

## PARTE TERZA

# *PROGETTAZIONE ELETTRICA di un impianto comandato da PLC*

### **Premessa**

In questo testo si considera che il progettista delle parti elettriche sia anche la persona che poi scrive il programma.

Dato che la programmazione dei PLC oggi si esegue fondamentalmente con programmi che ricalcano concetti di elettrotecnica, un esperto di questo settore è la persona più indicata per fare entrambe le cose: progetto e programma.

Non è concepibile che il softwerista sia ignorante in fatto di elettrotecnica, e nemmeno che il progettista del quadro di comando sia ignorante a proposito di elettronica e PLC.

Scindere in due questa figura è tutto sommato controproducente: più persone partecipano alla realizzazione di un progetto, più è difficile trovare il responsabile di un qualunque errore.

Anche se in seguito si troveranno citate entrambe le figure, “progettista elettrico” e “programmatore”, in realtà si intende la stessa persona, ma che sta svolgendo compiti diversi.

### 3.0 GENERALITA'

Quando si decide di progettare una macchina od un impianto, è indispensabile nelle varie fasi della progettazione siano presenti anche il progettista elettrico ed il softwerista. Viceversa la loro assenza può comportare scelte sbagliate, o anche sottovalutazioni della parte impiantistica.

Tipicamente poi queste lacune si manifestano in fase di collaudo e possono riservare brutte sorprese, alle quali per rimediare occorre metter mano al portafogli.

Il PLC è un componente elettronico cieco; i suoi occhi sono composti da i sensori, fotocellule e finecorsa : più ne sono installati e più il PLC si rende conto di quello che sta facendo.

Allo stesso modo la mancanza di attuatori, comporta per il PLC l'impossibilità di comandare determinati processi, rendendolo in parte inservibile.

Il committente quindi deve comunicare al programmatore tutte le sue necessità, sia di produzione che di gestione e di esercizio, cosicché questo sia nelle condizioni di operare le giuste scelte per raggiungere lo scopo.

Tenete sempre in mente, e comunicatelo anche al cliente, che un impianto ben consegnato comporta notevoli vantaggi, quali :

- ◇ ottimizzazione del ciclo di funzionamento,
- ◇ rapida possibilità di cambio formato,
- ◇ migliore controllo di anomalie,
- ◇ statistiche sul funzionamento e sulla produzione,
- ◇ veloce individuazione di guasti e/o punti deboli della macchina o impianto.

Dato che per conseguire un buon risultato, è necessario prendere in considerazione molti fattori, se ne evidenzieranno ora alcuni che possono costituire la base per il progetto :

1. Ai fini di ordinare il PLC, individuare bene la giusta quantità di I/O necessari
2. controllare la quantità di I/O da destinare a riserve;
3. A seconda delle esigenze del cliente, di verificare le tensioni di funzionamento;
4. Ai fini della sicurezza, osservare le norme tecniche;
5. Ai fini di costruire il quadro, stabilire potenza di trasformatori ed alimentatori;
6. Al fine di cablare il quadro, numerare tutti i collegamenti con un criterio logico e semplice per le operazioni di ricerca guasti.
7. Al fine di ottimizzare il lavoro degli elettricisti, suddividere gli ingressi e le uscite in gruppi coerenti a seconda delle funzioni che svolgono, o meglio della zona dalla quale provengono.

Tali indicazioni sono naturalmente di carattere generale, in quanto non è possibile dare dei suggerimenti specifici, dato che ogni impianto ha esigenze diverse.

### 3.1 INDIVIDUAZIONE DEGLI I/O

La prima fase che deve essere intrapresa per progettare un impianto controllato da un PLC è quella di individuare cosa quest'ultimo deve fare.

Questa operazione è molto complessa perché deve dare risultati precisi.

Da tali risultati si deve ricavare :

- il numero di utenze da collegare (corrispondenti alle uscite)
- il numero di segnali di comando necessari (corrispondenti agli ingressi).

