

UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI PADOVA  
**DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA  
DELL'INFORMAZIONE**

TESI DI LAUREA

**BUILDING AUTOMATION  
IN UNO STABILIMENTO PER LA  
LAVORAZIONE DEI PROSCIUTTI**

Relatore: Prof. Dorianò Ciscato

Laureando: Luigi Zenere

Padova, 11 aprile 2006

Anno Accademico 2004-2005

## Indice

1.Introduzione	5
2.Scopo del progetto	7
3.Descrizione di massima dell'architettura scelta	9
4.Tecnologie usate	11
5.Descrizione dettagliata dell'impianto	21
6.Progettazione e sviluppo del software	29
7.Cenni sulla messa in opera e sul collaudo	45
8.Conclusioni	47

## 1. Introduzione

In questa relazione si descrive la progettazione e lo sviluppo di un sistema di automazione e supervisione per l'impianto di distribuzione elettrica e illuminazione realizzato in occasione di una ristrutturazione in uno stabilimento alimentare per la lavorazione dei prosciutti sito a San Daniele del Friuli.

Funzionalmente uno stabilimento di questo tipo si può suddividere in diverse parti, che corrispondono nel nostro caso a diversi corpi di fabbrica (Fig. 1):

- celle frigo per la conservazione del prodotto prima della lavorazione;
- reparto di lavorazione vera e propria;
- reparto di stagionatura;
- zona imballo e spedizione;
- zona uffici.

Si noti che il sistema di automazione è stato commissionato in seguito ad un ampliamento dello stabilimento e va ad interessare quindi solo alcune aree dello stesso, in seguito a precisa richiesta del committente. In particolare sono state interessate dalla ristrutturazione l'area celle frigo, di nuova costruzione, la stagionatura - ampliamento - e l'area imballaggio e spedizione, anch'esse di nuova costruzione.

In questi tipi di stabilimento la presenza di personale è limitata rispetto alle dimensioni fisiche dell'impianto e quindi si è sentita la necessità di un sistema di controllo e supervisione dei vari utilizzatori localizzati nei vari capannoni, quali ad esempio l'illuminazione interna ed esterna, le lampade di segnalazione dello stato di apertura/chiusura porte delle celle frigo, le tapparelle. Lo stato di tutte le utenze dovrà essere visibile all'operatore dell'impianto e dovrà essere possibile anche il comando remoto, direttamente dal PC usato per la supervisione. Inoltre il sistema dovrà monitorare gli stati di allarme di tutti gli interruttori presenti nei quadri elettrici, le grandezze caratteristiche della distribuzione - correnti, tensioni, potenze - e lo stato degli interruttori e dei sezionatori della cabina di Media Tensione. Tutti gli allarmi generati saranno archiviati in apposito database, assieme agli archivi storici delle grandezze elettriche significative.

Si descriverà l'architettura hardware del sistema, i componenti utilizzati, e lo sviluppo del software necessario per i vari sistemi, dal campo al PC di supervisione.

## 2. Scopo del progetto

Lo scopo principale del progetto è quello di centralizzare in un unico punto di supervisione il controllo e la gestione dell'impianto elettrico, anche in considerazione delle distanze fisiche in gioco.

Nella Figura 1 vediamo una planimetria semplificata dell'impianto articolata nei diversi Corpi di fabbrica, che corrispondono a diversi reparti di lavorazione.

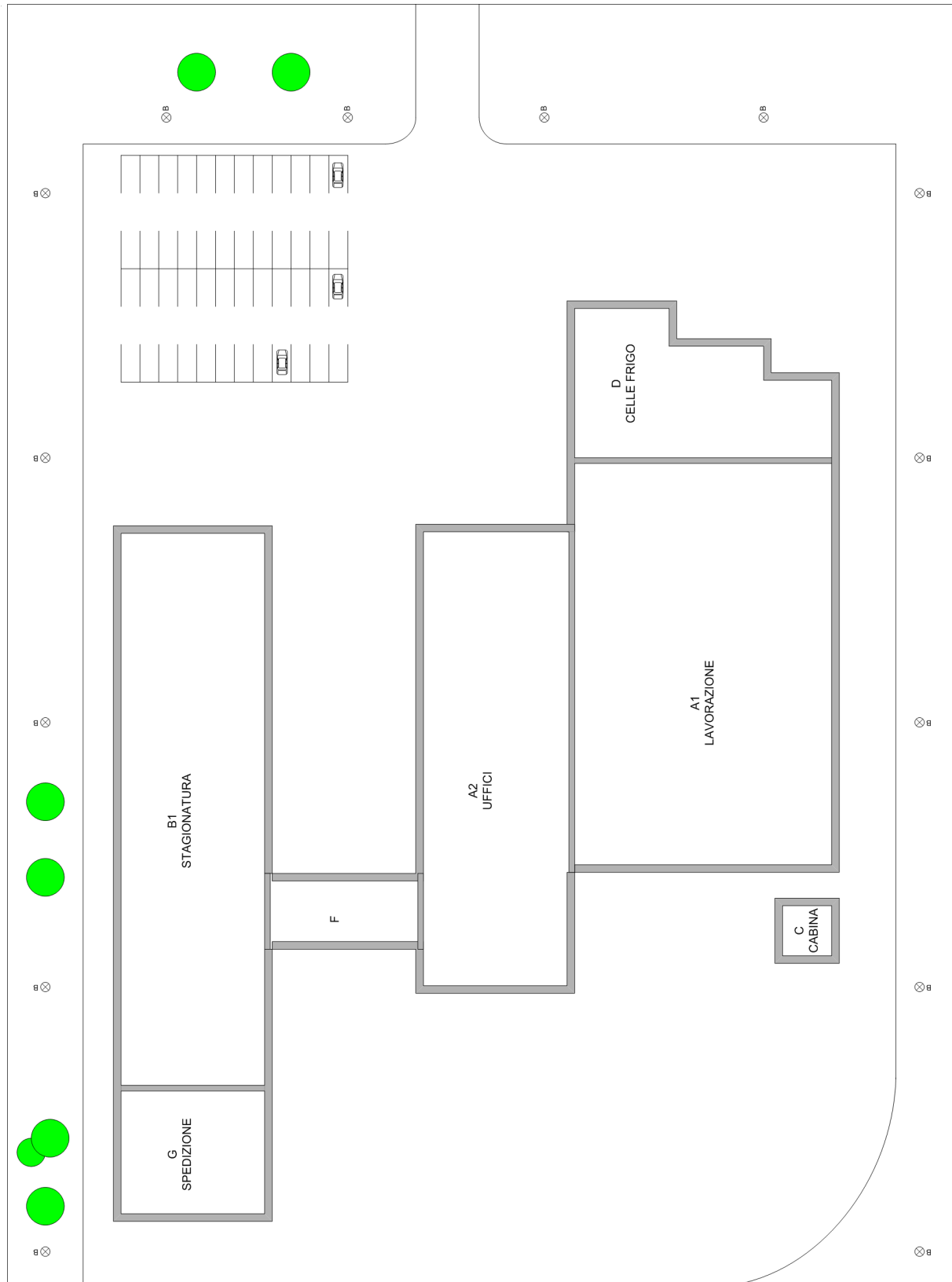
Nella cabina di trasformazione di media tensione subito a valle della cabina ENEL (designata come Corpo C) e nel reparto celle frigo (Corpo D) si sono installati dei sistemi di controllo e protezione dei trasformatori da Media Tensione a Bassa Tensione in modo da poter tenere sotto controllo continuamente lo stato degli interruttori, sezionatori, le correnti, tensioni e potenze in gioco. Inoltre la rilevazione continua e l'archiviazione delle potenze assorbite permetterà in futuro la ripartizione dei costi elettrici tra i vari reparti nell'ottica della gestione a centri di costo.

Si è fatto in modo che l'impianto permetta la visione e il controllo delle varie illuminazioni interne e lo stato apertura porte dei reparti imballo-spedizione (Corpo G), stagionatura prodotto finito (Corpo B1) e delle celle frigo (Corpo D); inoltre la visione e il comando remoto delle tapparelle presenti nel Corpo B1.

A differenza dei reparti di imballo-spedizione e celle frigo dove sono presenti lampade tradizionali per l'illuminazione, nel reparto stagionatura sono presenti lampade fluorescenti, gestite da un impianto a standard DALI per le particolari esigenze di flessibilità necessarie. Infatti la richiesta del committente prevedeva la possibilità di accensione a fasce distinte all'interno del reparto. Anche questo impianto dovrà essere supervisionato dalla postazione centrale.

L'impianto prevede anche la visione e il controllo dello stato dell'illuminazione esterna allo stabilimento e delle insegne, oltre alla loro accensione e spegnimento completamente automatizzati.

Si vogliono inoltre tenere sotto controllo e archiviare le grandezze elettriche (tensioni, correnti, potenze) in bassa tensione fornite ad ogni reparto e il sistema di rifasamento di alcuni carichi particolari quali i compressori dell'impianto di refrigerazione del Corpo D.



*Fig. 1 - Planimetria semplificata dello stabilimento.*

### **3. Descrizione di massima dell'architettura scelta**

L'architettura logica del sistema (Fig. 2) è articolata in tre livelli: al primo livello, di supervisione e gestione, troviamo il PC - collocato in un ufficio del Corpo A2 -. Al secondo livello, di supervisione, appartengono due touch panel situati rispettivamente nell'ufficio del reparto imballo-spedizione (Corpo G) e nel reparto di lavorazione (Corpo A2). Il terzo livello logico è costituito dalle apparecchiature in campo.

Dal punto di vista dell'architettura tecnica l'impianto è strutturato attorno ad una dorsale Profibus DP realizzata con cablaggio in rame, a cui afferiscono tutti i sistemi, direttamente o indirettamente.

Nel quadro elettrico di ogni corpo dello stabilimento controllato dal sistema è presente un PLC Siemens S7-300 o una periferica decentrata ET200S, collegati direttamente alla dorsale. Ai PLC della cabina elettrica (Corpo C) e delle celle frigo (Corpo D) sono collegati gli strumenti di controllo e protezione delle celle MT (Schneider SEPAM) via rete Modbus, in cui i rispettivi PLC fanno da master.

Le utilizzazioni elettriche nel reparto celle frigo (Corpo D) e nel reparto imballo-spedizione (Corpo G) sono gestite da un impianto bus EIB/KONNEX, adatto alle applicazioni di building automation. I due impianti KONNEX, completamente separati fra loro, sono collegati alla dorsale per mezzo di gateway DP/EIB, sempre di Siemens, che si comportano dal lato DP come slave intelligenti DPV1. Parte delle utilizzazioni e dei comandi elettrici sono realizzati per mezzo di MicroPLC Siemens Logo!, afferenti al bus EIB/KNX via apposite interfacce. Il bus DALI che gestisce l'illuminazione del corpo stagionatura (B1) per mezzo di lampade fluorescenti è anch'esso collegato all'impianto EIB/KNX per mezzo di gateway specializzati.

