

TITOLO: PLC Comando Tavola rotante

MATERIE: Sistemi automatici, TPSEE, Elettronica ed Elettrotecnica

OBIETTIVI: analizzare un problema di programmazione di una tavola rotante comandata da un PLC.

■ ESPOSIZIONE DEL PROBLEMA DI ANALISI/PROGETTAZIONE

Il problema da me individuato è molto comune nei sistemi di automazione per esigenze legate al trasporto, assemblaggio e controllo di pezzi.

Una tavola rotante permette infatti movimenti circolari cadenzati lungo diverse sequenze di lavorazione.

L'impianto considerato è un processo di produzione di cialde formato da una tavola rotante che trasporta, fra tre postazioni di lavoro, degli stampi di forma circolare e da un nastro trasportatore che convoglia le cialde verso la successiva stazione di lavorazione.



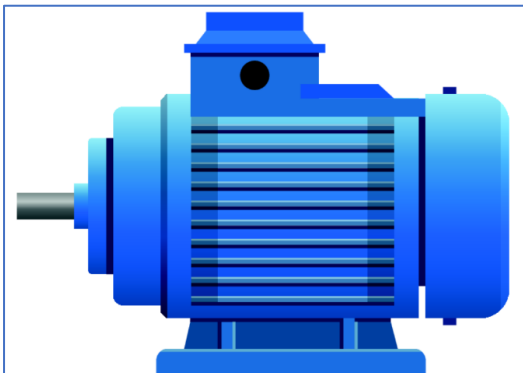
1. All'inizio del processo di lavorazione, la postazione del piatto rotante, che corrisponde a quella di un DOSATORE, viene assunta come origine dell'asse rotativo. Il dosatore deposita una determinata quantità di impasto su uno stampo. L'impasto è contenuto in un serbatoio sovrastante il dosatore e viene spinto sullo stampo attraverso un ugello, grazie ad una coclea azionata per 3 sec. da un motore in corrente continua.
2. A un angolo di 100° si trova la postazione di STAMPAGGIO e di COTTURA della cialda. Un cilindro pneumatico comprime l'impasto con un controstampo, dandogli la forma definitiva. Sul controstampo è presente una resistenza che ha il compito di riscaldare la cialda fino alla temperatura di cottura che dura 10 secondi.
3. In corrispondenza dell'angolo 270° si trova la posizione di convogliamento verso un nastro trasportatore. Qui è presente un espulsore il cui compito è spostare le cialde verso il nastro trasportatore azionato da un motore asincrono trifase.
4. La tavola prosegue poi la rotazione riportando lo stampo vuoto alla postazione di partenza, mentre il nastro trasportatore convoglia la cialda verso il confezionamento.

E' richiesta la descrizione del sistema mediante schema a blocchi e diagramma di flusso.
Si deve esplicitare il programma del PLC che attua le diverse fasi del processo.

Inoltre si suppone che si debba determinare la tensione di alimentazione del motore e la corrente assorbita affinché venga raggiunta a regime la velocità di 10 giri / min., noto che:

- a. la costante di coppia del motore vale $K = 0,093 \text{ Nm/A}$;
- b. la resistenza di armatura è pari a 3Ω ;
- c. la coclea presenta una coppia resistente di valore:

$$C = C_0 + a \cdot \omega \quad \text{con } C_0 = 0,1 \text{ Nm e } a = 4 \cdot 10^{-2} \text{ Nms/rad};$$