Non esistono regole tecniche o norme su questo argomento, ma come già detto, ogni caso deve essere valutato singolarmente.

Ad esempio collegare ogni singolo relè termico di un MCC ad un proprio ingresso del PLC potrebbe sembrare impegnativo sia come cablaggio che come costo, ma il vantaggio potrebbe essere la continuità di servizio : il PLC ricevuto il segnale di guasto di un motore può autonomamente decidere di avviarne uno di riserva, oppure avvisare un utente non esperto su quale motore deve essere eseguire il controllo.

#### 3.1.1 Calcolo delle Uscite

Questa prima scelta non dipende dal progettista elettrico.

Per calcolare quante uscite sono necessarie si deve fare riferimento all'elenco delle utenze da azionare che deve fornire il progettista meccanico o processista.

Le uscite possono essere analogiche o digitali.

Esempio di uscite digitali	Esempio di uscite analogiche
<ul style="list-style-type: none"> <li>* motori,</li> <li>* valvole,</li> <li>* serrande,</li> <li>* ventilatori,</li> <li>* riscaldatori</li> <li>* ecc.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* inverter per la regolazione della velocità di motori;</li> <li>* posizionatori per il controllo di valvole e sistemi di regolazione</li> <li>* sistemi di controllo di temperatura, pressione, portata, ecc..</li> </ul>

Se invece il PLC costituisce una building-automation, dovrà essere il progettista degli impianti dell'edificio ad indicare cosa è necessario comandare, regolare e controllare; ad esempio :

Esempio di uscite digitali	Esempio di uscite analogiche
<ul style="list-style-type: none"> <li>* illuminazione corridoi,</li> <li>* luci di stanze comuni</li> <li>* luci/prese di stanze singole</li> <li>* luci esterne</li> <li>* impianti di riscaldamento</li> <li>* gruppi di condizionamento</li> <li>* pompe di circolazione</li> <li>* ventilatori,</li> <li>* ecc.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* regolazione della velocità di motori per la ventilazione;</li> <li>* controllo di valvole del riscaldamento e/o condizionamento;</li> <li>* regolazione della luminosità negli ambienti</li> <li>* ecc..</li> </ul>

Nel caso di utilizzazione delle uscite analogiche, è opportuno fare le dovute considerazioni sul rapporto prezzo/prestazioni, dato il notevole loro costo.

### 3.1.2 Calcolo degli ingressi

Calcolare quanti ingressi necessita un PLC per eseguire il controllo di un determinato processo è totalmente a carico del suo progettista.

Per eseguire questa scelta è necessario fare una analisi molto attenta su macchine e/o impianti; ad esempio si può iniziare rispondendo alle seguenti domande :

<b>rif.</b>	<b>Domande</b>	<b>Possibili risposte</b>
A1	Chi comanderà il processo ?	<ul style="list-style-type: none"> <li>• un operaio generico,</li> <li>• un tecnico, ecc.</li> </ul>
A2	Con quale tipo di strumenti ?	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Una pulsantiera,</li> <li>• un PC, ecc.</li> </ul>
A3	Da dove verrà comandato ?	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Da un unico punto,</li> <li>• da più pulpiti,</li> <li>• ...</li> </ul>
B	Ci sono particolari esigenze di continuità di servizio ?	
C1	Il funzionamento che si vuole ottenere deve essere completamente automatico ?	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sì,</li> <li>• no parziale, ...</li> </ul>
C2	Serve anche il funzionamento manuale ?	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Solo per manutenzione,</li> <li>• solo per operazioni di carico/scarico,</li> <li>• solo per l'avviamento giornaliero, ...</li> </ul>
D	Il processo seguito dal PLC dipende anche da altre macchine ?	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sì, ma solo in parte</li> <li>• no, è autonomo, ...</li> </ul>