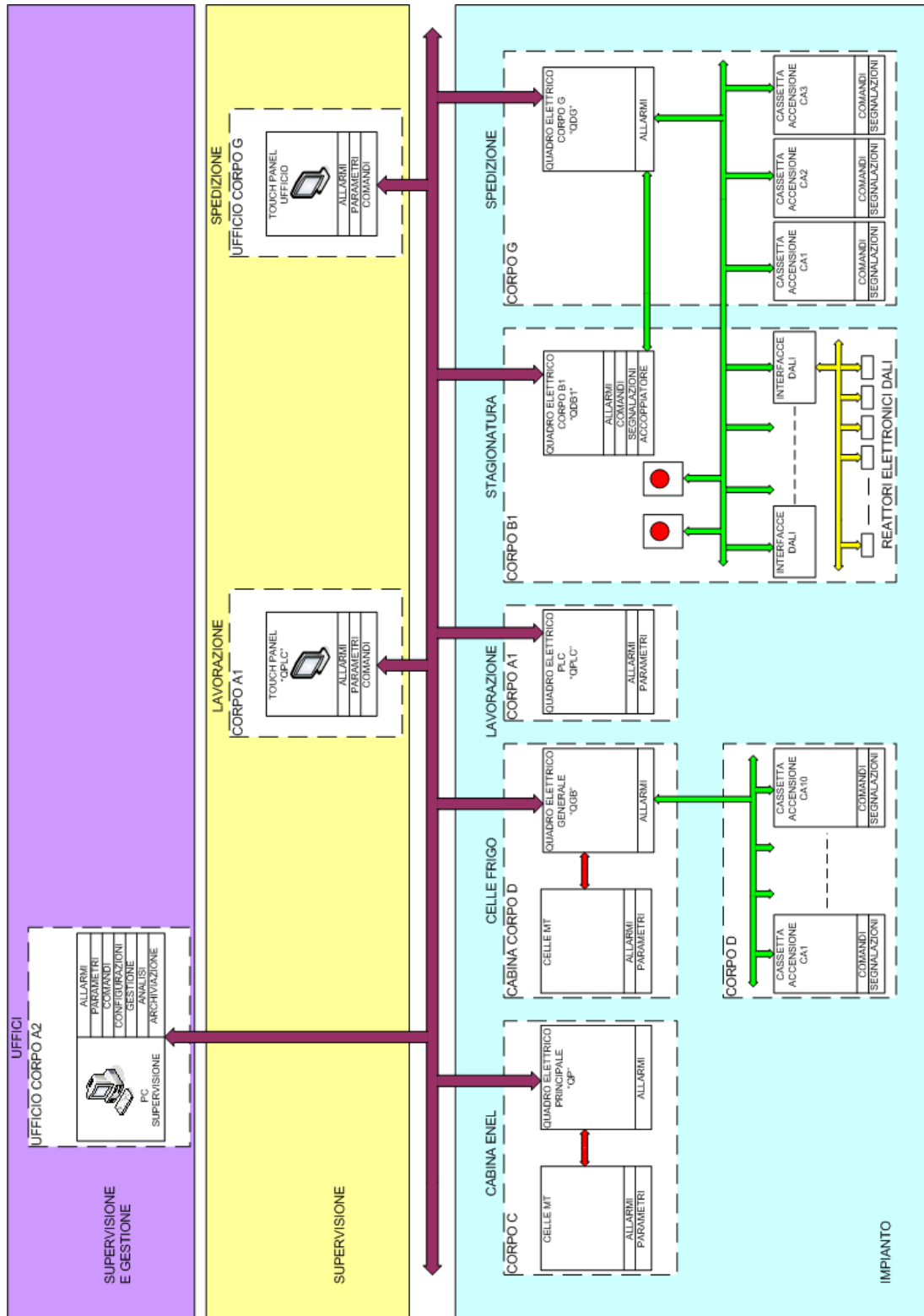


Fig. 2 - Schema di massima del sistema.

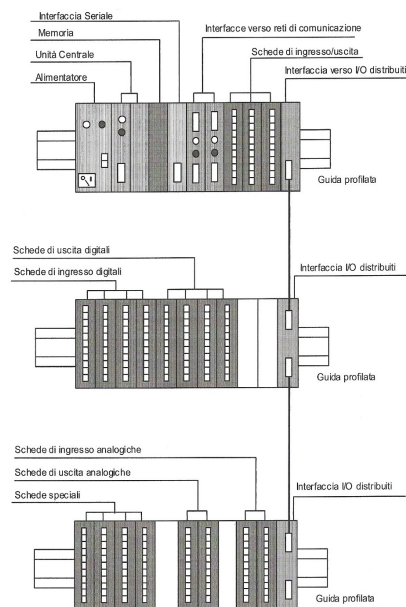
## 4. Tecnologie usate

In questo capitolo si vuole presentare una panoramica delle tecnologie usate nel progetto, prima di descrivere in dettaglio la struttura hardware e lo sviluppo della programmazione.

### PLC

Il PLC (Programmable Logic Controller) è un sistema elettronico a funzionamento digitale, destinato all'uso in ambito industriale, che utilizza una memoria programmabile per l'archiviazione interna di istruzioni per l'implementazione di funzioni specifiche, come quelle logiche, di sequenziamento, di temporizzazione, di conteggio e di calcolo aritmetico, e per controllare, mediante ingressi e uscite sia digitali che analogici, vari tipi di macchine e processi.

Il PLC è costituito da una parte hardware: microprocessore, memoria ROM e RAM, moduli di ingresso e di uscita digitali ed analogici, terminale di programmazione, e necessita di un software che specifichi le operazioni da eseguire. Per sviluppare i programmi per i vari PLC ogni produttore mette a disposizione un suo ambiente di sviluppo, anche se è in corso un processo di standardizzazione dei linguaggi di programmazione (norma IEC 61131)



*Fig. 3 - Esempio di struttura hardware di un PLC*

Nell'implementazione di un programma per PLC si possono distinguere due fasi:

1. la fase "off-line" di realizzazione, nella quale sistema di sviluppo e PLC non sono collegati;
2. la fase "on-line" in cui il programma realizzato viene trasferito nel PLC e collaudato.

Nell'impianto descritto si sono usati sistemi di automazione modulare per applicazioni di media complessità come i PLC SIMATIC S7-300 di Siemens dotati di CPU 315-2 DP.

Per le soluzioni decentralizzate flessibili si è optato invece per la serie SIMATIC ET200S funzionanti come slave e dotati di interfaccia IM151 per il collegamento al Profibus DP.

Inoltre per l'automazione delle accensioni sono stati scelti i MicroPLC serie Logo! di Siemens, interfacciati al bus KNX.

## **SISTEMI BUS**

I sistemi bus sono la tecnologia più largamente utilizzata per trasferire informazioni da un componente all'altro di un impianto che viene così definito intelligente. Non è più necessario un cablaggio fatto in funzione dei comandi e delle segnalazioni che servono, ma è sufficiente far passare il bus attraverso tutti i componenti.

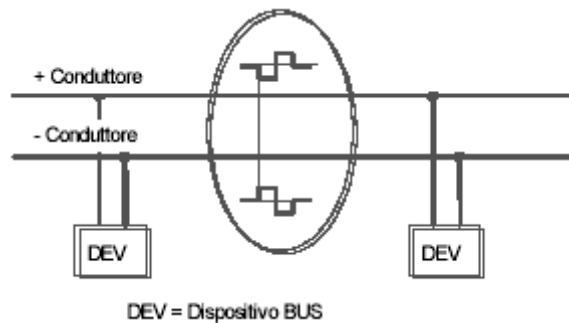
I sistemi bus operano con una velocità ben definita, utilizzano cablaggi in rame (doppino ritorto) o altri mezzi trasmissivi e si servono di algoritmi atti a regolare il flusso delle informazioni (telegrammi).

A differenza del cablaggio tradizionale, del tipo "punto a punto", con la tecnologia bus invece, la separazione tra linea di potenza e di comando è netta e la potenza arriva solamente alle utenze, mentre il cavo bus, in bassissima tensione di sicurezza, collega tutti i dispositivi intelligenti.

I componenti degli impianti intelligenti devono essere programmati in linea di massima nel seguente modo:

1. si fornisce al dispositivo un indirizzo fisico unico in tutto il sistema;
2. si definisce quale funzione deve svolgere il dispositivo e secondo quali modalità.

La trasmissione dei dati sulla linea bus è simmetrica. In questo modo le informazioni sono costituite dalla differenza di potenziale fra i due cavi del bus piuttosto che dalla differenza di potenziale verso terra. Viene quindi a ridursi di molto la probabilità di errore sull'informazione trasmessa (vedi Figura 4).



*Fig. 4 - Linea bus simmetrica.*

## PROFIBUS

Profibus è un bus di campo prettamente industriale.

Con Profibus è possibile collegare apparecchiature da campo, come ad esempio apparecchiature periferiche decentrate o azionamenti, con sistemi di automazione come i PLC. Profibus, introdotto inizialmente da Siemens, è stato normalizzato secondo la IEC 61158.

Profibus è disponibile in diversi protocolli per diverse applicazioni:

- PROFIBUS DP (periferica decentrata)

Serve per il collegamento di apparecchiature da campo decentrate o di azionamenti con tempi di reazione veloci. Profibus DP è impiegato quando si hanno attuatori e sensori distribuiti su una macchina o in un impianto (ad esempio livello di campo) con possibilità di addurli insieme ad una stazione.

In questo caso gli attuatori e i sensori vengono collegati alle apparecchiature da campo. Queste sono alimentate con i dati d'uscita secondo il metodo master/slave e forniscono i dati d'ingresso al controllore o al PC.

PROFIsafe è lo standard di comunicazione conforme alla norma IEC 61508, che consente lo svolgimento della comunicazione standard e della comunicazione orientata alla sicurezza su un unico cavo bus. Si tratta di una soluzione aperta per la comunicazione orientata alla sicurezza tramite bus standard con l'utilizzo dei servizi Profibus.

CPU, periferica e programma applicativo sono sincronizzati sul clock di Profibus.

- PROFIBUS PA (process automation)

Amplia PROFIBUS DP con la trasmissione di dati e di energia in tecnica di sicurezza intrinseca (ad esempio trasmettitori nell'industria alimentare) in conformità alla norma internazionale IEC 61158-2 (stesso protocollo, fisica diversa).

- PROFIBUS FMS (fieldbus message specification)

E' per la comunicazione dati di sistemi di automazione di costruttori diversi.  
E' così possibile risolvere con precisione oltre a compiti di motion control anche compiti generali di regolazione e di misura in modo decentrato.

## BUS EIB/KONNEX

Il protocollo EIB (European Installation Bus) è stato sviluppato da un pool di aziende leader nei settori dei materiali e componenti per l'installazione elettrica, per soddisfare le esigenze legate all'automazione di case, uffici ed edifici in genere.

EIB è uno standard aperto e disponibile a tutti i costruttori che intendono fornire soluzioni innovative nel settore dell'automazione degli edifici.