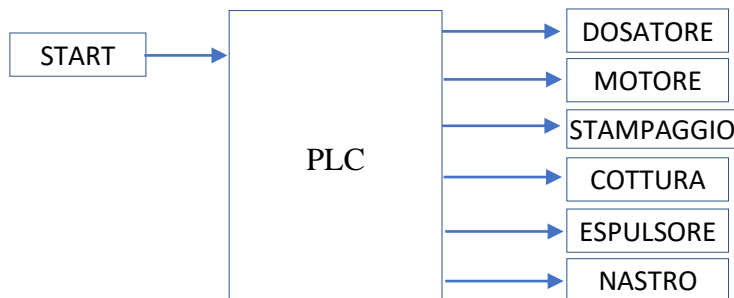


■ SVILUPPO DELLA SOLUZIONE CON SPIEGAZIONI, SCHEMI, ELABORAZIONI MATEMATICHE

■ Schema a blocchi del sistema

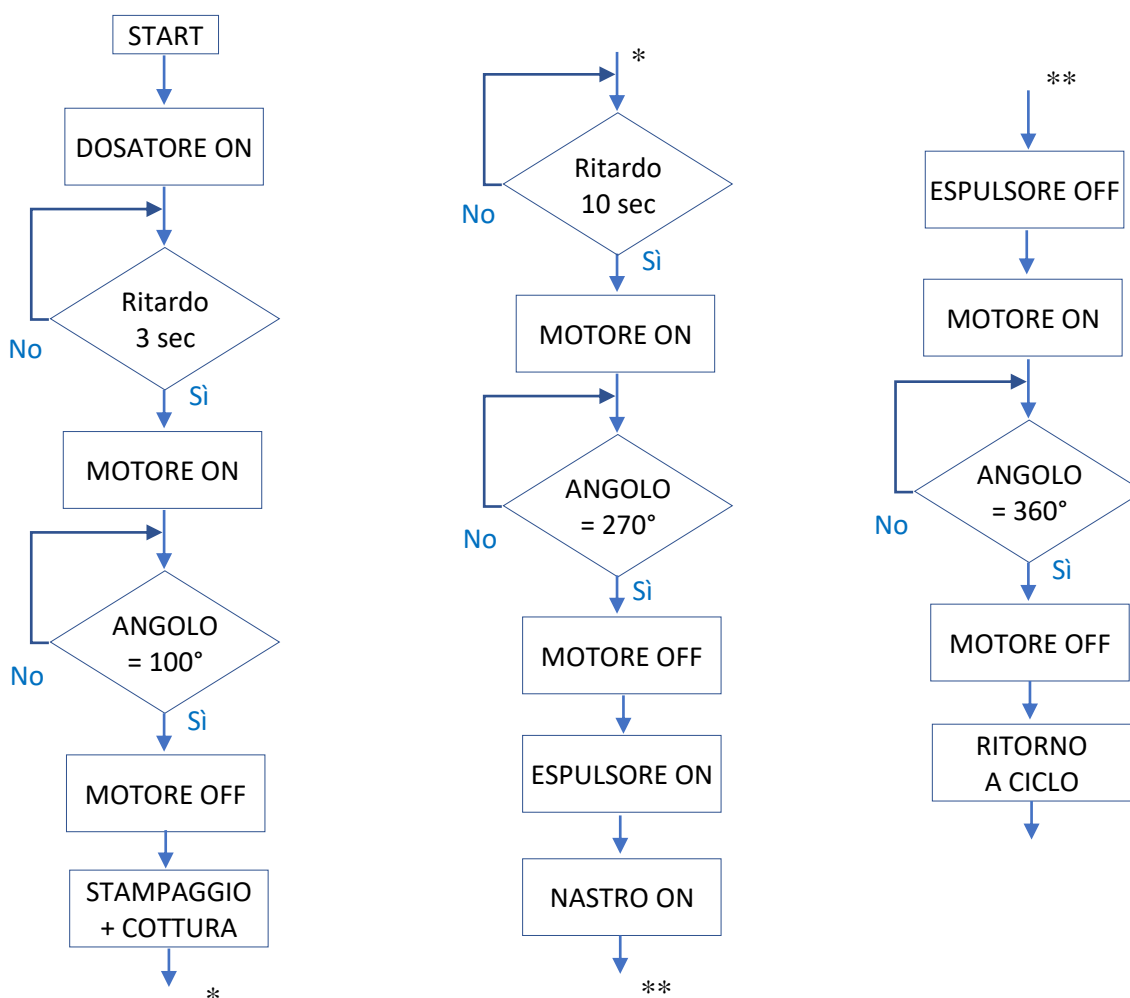
In sostanza il sistema si presenta con un solo ingresso, che è il pulsante di START.