Dopo aver risposto alle domande precedenti, sulla base delle indicazioni fornite dal committente e dagli altri progettisti (meccanico, di processo, ecc.), analizzate il seguente decalogo :

Domande	Possibili risposte
verificate se sono presenti consensi da funzioni di sicurezza (pulsanti di emergenza, sbarramenti, ecc.)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• è necessario acquisirle singolarmente,</li> <li>• oppure complessivamente in un'unica serie ?</li> </ul>
Se l'impianto ha relè termici, verificate come acquisire i contatti	<ul style="list-style-type: none"> <li>• E' più comodo acquisirli singolarmente,</li> <li>• o più economico collegarli in serie ad un unico ingresso di "scatto termico"</li> </ul>
Per garantire un funzionamento corretto il PLC deve controllare la presenza di tutte le tensioni di comando	<ul style="list-style-type: none"> <li>• tramite relè appositi,</li> <li>• tramite contatti sui magnetotermici</li> <li>• controllando relè già previsti per altre funzioni (ad esempio di emergenza)</li> </ul>
Esaminate che tipo di comandi sono necessari per il funzionamento in automatico	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pulsanti Start / Stop Ciclo Automatico;</li> <li>• Selettore di ciclo</li> <li>• Selettore di prodotto</li> <li>• Esclusori per determinati processi</li> </ul>
Verificate che tipo di comandi sono necessari per il funzionamento manuale	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Un pulsante per ogni utenza,</li> <li>• Una coppia Start/stop per ogni utenza,</li> <li>• Un pulsante con un preselezionatore per comandare una utenza alla volta.</li> </ul>
Se il PLC controlla organi in movimento sono necessari dei finecorsa	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ogni movimento necessita di almeno due finecorsa;</li> <li>• verificare ogni parte meccanica con il progettista per verificare quanti finecorsa sono necessari, e di che tipo sono;</li> </ul>

<p>Se il PLC controlla movimenti di precisione, vengono generalmente installati encoder</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ogni encoder necessita di un particolare ingresso ad esso dedicato</li> <li>• controllate se la velocità degli impulsi trasmessi dall'encoder è compatibile con il PLC.</li> </ul>
<p>Verificate la necessità di acquisire segnali analogici quali temperature, pressioni, portate, ecc..</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Temperature</li> <li>• Pressioni</li> <li>• Portate, ecc..</li> </ul>
<p>nelle building automation verificare se è necessario acquisire la posizione di interruttori magnetotermici e/o differenziali</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• tramite contatti di posizione (il PLC scova anche manovre non autorizzate);</li> <li>• tramite contatti che segnalano lo sgancio per guasto (il PLC controlla i guasti ma non le manovre)</li> <li>• tramite relè di presenza tensione, da usarsi nei casi in cui il PLC controlla circuiti di sicurezza</li> </ul>
<p>Se l'impianto è particolarmente "delicato" prevedete il controllo del valore della tensione e delle correnti assorbite.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nel PLC dovete installare ingressi analogici in numero sufficiente (occorre però un convertitore 0-220V / 4-20mA, oppure 0-5A / 4-20mA)</li> </ul>
<p>Controllate se l'impianto ha circuiti vitali o comunque che necessitano continuità di servizio</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fate installare interruttori motorizzati con manovra di apertura a lancio di corrente;</li> <li>• prevedete contattori con la possibilità di comando manuale, oppure Normalmente Chiusi</li> </ul>

A questo punto dovrete aver individuato quanti segnali di ingresso e di uscita necessita il vostro plc, e potete passare alla scelta di quante acquistarne in più da destinare come riserve.

### **3.2 CALCOLO DELLE RISERVE**

Anche per scegliere quanti ingressi e uscite destinare a riserve non si possono applicare delle regole precise; il criterio qui utilizzato suddivide il progetto in macchina "finita" o impianto prototipo.