KNX è nato in seguito alla fondazione dell'associazione Konnex, avvenuta nel maggio 1999 da parte di EIB (European Installation Bus), BCI (Batibus Club International) ed EHSA (European Home System Association) con lo scopo di realizzare e promuovere uno standard unico per le applicazioni di Domotica e Building Automation (BA). E' basato sulle migliori caratteristiche delle tre tecnologie di partenza e, di fatto, sul cuore dello standard EIB, con cui mantiene una totale compatibilità; integra inoltre le modalità di configurazione e i mezzi trasmissivi di BatiBus ed EHS. I componenti, realizzati da costruttori diversi, vengono garantiti, dopo una procedura di certificazione operata dall'associazione Konnex, per essere interoperabili, cioè per funzionare correttamente senza necessità di realizzare interfacce.

Sono previste tre modalità di configurazione dei dispositivi Konnex:

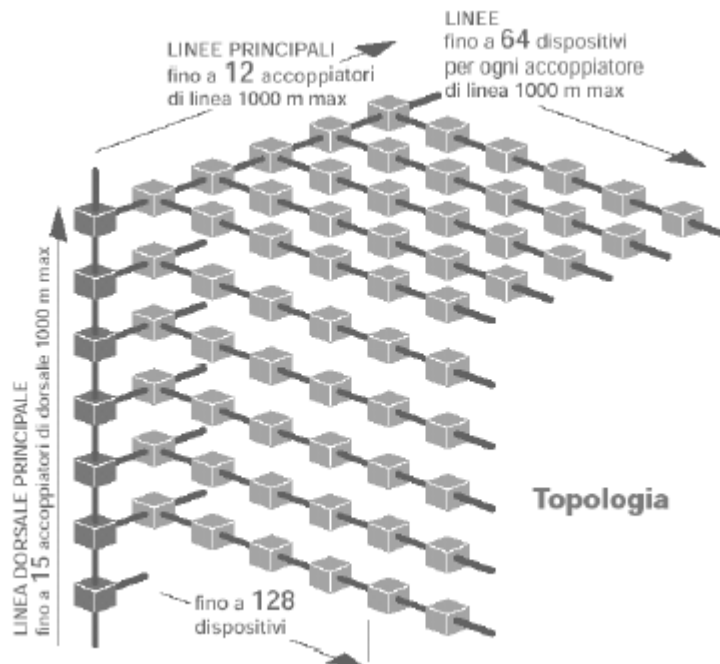
- "S-mode" (System mode), adatta ad integratori di sistema che possono ottenere funzioni complesse utilizzando il tool software ETS3 – è il metodo usato in questo progetto;
- "E-mode" (Easy mode) che permette agli installatori una rapida configurazione dell'impianto, rinunciando ad alcune funzionalità;
- "A-mode" (Automatic mode) pensata per gli utilizzatori finali e per uso Plug & Play di dispositivi consumer.

Lo standard KNX offre i seguenti mezzi trasmissivi:

- Doppino ritorto (Twisted pair, type 0 e 1);
- Modulazione su rete elettrica (powerline);
- Radio Frequenza a 868 MHz.

KNX è stato pensato anche per diventare un marchio di qualità ed aiutare quindi i consumatori ad orientarsi nell'offerta di componenti per la domotica.

Il bus KNX ha una struttura gerarchica dove il componente più elementare è costituito da una linea alla quale possono essere collegati al massimo 64 dispositivi. Impiegando gli accoppiatori di linea (LC) possono essere gestite fino a 12 linee che costituiscono una zona. Con gli accoppiatori di zona si possono gestire fino a 15 zone. Ogni linea deve avere un alimentatore KNX (PS) e deve essere elettricamente isolata dalle altre (vedi Figura 5).



*Fig. 5 - Topologia di collegamento di un bus EIB/KNX.*

Nell'impianto realizzato si è utilizzato come mezzo trasmissivo KNX il doppino ritorto (twisted pair).

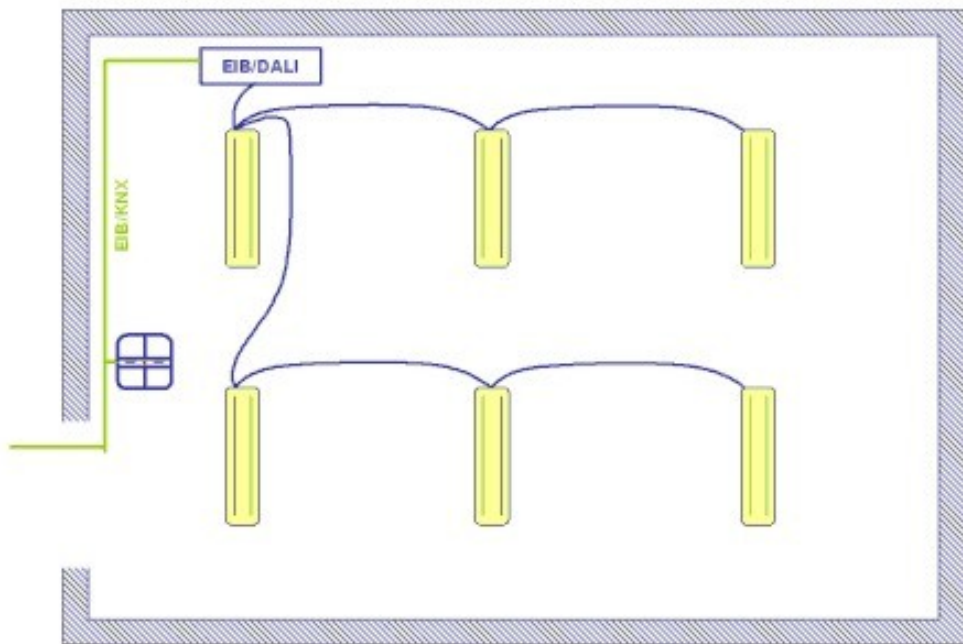
## BUS DALI

DALI è una tecnologia adottata dai più importanti produttori di apparecchi di illuminazione per la gestione di apparecchi illuminanti.

L'integrazione di questo standard in un sistema KNX è possibile con diverse interfacce presenti sul mercato. DALI può essere visto come un sottosistema di Konnex.

I reattori compatibili DALI sono collegati tra loro con un unico cavo; lo stesso viene portato anche all'interfaccia DALI-KNX e da questa alle apparecchiature di comando collegate al bus KNX. Ogni indirizzo DALI (lampada) viene vista come un "canale". È possibile comandare le lampade con un semplice On/Off, un comando dimmer aumenta/diminuisci, con un valore percentuale; ma è

anche possibile ricevere su bus KNX lo stato della dimmerizzazione della lampada, un eventuale errore sul bus DALI, ma soprattutto lo stato della lampada (bruciata o funzionante).



*Fig. 6 - Esempio di collegamento di lampade con bus DALI.*

## MODBUS

Il protocollo Modbus è un bus di campo industriale ottimo per la lettura di valori da periferiche montate in impianti molto estesi.

I bus Modbus funzionano in modalità master/slave (richiesta-risposta) e utilizzano il protocollo seriale RS-232 o RS-485. Ogni richiesta è specificata da dei Function Codes (codici funzione) che permettono la lettura di bit, byte, word, singolarmente o in gruppo del dispositivo remoto.

## INTERFACCE

Per collegare tra loro i diversi tipi di bus dell'impianto si sono utilizzate le interfacce:

- DP/EIB

L'interfaccia DP/EIB link permette l'interfacciamento dei sistemi standard per l'automazione industriale Profibus DP e per il controllo d'edificio EIB.

- EIB/DALI

L'interfaccia EIB/DALI permette di comandare fino a 64 attuatori DALI. Questi possono essere comandati e dimmerizzati in 64 canali differenti. Un attuatore può essere assegnato ad un solo canale mentre ad un canale possono essere assegnati fino a 64 attuatori.

## SUPERVISIONE

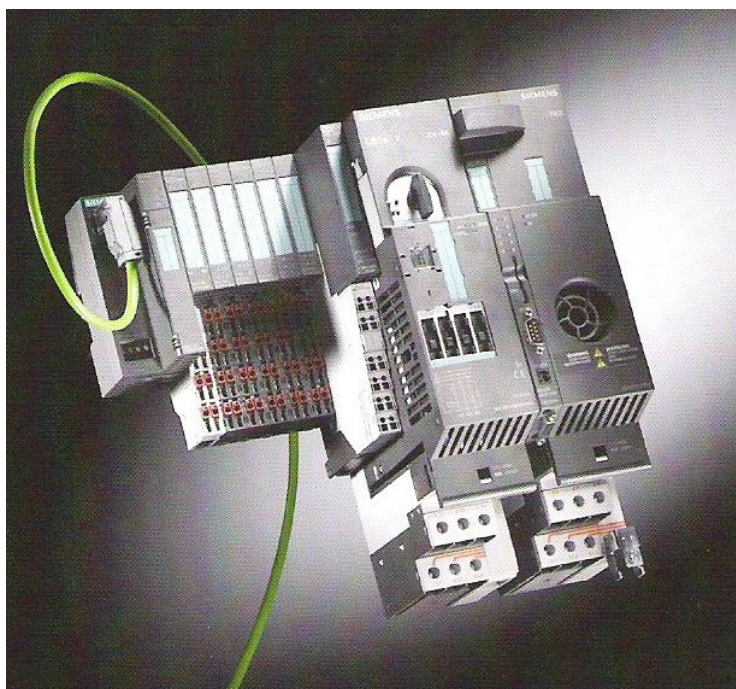
Il sistema di supervisione su PC è basato sullo SCADA commerciale di Siemens WinCC, soprattutto a causa della sua completa integrazione con l'ambiente di sviluppo Step 7 usato per lo sviluppo del software di automazione. Inoltre i tool integrati nella piattaforma permettono una veloce realizzazione dell'interfaccia utente.

## 5. Descrizione dettagliata dell'impianto

La Figura 9 presenta lo schema dettagliato dell'impianto dal punto di vista dell'hardware installato e dello schema di cablaggio che unisce i vari sistemi. Si possono distinguere la dorsale di impianto Profibus DP (in viola), i due impianti KNX in verde interfacciati alla dorsale con i rispettivi gateway, i bus DALI in giallo, i collegamenti Modbus in rosso, connessi ai rispettivi master. Descriveremo in questo capitolo le singole unità funzionali in cui si può suddividere l'impianto complessivo.

### CABINA DI TRASFORMAZIONE (C)

Nel quadro elettrico si è installato un PLC ET200S di Siemens che fa da periferica decentrata con a bordo un'interfaccia IM151, modulo di alimentazione, interfaccia seriale RS-485 (master per la rete Modbus a cui sono collegate le apparecchiature di controllo e protezione dei trasformatori MT), 8 moduli da 4 ingressi digitali, 8 moduli da 2 uscite digitali.



*Fig. 7 - Periferica decentrata ET200S di Siemens.*

Ai moduli digitali di ingresso sono collegati: i vari allarmi per gli interruttori della cabina elettrica, l'interruttore orario e il crepuscolare per il comando delle

luci esterne, il termostato per il comando della ventola di raffreddamento del quadro.