Gli altri segnali sono tutti uscenti dal PLC e attengono il DOSATORE che è azionato da un motore DC, il MOTORE di movimentazione della tavola, il comando dello STAMPAGGIO che è affidato a un cilindro, il comando della COTTURA che può essere affidata a una resistenza, il comando dell'ESPULSORE, che può essere un ulteriore cilindro e del motore per il trascinamento del NASTRO.



■ Diagramma di flusso del sistema

Il diagramma di flusso è autoesplicativo. Potrebbe essere espanso prevedendo una ripetizione ciclica del processo per un dato numero di cialde e l'arresto del nastro trasportatore per consentire il confezionamento del prodotto.



■ VALIDAZIONE DEI RISULTATI OTTENUTI CON UNO O PIU' ESPERIMENTI SIMULATI

Per saggiare il funzionamento del sistema ne ho simulato il funzionamento e la programmazione con il programma **Codesys**. Il relativo file è presente nel materiale annesso a questo elaborato.

■ Prova del processo mediante PLC

Il pannello di simulazione rappresenta in forma stilizzata la tavola rotante nella quale sono contrassegnate le posizioni angolari di 0°, 100° e 270°. Le cialde sono rappresentate in colore.

Sono presenti i LED rettangolari DOSATORE, MOTORE, STAMPAGGIO, COTTURA, ESPULSORE, NASTRO, che si accendono per segnalare l'attivazione delle varie azioni.

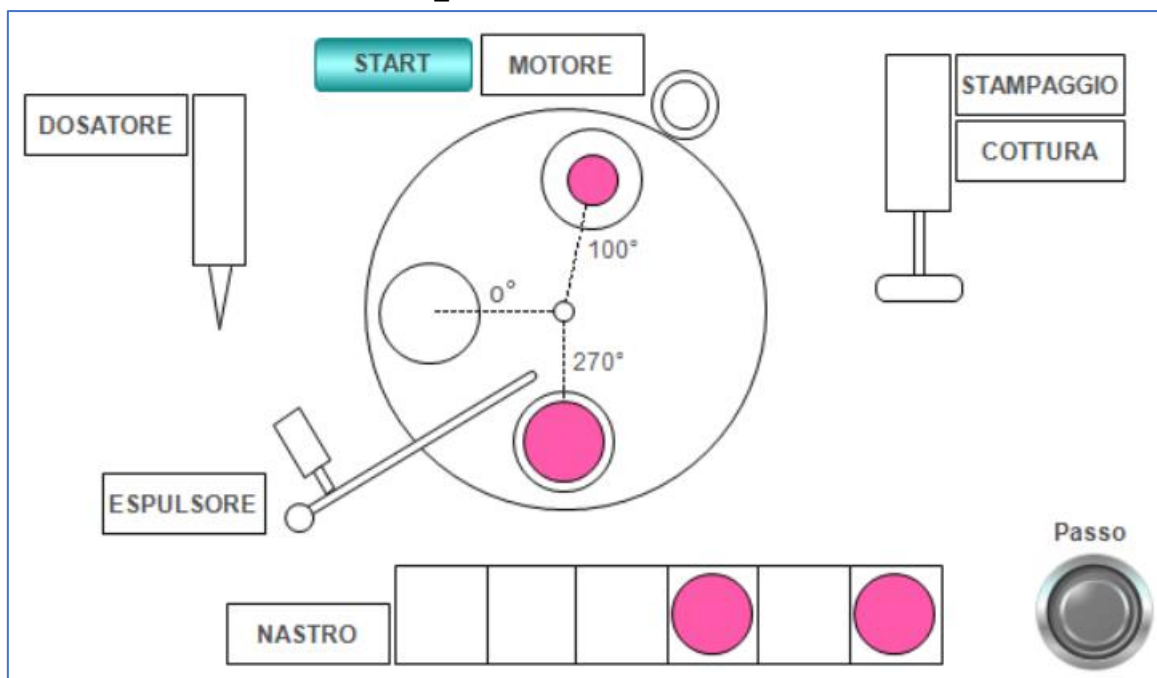
E' presente il tasto di START.