#### **3.2.1 PLC su Prototipi**

Per i prototipi o impianti comunque privi di precedenti esperienze è preferibile mantenere almeno un 30 % di ingressi ed uscite di riserva.

Queste riserve dovrebbero essere in sufficiente numero per eventuali ampliamenti e modifiche in fase di prove e collaudi.

Ne quadri che ospitano i PLC deve anche essere mantenuto spazio per l'aggiunta di altri moduli ed altri rack.

#### **3.2.2 PLC su Macchine di serie**

Per gli impianti o le macchine costruite in serie, la riserva di ingressi e uscite può essere anche inferiore al 10% : quanto basta al cliente finale per aggiungere qualche personalizzazione o interfaccia con altri impianti.

In questi casi è meglio limitare appositamente le possibilità di espansioni per non dare la possibilità di stravolgere il programma che si è già ampiamente collaudato.

### 3.3 CRITERI DI SICUREZZA

Normalmente il PLC è inserito in un quadro nel quale sono presenti più circuiti elettrici a tensioni differenti. Generalmente le tensioni più usate sono :

Tipo di circuito	Tensione	Frequenza
Circuiti di Potenza	<b>400 V</b>	<b>50Hz</b>
Circuiti di comando	<b>24 V</b>	<b>50Hz</b>
Segnali di ingresso al PLC	<b>24 V</b>	<b>cc</b>

Tutto ciò necessita l'osservanza di determinati criteri di sicurezza per i quali si fa tipicamente riferimento alla EN 60204-1 (CEI 44-5)

Può comunque essere osservata anche la CEI 64-8 (IEC 364).

#### 3.3.1 PLC & Sicurezza

Il primo concetto fondamentale è che i PLC non devono essere utilizzati per funzioni di sicurezza.

Sono allo studio normative specifiche per PLC appositamente destinati alla gestione della sicurezza, ma per ora il loro uso è vietato.

Per macchine la cui analisi dei rischi richiede dispositivi di sicurezza quali il pulsante di emergenza, è necessario progettare circuiti in logica cablata svincolati dal PLC.

Il PLC potrà eventualmente essere utilizzato per acquisirne gli stati al fine di :

- ◇ arrestare tutti gli attuatori ai quali l'emergenza si riferisce,
- ◇ segnalare all'operatore quale dispositivo di sicurezza ha causato l'arresto,
- ◇ segnalare la possibilità di riavviare l'automatismo al ripristino dell'emergenza,

### 3.3.2 Elettricità & Sicurezza

Il fatto di avere tensioni diverse all'interno dello stesso quadro comporta la necessità di prendere opportune precauzioni sia per la sicurezza degli operatori che per quella delle apparecchiature.

Le precauzioni da prendere, in ordine di importanza, sono :

- 1) adottare circuiti di comando di tipo FELV o con grado di sicurezza superiore;
- 2) utilizzare conduttori di colori diversi
- 3) numerare correttamente i conduttori con criteri logici (potenza, comandi, ecc.);

Per i particolari sugli obblighi normativi si rimanda alle norme specifiche sopra citate.

### 3.3.2 Affidabilità dei segnali di ingresso

I segnali di ingresso del PLC potrebbero subire l'influenza di disturbi elettromagnetici esterni, così sono consigliabili alcune precauzioni.

Visto che i disturbi provengono solitamente dai cavi di potenza, occorre utilizzare morsettiere e canaline separate tra questi ultimi ed i cavi degli ingressi (soprattutto se nell'impianto vi sono inverter e/o carichi con frequenti commutazioni).

Per i cavi di lunghezze rilevanti risulta appropriato usare cavi schermati, anche se sono ingressi digitali; tale precauzione risulta spesso indispensabile se si connettono sensori di prossimità o capacitivi e nell'impianto vi sono motori con regolazione elettronica.