Ai moduli digitali di uscita sono collegati: la lampada intervento scaricatori, la lampada relè differenziale di terra; i vari relè per l'illuminazione delle luci esterne; il relè ventola di raffreddamento del quadro elettrico; l'allarme ottico e acustico che segnala l'intervento dell'interruttore generale.

Le apparecchiature di controllo e protezione dei trasformatori da media a bassa tensione sono dei dispositivi SEPAM di Schneider. Le grandezze controllate da questi dispositivi sono le varie tensioni, le correnti e le potenze in ingresso ai trasformatori.

In cabina è anche presente un multimetro digitale DIRIS di Socomec che ha il compito di rilevare i valori di grandezze in uscita ai trasformatori quali tensioni, correnti e potenze.

## **CORPO CELLE FRIGO (D)**

Nel quadro elettrico del corpo celle frigo si è installato un PLC S7-300 di Siemens configurato come master della rete Profibus con a bordo una CPU 315-2 DP, modulo di alimentazione, CPU di comunicazione CP341 (master Modbus), 2 moduli da 32 ingressi digitali, 1 modulo da 32 uscite digitali.

Ai moduli digitali di ingresso sono collegati: i vari allarmi del quadro elettrico, gli stati delle batterie di rifasamento, il termostato per la ventola di raffreddamento del quadro.

Al modulo digitale di uscita sono collegati anche qui le lampade di segnalazione sul quadro (allarmi, rifasamento), oltre all'estrattore per la cabina.

Nel quadro elettrico è anche presente un multimetro digitale DIRIS di Socomec che ha il compito di rilevare i valori di grandezze in uscita ai trasformatori quali le tensioni, le correnti e le potenze.

Inoltre è montato il gateway DP/KNX che permette la comunicazione con l'impianto Konnex per il collegamento delle cassette di accensione dell'illuminazione tradizionale dislocate nelle varie zone del corpo celle frigo. Queste cassette di accensione sono realizzate con dei MicroPLC Logo! di Siemens dotati di 12 ingressi per gli interruttori di accensione luci e 8 uscite a relè alle quali sono collegate le lampade tradizionali e gli altri utilizzatori. Gli input sono realizzati per mezzo di pulsanti a fungo NA

Per il bus konnex è montato l'alimentatore e l'interfaccia seriale RS-232 per la programmazione.

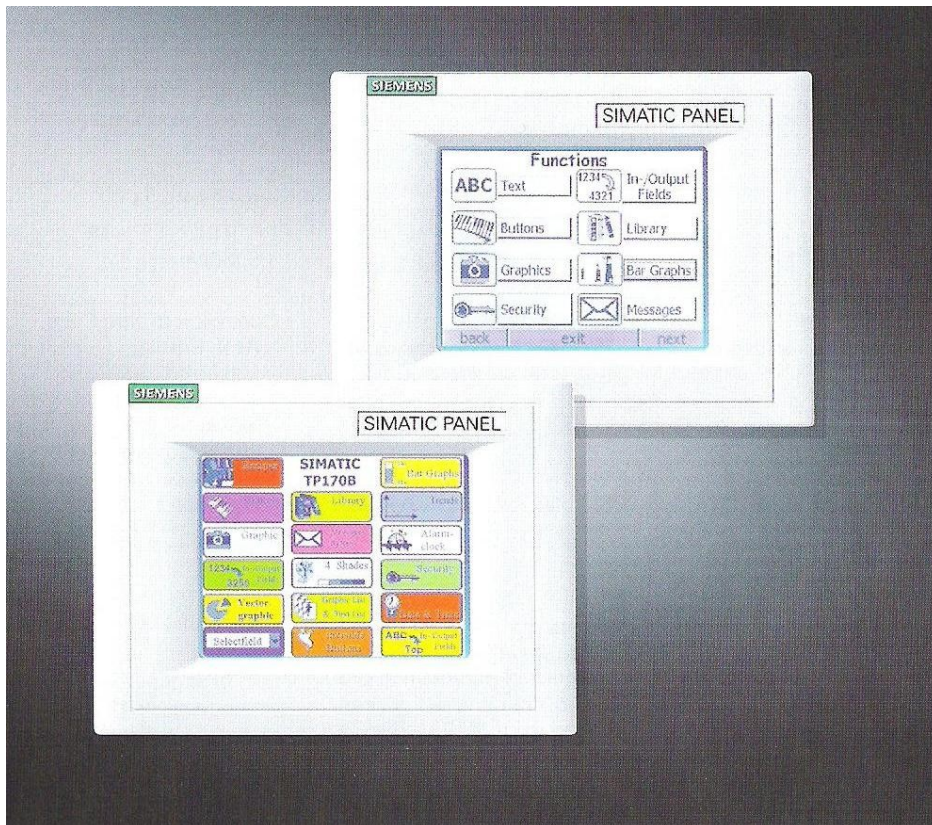
## **CORPO LAVORAZIONE (A2)**

Nel quadro elettrico del corpo di lavorazione si è installato un PLC S7-300 di Siemens con a bordo una CPU 315-2 DP, modulo di alimentazione, 3 moduli da 32 ingressi digitali, 2 moduli da 16 uscite digitali.

Ai moduli digitali di ingresso sono collegati i vari allarmi dei quadri elettrici situati nel corpo di lavorazione.

Ai moduli digitali di uscita sono collegati: la lampada allarme ottico locale e il relè allarme acustico.

Nel corpo di lavorazione è presente anche un touch panel della serie 170 di Siemens per la supervisione di allarmi, parametri e comandi dell'impianto (vedi Figura 8). Un altro pannello è presente nel corpo G (imballo e spedizione).



*Fig. 8 - Touch panel serie 170 di Siemens.*

In cabina è anche presente un multimetro digitale DIRIS di Socomec che ha il compito di rilevare i valori di grandezze in uscita ai trasformatori quali tensioni, correnti e potenze.

## **CORPO STAGIONATURA (B1)**

Nel quadro elettrico del corpo stagionatura si è installato un PLC ET200S di Siemens che fa da periferica decentrata con a bordo un'interfaccia IM151/CPU, modulo di alimentazione, 6 moduli da 4 ingressi digitali, 5 moduli da 2 uscite digitali.

Ai moduli digitali di ingresso sono collegati: i vari allarmi dei quadri elettrici situati nel corpo di stagionatura; lo stato lampade fluorescenti, luci moschicida e tapparelle.

Ai moduli digitali di uscita sono collegati: la lampada allarme ottico locale e il relè allarme acustico.

Nel quadro elettrico è anche presente un multimetro digitale DIRIS di Socomec che ha il compito di rilevare i valori di grandezze in uscita ai trasformatori quali tensioni, correnti e potenze.

Localizzati nel Corpo B1 vi sono gli interruttori a pulsante per i comandi dell'illuminazione DALI. Sono previsti pulsanti per ogni singola fascia in cui è diviso l'ambiente - corridoi centrale e laterale, fasce trasversali, reparto timbratura -.

## **CORPO IMBALLO - SPEDIZIONE (G)**

Nel quadro elettrico del corpo stagionatura si è installato un PLC ET200S di SIEMENS che fa da periferica decentrata con a bordo un'interfaccia IM151, modulo di alimentazione, 5 moduli da 4 ingressi digitali, 3 moduli da 2 uscite digitali.

Ai moduli digitali di ingresso sono collegati i vari allarmi dei quadri elettrici situati nel corpo imballo-spedizione.

Ai moduli digitali di uscita sono collegati: la lampada allarme ottico locale e il relè allarme acustico.

Nel quadro elettrico è anche presente un multimetro digitale DIRIS di Socomec che ha il compito di rilevare i valori di grandezze in uscita ai trasformatori quali tensioni, correnti e potenze.

Anche qui è installato un gateway Profibus DP/KNX per l'interfacciamento dell'impianto bus presente in questo corpo di fabbrica, che comprende a sua volta le apparecchiature di comando DALI. Per il bus konnex sono montati l'alimentatore e l'interfaccia seriale RS-232 per la programmazione, apparecchi di supporto necessari al funzionamenti dell'impianto.

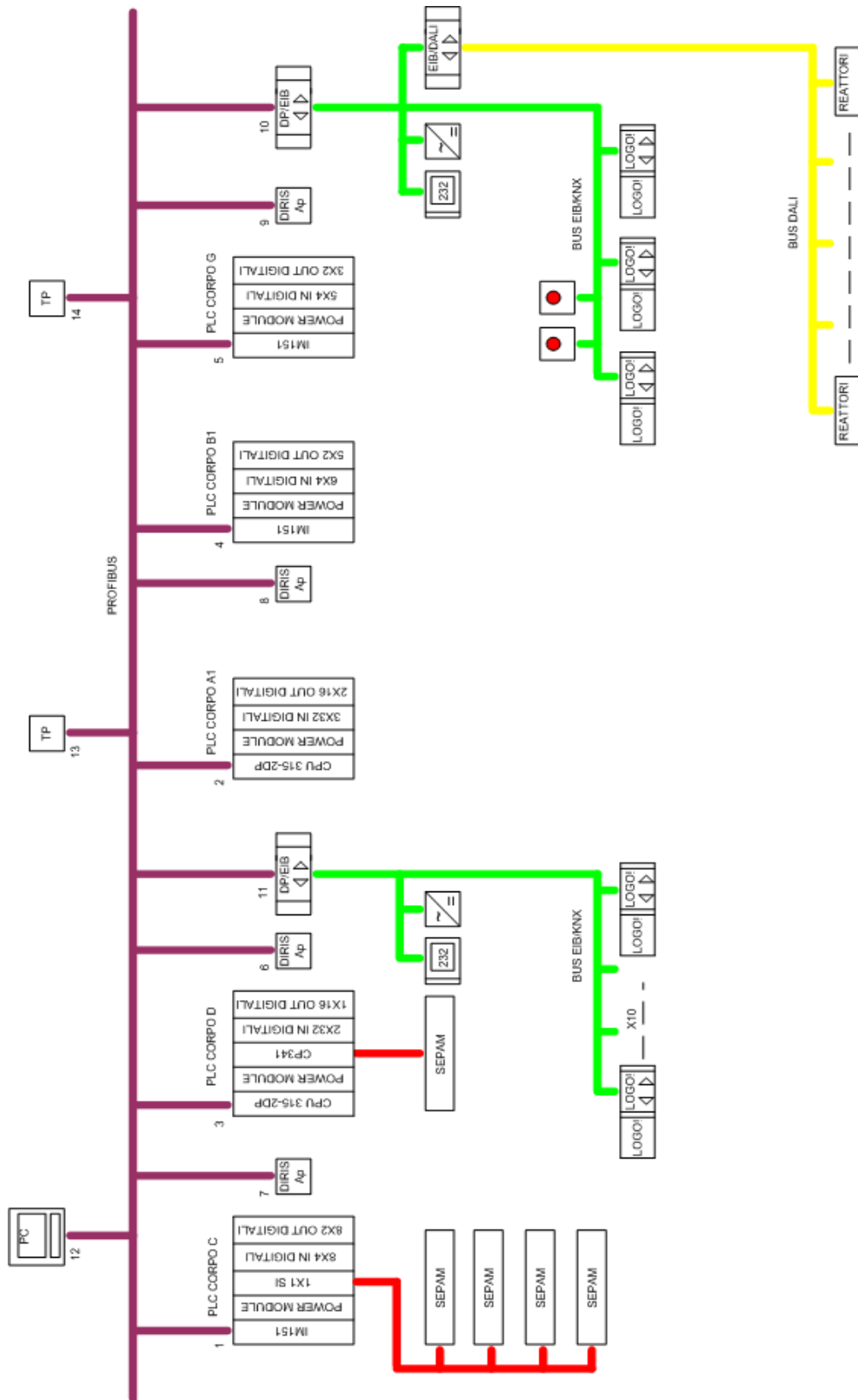


Fig. 9 - Schema dettagliato del sistema.