Infine è presente un pulsante di nome *Passo* grazie al quale l'osservatore può simulare la rotazione della tavola. Premendo il tasto si incrementa una variabile di nome PASSI con la quale il sistema mantiene la memoria della posizione della tavola. Gli elementi ora descritti sono gestiti mediante le variabili dichiarate tra le clausole VAR – END_VAR.

VAR

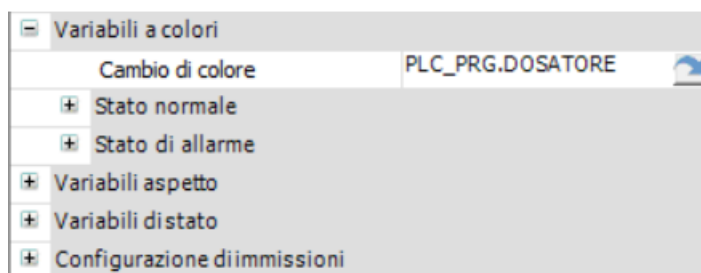
```
START: BOOL;  
DOSATORE: BOOL;  
MOTORE: BOOL;  
STAMPAGGIO: BOOL;  
COTTURA: BOOL;  
ESPULSORE: BOOL;  
NASTRO: BOOL;  
PASSO: BOOL;  
PASSI: INT;
```

END_VAR



Per la realizzazione degli elementi del pannello ho proceduto in questo modo.

1. LED (un esempio per tutti: quello del DOSATORE)
 - a. Selezione dell'elemento *Visualization ToolBox* → *Base* → *Rettangolo*.
 - b. Nella finestra delle *Proprietà* assegnamento della variabile PLC_PRG.DOSATORE alla proprietà *Variabili a colori* → *Cambio di colore*.



2. Pulsante *Passo*.

- Selezione dell'elemento *Visualization ToolBox* → *Spie / pulsanti / immagini* → *Interruttore a pressione*.
- Nella finestra delle *Proprietà* assegnamento della variabile PLC_PRG.PASSO alla proprietà *Variabile*.

Variabile	PLC_PRG.PASSO
-----------	---------------

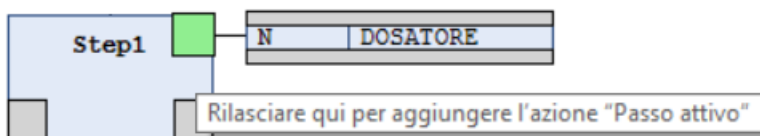
3. Pulsante *START*.

- Selezione dell'elemento *Visualization ToolBox* → *Elementi di controllo generali* → *Pulsante*.
- Nella finestra delle *Proprietà* assegnamento della variabile PLC_PRG.START alla proprietà *Configurazioni di immissione* → *Tasti* → *Variabile*.

Configurazione di immissioni	
OnDialogClosed	Configura...
Commutare	
Tasti	
Variabile	PLC_PRG.START

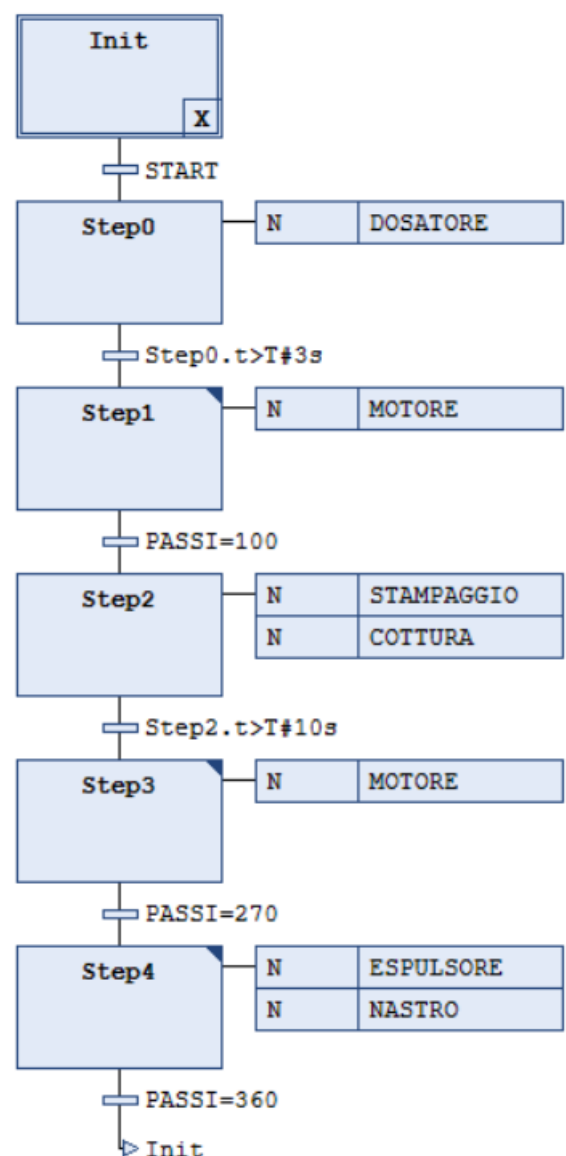
Il programma è realizzato in linguaggio SFC *Structured Functional Chart*.