### 3.4 TRASFORMATORI ED ALIMENTATORI

Per l'alimentazione dei circuiti ausiliari e del PLC, qualunque sia la tensione di funzionamento, è sempre preferibile un trasformatore di separazione con primario alimentato a 380V (o comunque alla tensione tra le fasi).

Questo sia perché per la norma EN 60204-1 il neutro è vietato (e quindi non è utilizzabile la tensione stellata - tipicamente 220V), sia per limitare l'influenza di sovratensioni dannose che si manifestano con maggiore frequenza tra le fasi ed il neutro (sovratensione di modo comune), e non tra fasi stesse.

#### 3.4.1 Alimentazione degli ingressi

Per quanto riguarda l'alimentatore per gli ingressi si deve considerare l'assorbimento di circa 10-15 mA per ogni ingresso, e calcolare la massima quantità di ingressi che possono essere attivi contemporaneamente.

Per i PLC con pochi ingressi è sufficiente utilizzare l'alimentatore che incorporano, il quale fornisce solitamente non più di 200-300 mA.

Per l'alimentatore in genere si installa :

-	Descrizione	Caratteristiche
1	Trasformatore	Primario 400 V - 50 Hz Secondario 20V Potenza 50VA
2	Ponte raddrizzatore	500V - 5A
3	Condensatore elettrolitico	60V, 4 700 $\mu$ F (tipicamente 2 000 $\mu$ F per ogni ampere erogato)

In alternativa si può acquistare un alimentatore stabilizzato 24Vcc con amperaggio adeguato all'assorbimento degli ingressi.

Data la buona immunità ai disturbi raggiunta oggi dai moduli di ingresso dei PLC, nessun costruttore richiede l'installazione di alimentatori ad elevate prestazioni (come ad esempio quelli switching) : il raddrizzamento compiuto dal ponte di graetz con il condensatore è più che sufficiente.

### 3.4.2 Alimentazione delle uscite

Tensioni standardizzate per gli ausiliari sono, in ca : 24V, 110V, 220V.

Tipo	Tensione	Possibili Applicazioni
ca	<b>220 V</b>	Quadri di modeste dimensioni con contattori modulari (DIN)
ca	<b>24 V</b>	Tipici quadri di automazione industriale
ca	<b>110 V</b>	Grossi quadri di automazione, indispensabile quando la tensione ausiliaria circola su cavi di lunghezza considerevole e soprattutto quando ci sono da eccitare contattori di grosse dimensioni.
cc	<b>24 V</b>	Impianti di piccole dimensioni alimentati da batterie
cc	<b>48 V</b>	Impianti di medie dimensioni alimentati da batterie

Per le uscite ed i circuiti di comando si possono usare circuiti FELV alimentati da trasformatori di tipo normale (non di sicurezza).

Per quadri di piccole dimensioni, e per evitare l'installazione di un trasformatore, si possono usare anche bobine a 220V.

Per dimensionare il trasformatore di alimentazione delle uscite, si deve fare riferimento alla potenza assorbita dai relè e dai contattori, considerando anche lo spunto dei contattori più grossi.

[seguirà spiegazione dettagliata da cercare su qualche catalogo tecnico]

### 3.5 ASSEGNAZIONE DEGLI I/O

Dato che il PLC è suddiviso in moduli, il criterio più semplice di organizzare i collegamenti è quello di assegnare ciascun a modulo :

1. “Per tipologia” - segnali dedicati ad un gruppo di funzioni ben determinate, oppure
2. “Per Zona” - segnali provenienti da determinate zone dell'impianto.

#### 3.5.1 Ingressi

Per gli ingressi si propone qui uno schema di organizzazione che può essere utilizzato come esempio per il controllo di una macchina :

<i>Modulo</i>	<i>Descrizione</i>
1	per i comandi dall'operatore (pulsanti, selettori, ecc.),
2	per acquisire lo stato dei relè termici, e di anomalie elettriche,
3	per i segnali provenienti da una prima area della macchina,
4	per i segnali provenienti da una seconda area
5	per i segnali analogici in ingresso
6	per segnali provenienti da encoder
7	per i segnali provenienti dall'impianto a monte,
8	di riserva

Come si vede questa organizzazione soddisfa sia il criterio “per funzione” sia quello “per provenienza”.