## 6. Progettazione e sviluppo del software

Data la struttura hardware del progetto così come descritta nel capitolo precedente, il lavoro di programmazione dei dispositivi può essere suddiviso nei seguenti compiti: programmazione dei MicroPLC Logo!, sviluppo e programmazione dei bus EIB/KNX, progettazione e sviluppo del software per i controllori programmabili Siemens in Step7, progettazione e sviluppo del sistema di supervisione su PC.

In tutte le fasi dello sviluppo si deve tenere conto delle interazioni tra i vari elementi e dispositivi e in particolare del fatto che tutto deve essere integrato nella supervisione globale.

Nel prossimo capitolo si accennerà al processo di messa in opera e avviamento del sistema (commissioning).

### MicroPLC LOGO!

Questi dispositivi vengono programmati per mezzo di un ambiente di sviluppo dedicato in modalità grafica in ambiente Microsoft Windows. Il processo richiama in maniera molto semplificata quello seguito per programmare i PLC veri e propri: configurazione dell'hardware su cui il programma girerà, raccolta dei dati sulle connessioni in input e in output e loro etichettatura, sviluppo del programma.

I linguaggi messi a disposizione da questo ambiente sono il classico Ladder - simile ad un vero e proprio schema elettrico - e un linguaggio grafico a blocchi funzionali (FBD). Tutti i dispositivi sono stati programmati per mezzo del linguaggio grafico.

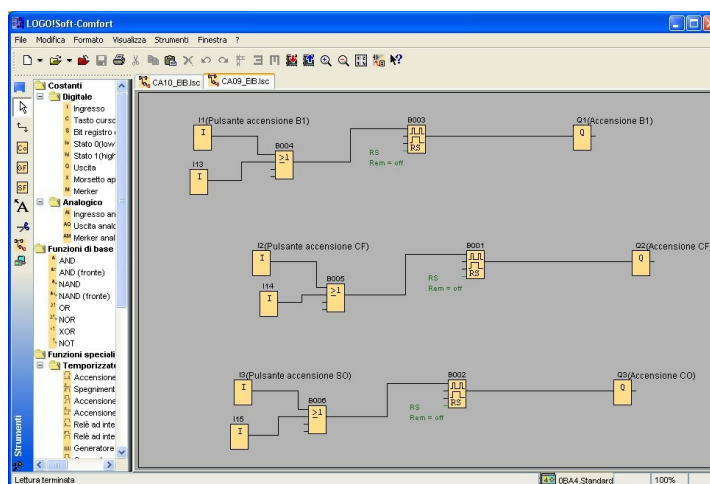


Fig. 10 - Esempio programmazione dei Logo!.

In Figura 10 si vede un esempio di come si presenta la programmazione. Questa fa uso anche di blocchi funzionali predefiniti che implementano funzioni di uso comune, come i flip-flop comandati ad impulso, le accensioni ritardate o i temporizzatori. In questo progetto, essendo i MicroPLC integrati in un Bus EIB/KNX sono presenti degli "ingressi virtuali" che corrispondono ai comandi provenienti dal bus e che consentono al sistema di supervisione di operare sui Logo!. In figura si vedono gli ingressi virtuali I13...I15 in parallelo agli ingressi reali collegati a pulsanti di comando fisici.

## **BUS EIB/KNX**

Lo standard Konnex - compatibile con il sistema EIB - è un sistema aperto in cui nello stesso impianto possono essere installati dispositivi di produttori diversi, purchè siano conformi allo standard. Coerentemente, l'ambiente di programmazione e commissioning dei sistemi KNX (ETS) non è sviluppato e fornito dai vendor, ma dal consorzio Konnex (Konnex association). Nello sviluppo di questo progetto è stata utilizzata la versione 3.0 del software.

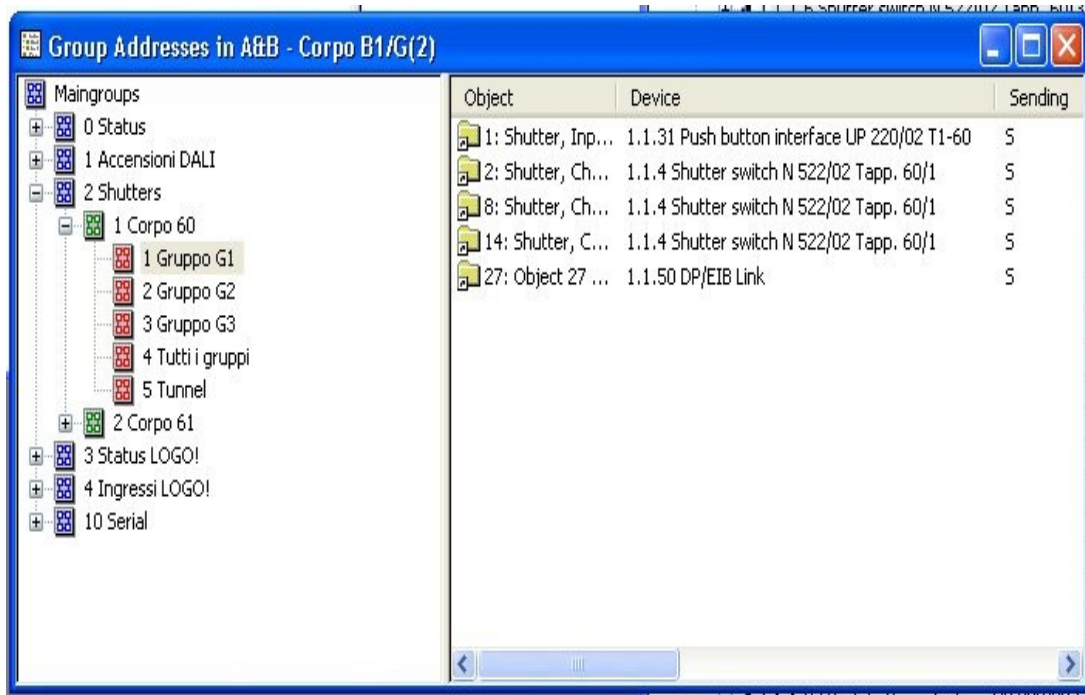
I produttori di dispositivi conformi alla standard mettono a disposizione i database dei loro prodotti che verranno importati nel sistema ETS, permettendo di progettare sistemi contenenti quei dispositivi. I database contengono le definizioni dei parametri possibili per ogni dispositivo e gli oggetti di comunicazione che esso mette a disposizione. Per i dispositivi più complessi possono essere presenti anche particolari funzioni da usare in fase di commissioning.



Number	Name	Object Function	Group Addresses
0	Safety	Safety	
1	Shutter / roller blind central, Chann...	Up / Down	
2	Shutter, Channel A	Up / Down	2/1/3, 2/1/4
3	Louvres, Channel A	Open / Closed	
4	Shutter position, Channel A	8-bit Value	
5	Louvres position, Channel A	8-bit Value	
6	Status shutter position, Channel A	8-bit Value	
7	Status louvres position, Channel A	8-bit Value	
8	Shutter, Channel B	Up / Down	2/1/3, 2/1/4
9	Louvres, Channel B	Open / Closed	
10	Shutter position, Channel B	8-bit Value	
11	Louvres position, Channel B	8-bit Value	
12	Status shutter position, Channel B	8-bit Value	
13	Status louvres position, Channel B	8-bit Value	
14	Shutter, Channel C	Up / Down	2/1/3, 2/1/4
15	Louvres, Channel C	Open / Closed	
16	Shutter position, Channel C	8-bit Value	
17	Louvres position, Channel C	8-bit Value	
18	Status shutter position, Channel C	8-bit Value	
19	Status louvres position, Channel C	8-bit Value	
20	Shutter, Channel D	Up / Down	2/1/5
21	Louvres, Channel D	Open / Closed	
22	Shutter position, Channel D	8-bit Value	
23	Louvres position, Channel D	8-bit Value	
24	Status shutter position, Channel D	8-bit Value	
25	Status louvres position, Channel D	8-bit Value	

*Fig. 11 - Programmazione dei dispositivi in ETS3.*

La prima fase nella procedura di programmazione software di un sistema KNX consiste nella progettazione della comunicazione e degli indirizzi. Ad ogni dispositivo va associato un indirizzo fisico univoco e tutte le componenti vengono organizzate secondo la loro dislocazione fisica nell'impianto ed eventualmente divisi in linee fisiche distinte se fosse necessario. ETS offre gli strumenti per inserire in un progetto i dispositivi necessari, prelevandoli dal catalogo prodotti, e per assegnare ad ognuno il proprio indirizzo. Lo standard KNX prevede l'uso di oggetti di comunicazione per descrivere i collegamenti funzionali tra i vari dispositivi. Ad ogni dispositivo sono associati uno o più oggetti di comunicazione. La programmazione avviene in sostanza assegnando a più dispositivi gli stessi indirizzi di gruppo.



*Fig. 12 - Configurazione degli indirizzi di gruppo.*

Gli indirizzi di gruppo (vedi Figura 12) sono oggetti logici che identificano le diverse funzioni da realizzare.

Ad esempio la funzione banale di associare un interruttore ad un utilizzatore si ottiene assegnando lo stesso indirizzo logico di gruppo ai due dispositivi, che risulteranno così "associati": i telegrammi di comunicazione che partono dal primo giungeranno a destinazione grazie all'identità tra indirizzi logici. Continuando con questo semplice esempio, se fosse necessario associare allo stesso utilizzatore altri interruttori sarebbe semplicemente sufficiente associare l'indirizzo logico esistente ai nuovi dispositivi. Anche da questo basilare esempio si può comprendere la flessibilità del sistema a bus rispetto ai cablaggi tradizionali.

I dispositivi non banali hanno ampia possibilità di personalizzazione attraverso parametrizzazioni previste dal produttore e attuabili dall'interno del software ETS.

## **PLC SIEMENS S7-300 E RETE PROFIBUS**

Sulla dorsale Profibus sono attestati come descritto due PLC Siemens Serie 300 e tre periferiche decentrate ET200S montati rispettivamente nei quadri elettrici centrali di ogni corpo di fabbrica. Sono presenti inoltre due dispositivi di interfaccia con i bus KNX, visti come slave DPV1 e quindi con comunicazione

aciclica e quattro multimetri digitali Diris Ap, visti come slave DPV0, oltre ai dispositivi per la supervisione di cui discuteremo nel prossimo paragrafo.

