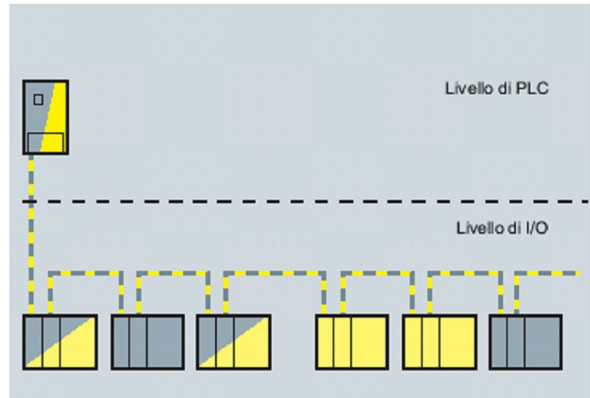


Figura 5-3 : Le 4 possibili realizzative di applicazioni Fail-safe con CPU di sicurezza.

TECNOLOGIE WIRELESS A DISPOSIZIONE




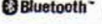




	IR 	RF 433 868/915 	802.11 	802.15.1 	WirelessUSB 	802.15.4 	UWB 	NFC 
Frequenza	800-900 nm	433 MHz 868/915 MHz	2.4/5 GHz	2.4 GHz	2.4 GHz	868-902 MHz, 2.4GHz	3.1-10.6 GHz	Connessione Induttiva (13.56MHz)
Data Rate	20k-16Mbps	0.3kbps	11-54 Mbps	1 Mbps	62.5 kbps	20-250 kbps	100-500 Mbps	106-424 kbps
Area	1-9m (LOS)	10m	50-100m	10m	~ 50m	10-100m	<10m	~20cm
Topologia di rete	Punto a punto	Punto a punto	Stella	Stella	Stella	Stella, albero, mesh	Punto a punto	Punto a punto
Complessità	Semplice	Semplice	Alta	Medio/Alta	Semplice	Media	Media	Semplice
Consumi	Molto bassi (10mW, dipende dalla distanza)	Bassi (~200mW)	Alti ~1W	Medi ~300mW	Bassi ~200mW	Bassi ~100mW	Bassi ~100mW	Bassi
Applicazioni	Remote control, trasmissione dati a corto raggio	Controllo remoto	Wireless LAN	Cable replacing	Periferiche PC	Automazione e controllo	Trasmissione segnali a banda larga	Trasmissione dati a corto raggio

Figura 5-4 : Tecnologie wireless attualmente a disposizione

BIBLIOGRAFIA

Alcuni libri e manuali interessanti relativi alla progettazione di macchine, sicurezza ,controllo e informatica industriale

- La sicurezza sulle macchine: progettazione,modifiche e adeguamento alle norme
Enrico Grassani – UTET
- Sensori e sistemi AS-interface
Andrea Fenzi – Tecniche Nuove
- Quadri elettrici di bassa tensione a norma CEI
Riccardo Bellocchio
- Reti di Computer
Ruggero Adinolfi – Politecnico Milano
- VPN connections via DSL VPN Routers
- Manuale:Siemens Simatic Net – Commissioning PC Stations -Advanced PC Configuration-
- Manuale :OPC: Ole For Process Control
- Bus,sensori e attuatori As-i (Telemecanique)
- Controllori Programmabili Telemecanique
- Schmersal: Specific Background information on EN ISO 13849-1:2006
- BGIA Tedesca: Report 02/2008e Functional safety of machine controls – Application of EN ISO 13849
- Aggiornamenti : Corsi Profibus e aspetti tecnici- Universita' di Brescia
- Aggiornamenti: Corsi Profinet e aspetti tecnici- Universita' di Brescia
- Corsi Avanzati Siemens presso scuola Automazione industriale Siemens di Milano
- Cataloghi vari dei prodotti di automazione industriale Phoenix,Siemens,Telemecanique
- Documentazione Phoenix per Safety Bridge Technology
- Direttive europee varie, norme tecniche e di legge

Strumenti informatici di supporto:

Software DIMENSIONAMENTO IMPIANTI – (Software ABB)

Software VERIFICA TERMICA (Software SCHNEIDER Electric)