In effetti il modulo 1 acquisisce segnali aventi un'unica funzione (comandi dell'operatore) che un'unica provenienza (il pulpito di comando).

### 3.5.2 Uscite

Per le uscite è utile citare due sistemi di assegnazione:

A. a seconda del collegamento con l'organo elettrico : tutti i relè, tutti contattori, le elettrovalvole, ecc..

B. a seconda dell'area dell'impianto o della macchina, nella quale tali uscite operano.

La suddivisione A può essere la più semplice per il cablaggio, ma quella che offre meno affidabilità a impianti che lavorano in ciclo continuo.

### 3.5.1 Numerazione

Per quanto riguarda la numerazione dei collegamenti, che di solito viene fatta dai quadristi numerando progressivamente i conduttori dal numero 1 in avanti, è bene fare una riflessione : in primo luogo ha delle serie limitazioni e scarsissima flessibilità, secondariamente questo metodo non è quello consigliato dalle normative.

Dato che il PLC modulare ha un sistema che numera ciascun morsetto dei moduli in esso inseriti, perché non utilizzare lo stesso metodo ?

In questo modo sia le assegnazioni fatte dal programmatore che i conduttori risultano avere lo stesso identico numero.

Il sistema si compone normalmente di una coppia di numeri (talvolta separati da punti e talvolta completamente uniti), che si traduce in questo modo :

I. un primo numero del sistema di numerazione, composto da due cifre, identifica il numero del modulo;

II. un secondo numero di due cifre identifica il morsetto del modulo.

Ad esempio il morsetto 7 del modulo installato nello slot 3, viene rappresentato a seconda del costruttore nei seguenti modi :

	<b>Esempio</b>	<b>Descrizione</b>
<b>A</b>	<b>0307</b>	da un unico numero di quattro cifre
<b>B</b>	<b>03:07</b>	da due coppie di numeri separati da due punti
<b>C</b>	<b>3.7</b>	da due cifre separate da un punto

Il metodi B e C sono preferibili , in quanto permettono maggiore flessibilità per ulteriori espansioni dell'impianto, ma già il metodo A può essere ritenuto più che valido, sia perché garantisce comunque l'espandibilità, sia perché é più semplice da utilizzare dal quadrista (e simile ai metodi da lui tradizionalmente usati).

### 3.6 OTTIMIZZAZIONE DEI CABLAGGI

In fase di progettazione del quadro contenete il PLC e del relativo impianto, è raccomandabile effettuare una rigorosa progettazione anche dei cablaggi esterni al quadro.

Come già detto occorre osservare una certa separazione tra i cavi degli ingressi e quelli di potenza, per evitare che inducano correnti di disturbo.

In generale è utile verificare che tipi di cavi vengono usati, con particolare riguardo alla formazione : se da una parte dell'impianto vengono trasportati 6 segnali e si usa un cavo  $7 \times 1 \text{ mm}^2$ , questo non permette ulteriori espansioni (il filo 7 infatti è usato per il comune, solitamente il positivo); meglio allora prevedere già un cavo di taglia superiore.

Negli schemi queste indicazioni vanno riportate, soprattutto per non far commettere errori a chi poi dovrà cablare il quadro o l'impianto.

Normalmente il positivo è sul campo, mentre il negativo è il comune degli ingressi (la corrente entra nel PLC).

Per i cavi di lunghezze rilevanti risulta appropriato usare cavi schermati; tale precauzione risulta spesso indispensabile se si connettono sensori di prossimità o capacitivi e nell'impianto vi sono motori con regolazione elettronica.