Il ruolo dei Controllori Programmabili S7-300, oltre a quello di gestire le funzioni a loro direttamente collegate, è soprattutto di gestire tutte le informazioni provenienti dal campo, nelle diverse forme, e renderle disponibili alla stazione di supervisione.

Si è scelto di configurare entrambi i PLC S7-300 come master Profibus, anche se tutti i dispositivi slave afferiscono ad uno solo dei due (quello presente nel quadro elettrico del Corpo D).

Riassumendo, i dispositivi slave che vengono gestiti dal master sono, quindi:

- tre periferiche decentrate ET200S modulari Siemens, nei tre corpi di fabbrica C, B1, G;
- quattro multimetri digitali Diris Ap per le misure in bassa tensione nelle stesse posizioni e inoltre nello stesso quadro del Corpo D;
- due gateway di comunicazione con i sistemi EIB/KNX.

La prima fase della programmazione software Step 7 quindi, coerentemente con le procedure consigliate, è stata la configurazione hardware dei controllori e di tutta la rete Profibus. Solamente per i dispositivi Diris Ap si è resa necessaria l'importazione manuale del file di configurazione GSD in S7, tutti gli altri dispositivi erano già presenti nel catalogo hardware Siemens.

Nella seconda fase - lo sviluppo vero e proprio - si è progettato e realizzato il programma che andrà a girare sul PLC master.

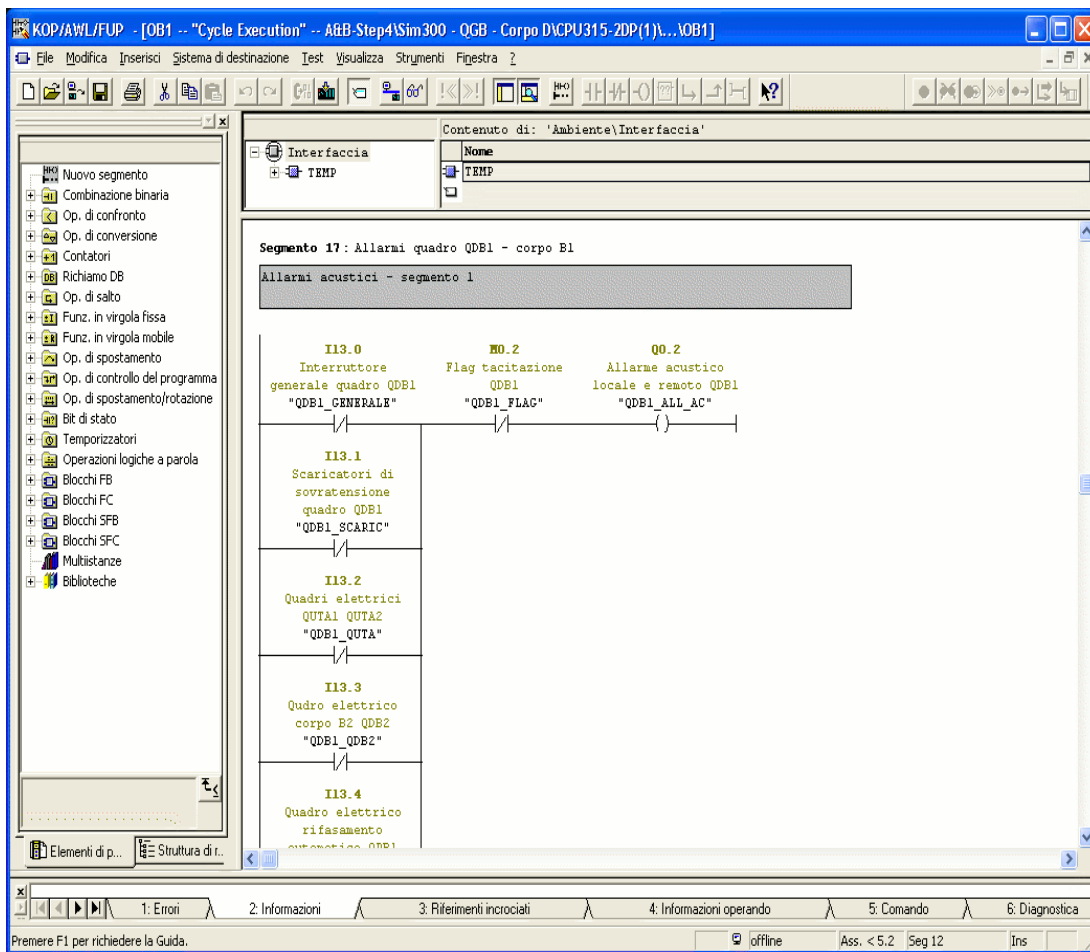
Ci concentriamo nella esposizione sul software relativo al PLC del Corpo D, dato che quello sviluppato per il secondo master (Corpo A1) è sostanzialmente un sottoinsieme del primo.

Le funzioni che il software avrebbe dovuto svolgere sono le seguenti:

#### A. GESTIONE ALLARMI OTTICI E ACUSTICI

In ogni quadro sono presenti una spia ottica di allarme e un cicalino. Entrambe queste segnalazioni devono attivarsi in caso di anomalia di qualsiasi tipo sugli interruttori presenti nel quadro relativo.

Inoltre è presente un comando a pulsante per la tacitazione dell'allarme acustico. L'allarme ottico rimane comunque attivo e viene spento solo quando viene meno la causa (scatto dell'interruttore o altro).



*Fig. 13 - Programmazione gestione allarmi ottici e acustici.*

## B. GESTIONE ALLARMI DEI RELE' E DEGLI SCARICATORI DI SOVRATENSIONE

Esistono lampade spia dedicate per gli allarmi dei relè termometrico, Bucholz, a cartellino, che vanno attivate in caso di allarme, assieme all'allarme acustico. Normalmente gli allarmi associati agli interruttori sono realizzati e cablati come contatti NC, in modo da rilevare anche la mancanza di tensione.

## C. COMANDO ESTRATTORI

Nella cabina di trasformazione (Corpo C) e nella cabina della centrale frigo (Corpo D) sono presenti degli estrattori per il raffreddamento, che sono attivati da termostati collegati in input al controllore. Nella cabina di trasformazione in particolare sono presenti due termostati e due estrattori, essendo la cabina divisa in due celle separate.

## D. COMANDO ILLUMINAZIONI ESTERNE E INSEGNE LUMINOSE

Questi utilizzatori sono gestiti da un interruttore crepuscolare e uno cronografico collegati alla periferica decentrata nella cabina Corpo C. Le

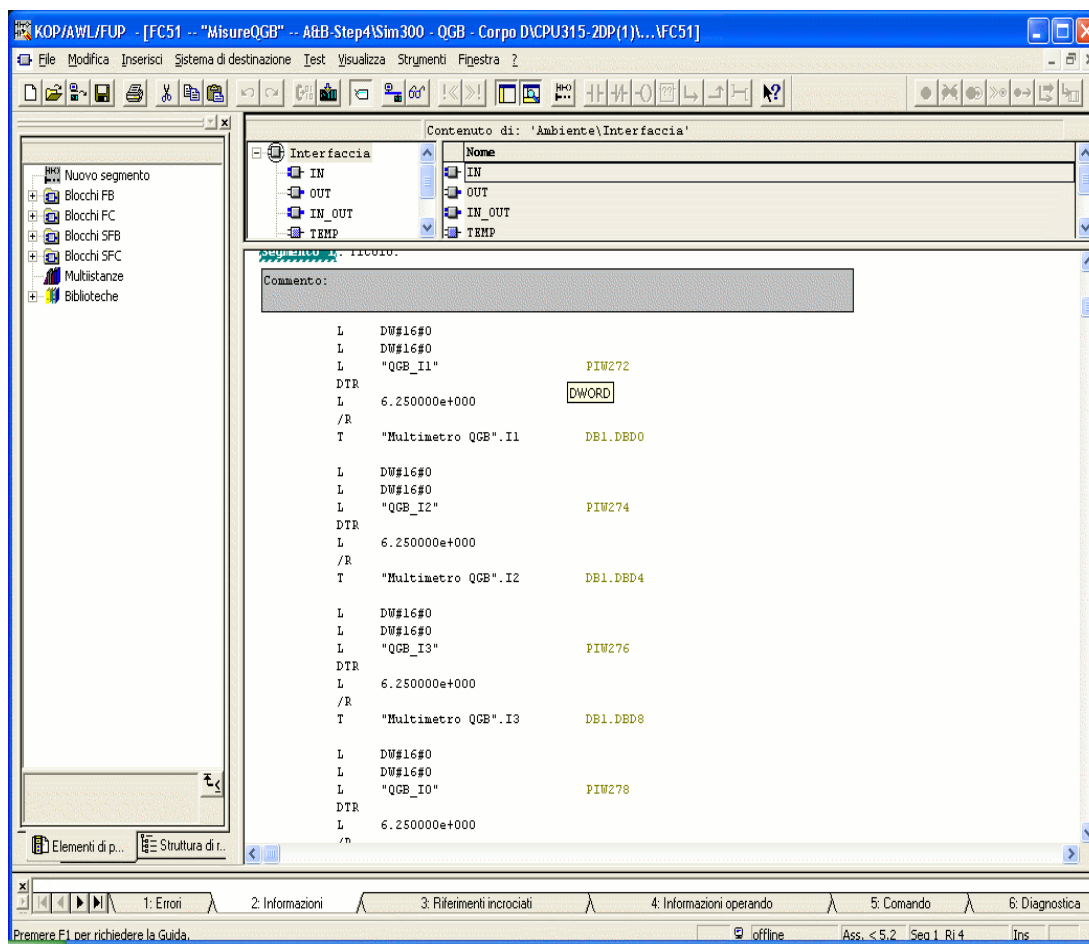
illuminazioni esterne sono divise in sei sezioni, attivate dal crepuscolare, di cui tre vengono spente dopo la mezzanotte, su segnale dell'interruttore cronografico. Tutte le luci vengono spente all'alba, comprese le insegne.

#### E. COMANDO LUCI SOTTOTETTO DEL CORPO B1

Le luci sottotetto del corpo stagionatura sono comandate da un pulsante con spia collegato all'ET200S del Corpo B1.

#### F. LETTURA MULTIMETRI DIRIS

La lettura dei valori interessanti dai multimetri Diris Ap e predisposizione per la supervisione è realizzata in linguaggio AWL trasferendo i valori letti dalla periferia in aree di memoria apposite, leggibili dal sistema di supervisione.



*Fig. 14 - Lettura valori dai multimetri Diris - sorgente AWL.*

#### G. LETTURA DEI VALORI RILEVATI DAGLI APPARECCHI SEPAM VIA MODBUS

Il PLC master e la periferica decentrata della cabina elettrica fungono da collegamento con i dispositivi di protezione e misura di media tensione Sepam via Modbus. Il software sviluppato permette la lettura dei valori interessanti

dall'area di memoria degli slave modbus e la loro memorizzazione in specifiche aree di memoria, da dove possono essere letti dal sistema di supervisione per la visualizzazione e l'archiviazione.

## H. GESTIONE DELLA COMUNICAZIONE CON I SOTTOSISTEMI KNX

I gateway di comunicazione con i sistemi Konnex/EIB, a differenza degli altri slave, supportano la comunicazione DPV1, cioè aciclica. Quindi la comunicazione tra master e slave avviene solo quando una delle variabili interessate cambia valore, limitando così il traffico sul bus e aumentando l'efficienza. Inoltre la comunicazione è bidirezionale: oltre a leggere gli stati di tutti i dispositivi presenti sul bus KNX e DALI, compresi quelli gestiti dai MicroPLC Logo!, vengono anche trasmessi dal master i comandi (accensione, spegnimento, movimento delle tapparelle etc.).

## I. SUPERVISIONE

Tutte le variabili e gli stati letti (circa un migliaio) devono essere disponibili in apposite aree di memoria per la supervisione, correttamente strutturate ed etichettate.

L'ambiente di sviluppo Step7 permette di sviluppare il software usando linguaggi di programmazione diversi, anche nello stesso progetto, in accordi con lo standard IEC 61131. Per le funzioni A-E, realizzate direttamente nel blocco principale OB1, si è scelto il linguaggio Ladder (Siemens KOP), mentre le altre funzioni, più complesse e articolate in funzioni richiamate dal programma principale, sono sviluppate nel linguaggio IL (instruction list, Siemens AWL).

## **SISTEMI DI SUPERVISIONE**

### TOUCH PANEL

La funzione principale dei due pannelli presenti è quella di visualizzare e segnalare lo stato degli allarmi del quadro a cui si riferiscono e in cui sono installati, per mezzo di una o più schermate grafiche.

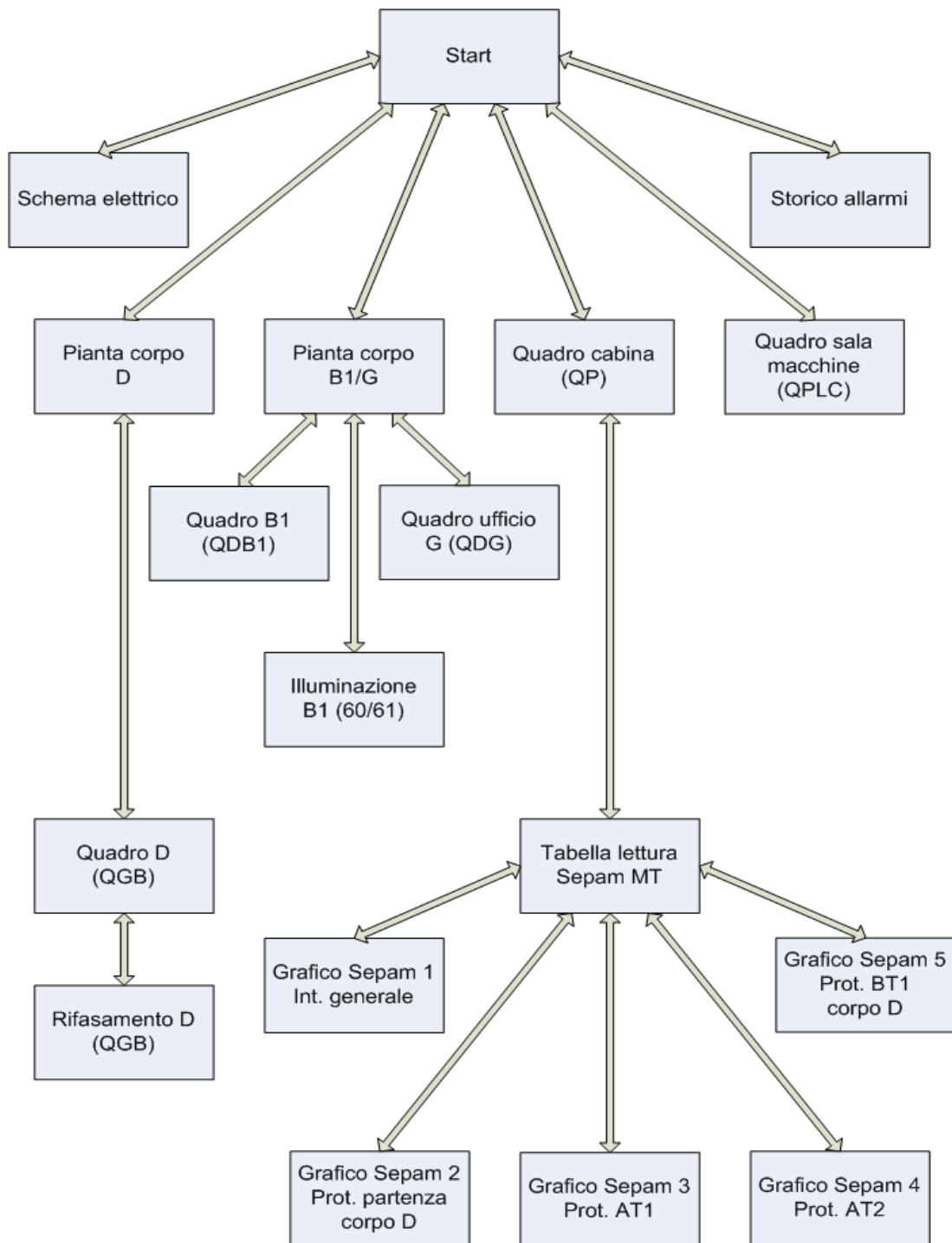
### SUPERVISIONE PC BASED

Il sistema di supervisione che gira sulla stazione PC realizza appieno la funzione di centralizzare tutte le funzioni dell'impianto.

### SVILUPPO DELL'INTERFACCIA GRAFICA.

In questa fase è stato progettato e realizzato il layout grafico delle varie pagine e la struttura di navigazione e di collegamento fra le pagine stesse. Linea guida della progettazione è stata la massima semplicità e linearità dell'interfaccia, per permettere al personale che andrà ad utilizzare il sistema di operare senza difficoltà. All'apertura del sistema viene presentata una vista in pianta dello

stabilimento che permette di accedere ai quadri di dettaglio con semplici click sui vari corpi di fabbrica, oltre che per mezzo di pulsanti. Lo schema di navigazione è presentato in Figura 23.



*Fig 15 - Schema di navigazione.*

E' presente uno schema semplificato delle cabine di trasformazione (Figura 16) in cui sono riportati lo stato di interruttori e sezionatori, oltre alle misure più rilevanti (correnti, tensioni e potenze). Il dettaglio di tutte le misure rilevate dalle apparecchiature di protezione delle celle di media tensione, assieme alla loro rappresentazione grafica storica è rappresentato in una tabella riassuntiva (Figura 17).

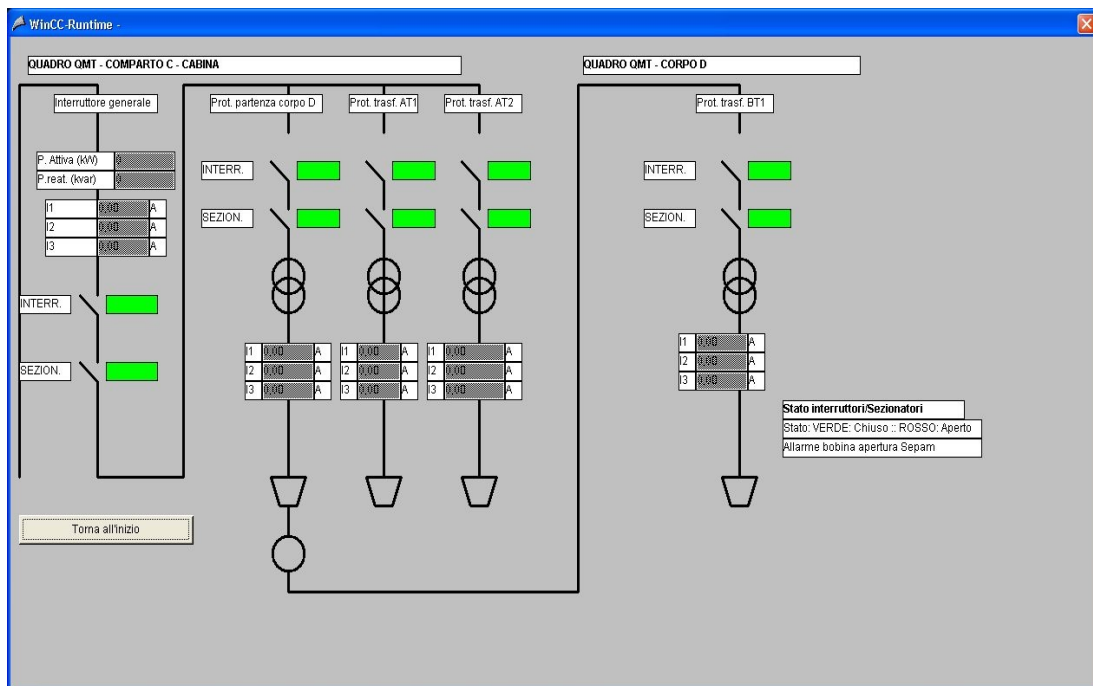


Fig 16 - Schema semplificato cabine di trasformazione.

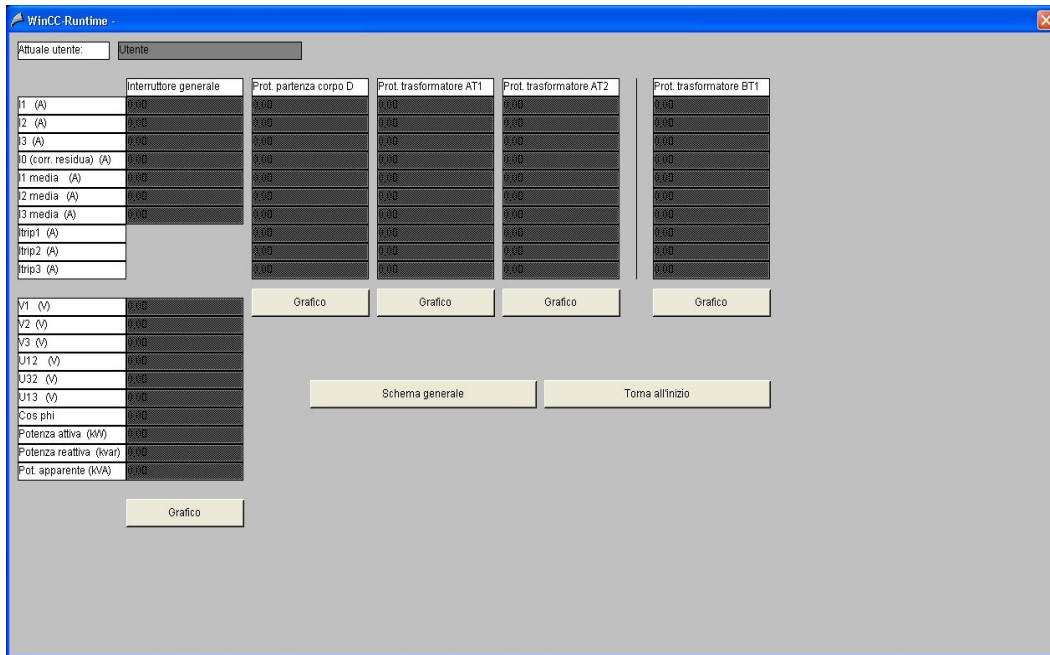


Fig 17 - Visualizzazione dei valori delle celle di media tensione.

Per le aree di stabilimento in cui sono presenti e gestite automazioni per gli utilizzatori sono presenti rappresentazioni in pianta (Figura 18 per il Corpo D) che presentano in forma grafica lo stato dei detti utilizzatori - stato delle accensioni e stato delle lampade di segnalazione porta aperta per le celle, stato delle lampade moschicide -, oltre ai pulsanti per il comando remotato. E' possibile quindi dalla postazione centrale comandare tutti gli utilizzatori presenti nell'impianto.

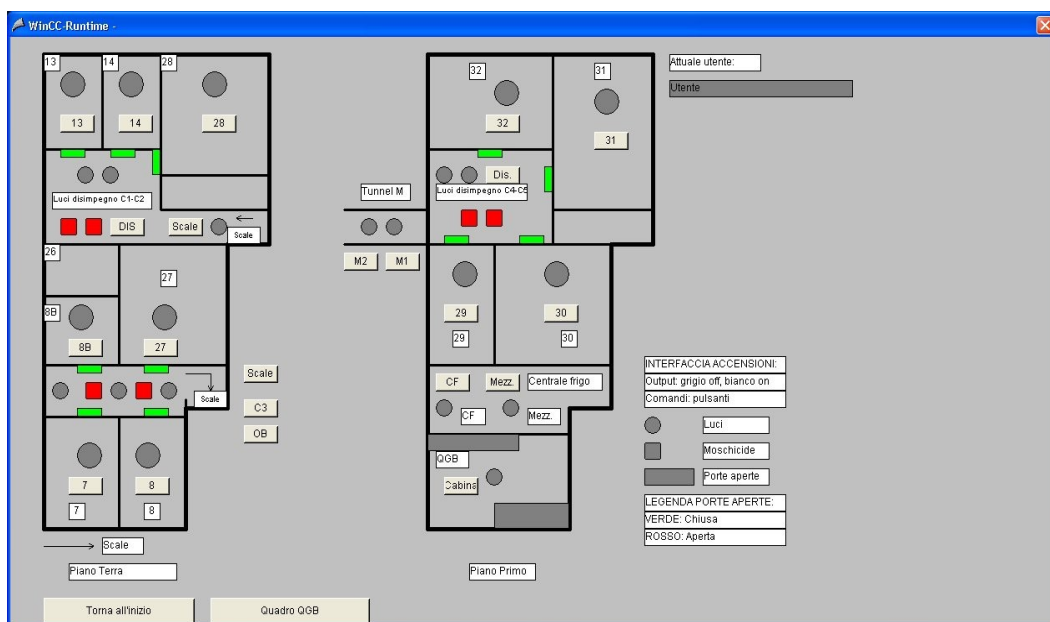
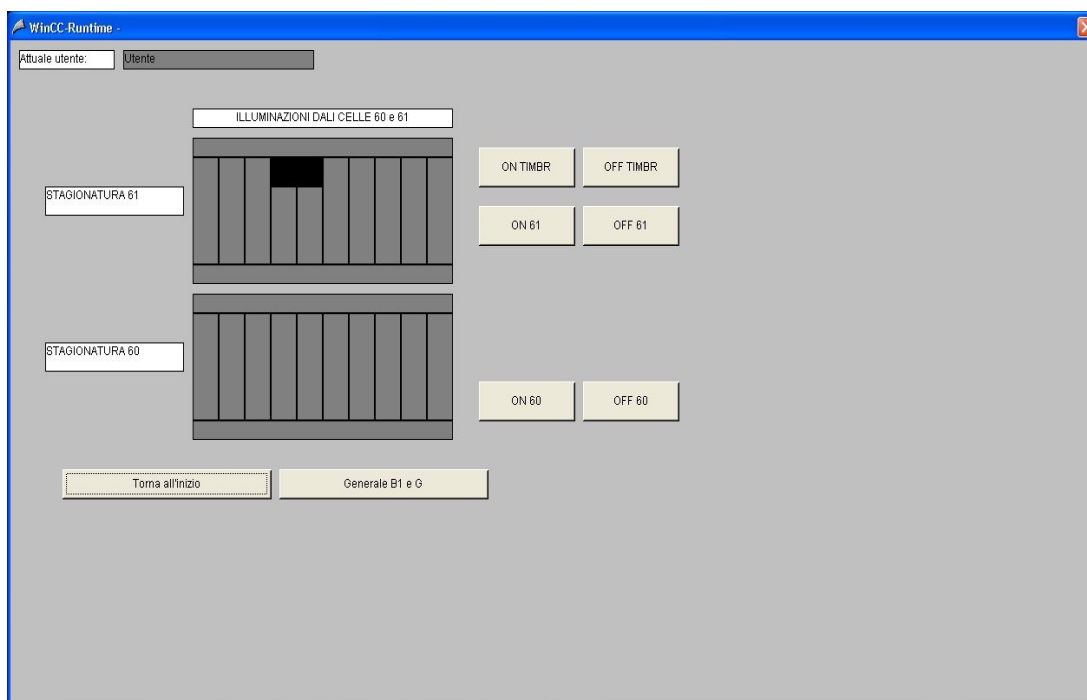


Fig 18 - Pianta Corpo D.

In particolare nella rappresentazione dell'impianto DALI del Corpo B1 (Figura 19) sono rappresentate le aree in cui sono state logicamente divise le lampade a fluorescenza in fase di programmazione del bus. Si distinguono fasce longitudinali che rappresentano i corridoi laterali, fasce trasversali che rappresentano le diverse sezioni del reparto di stagionatura dedicate a diversi lotti e clienti, che possono essere comandate indipendentemente, oltre al reparto timbratura, ricavato all'interno del corpo di fabbrica.



*Fig 19 - Suddivisione lampade a fluorescenza in varie aree.*

La Figura 20 rappresenta un esempio delle pagine dedicate ai singoli quadri elettrici, in cui sono rappresentati gli allarmi relativi al quadro, lo stato della lampada di allarme e del cicalino, un pulsante per la tacitazione remota dell'allarme acustico, oltre alla rappresentazione testuale e grafica delle misure rilevate del multimetro presente in quel quadro.

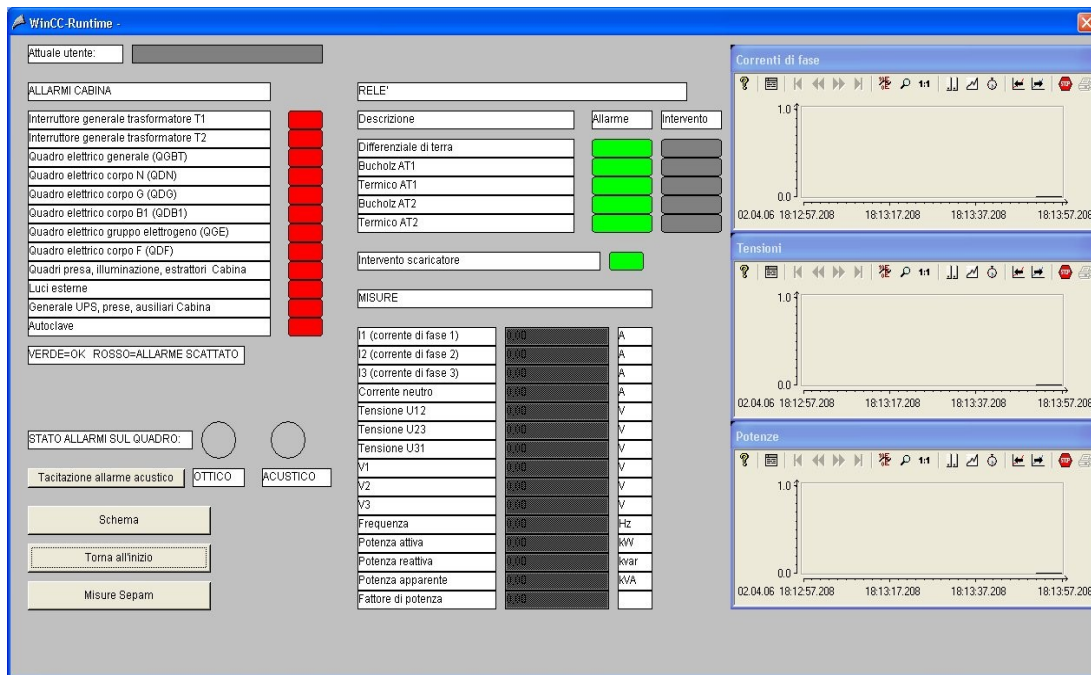


Fig 20 - Esempio di schermata relativa ad un quadro elettrico.

## INTERATTIVITA'

La visualizzazione di stati e di variabili è realizzata leggendo le variabili che in fase di programmazione dei PLC sono state predisposte per la supervisione, eventualmente scalando opportunamente i valori analogici per presentarle e archivarle nell'unità di misura più opportuna.

I comandi che vengono trasmessi al bus KNX vengono scritti dal software di supervisione - via Profibus - su aree di memoria predisposte nel PLC e da questo inviati al gateway sempre tramite la rete Profibus, sfruttando la comunicazione aciclica DPV1. La navigazione tra le pagine è realizzata con pulsanti, in armonia con l'interfaccia grafica dei programmi Windows.

## 7. Cenni su messa in opera e collaudo

Si vuole accennare in questa parte alle problematiche che si presentano nel cosiddetto 'commissioning' di un impianto di automazione, in particolare nella installazione e ottimizzazione del software sviluppato nei vari dispositivi.

In generale la fase di trasferimento e installazione del software mette in luce errori e incompatibilità non rilevate in fase di sviluppo, soprattutto nel caso di applicazioni industriali e di automazione in cui non è possibile ricreare in fase di sviluppo tutte le condizioni del campo. E' fondamentale una buona progettazione del software e una integrazione di questa con la progettazione dell'impianto - specifiche dell'hardware e cablaggi di rete per esempio - per limitare al massimo gli imprevisti in fase di installazione.

## 8. Conclusioni

La realizzazione presentata è un esempio della convergenza digitale in ambiti un tempo completamente avulsi da applicazioni di tal genere, come l'impiantistica elettrica e il controllo degli edifici. Lo stato dell'arte permette ormai, per mezzo di PC standard, la visualizzazione ed il controllo di sistemi anche diversi tra loro: sarebbe stato possibile integrare in un unico sistema di supervisione ad esempio l'impianto antifurto e di videosorveglianza, oltre al resto dell'impianto elettrico, l'impianto di climatizzazione dei locali e il controllo accessi per i dipendenti.

In conclusione possiamo affermare che la tendenza sia quella verso la digitalizzazione e la convergenza di tutti i sistemi verso alcuni protocolli standard (Ethernet, TCP/IP, Web).