- Init* – Questa fase viene superata se *START* = TRUE.
- Step0* – Attiva il DOSATORE e attende 3 secondi.
- Step1* – Attiva il motore per compiere i primi 100 passi angolari. Per simulare l'avanzamento della tavola alla pressione del tasto *Passo* ho inserito una routine in linguaggio ST *Structured Text* che incrementa i passi e rimane in funzione in tutto l'intervallo in cui il passo è attivo.



```
PLC_PRG
PLC_PRG.Step1_active X
1 IF (PASSO=TRUE) THEN
2 PASSI:=PASSI+1;
3 END_IF;
```

- Step2* – In questa fase avviene lo stampaggio e la cottura, che ha luogo in 10 secondi.
- Step3* – Viene attivato nuovamente il motore per condurre la tavola nella posizione angolare di 270°. Anche in questo caso è presente una routine ST di passo attivo analoga alla precedente. La transizione alla fase successiva avviene se i passi sono 270.
- Step4*. Qui avviene l'espulsione della cialda e l'attivazione del nastro. Compiuto l'intero angolo giro di 360 il ciclo ritorna a *Init*. Anche in questo caso è presente una routine ST di passo attivo.



■ Dimensionamento alimentazione del motore

La coclea presenta una coppia resistente di valore: $C = C_0 + a \cdot \omega$ con $C_0 = 0,1 \text{ Nm}$ e $a = 4 \cdot 10^{-2} \text{ Nms/rad}$;
Esprimo la velocità angolare in rad/s: $10 [\text{giri/min}] = (10 \cdot \pi) / 60 \cong 1,047 [\text{rad/s}]$

Calcolo la coppia resistente. $C = C_0 + a \cdot \omega = 0,1 + 4 \cdot 10^{-2} \cdot 1,047 = 0,1 + 0,042 = 0,142 \text{ Nm}$

La coppia motrice espressa dal motore eguaglia la coppia resistente e vale: $C_M = C = K \cdot I$

Con la formula inversa calcolo la corrente: $I = C/K = \frac{0,142}{0,093} = 1,527 \text{ A}$

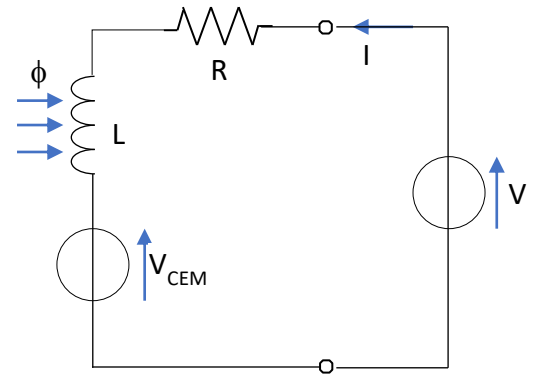
La forza controelettromotrice V_{CE} è proporzionale alla velocità angolare in base alla formula:

$$V_{CEM} = K \cdot \omega = 0,093 \cdot 1,047 = 0,1 \text{ V}$$

La tensione richiesta, in base al circuito di armatura della figura, vale pertanto:

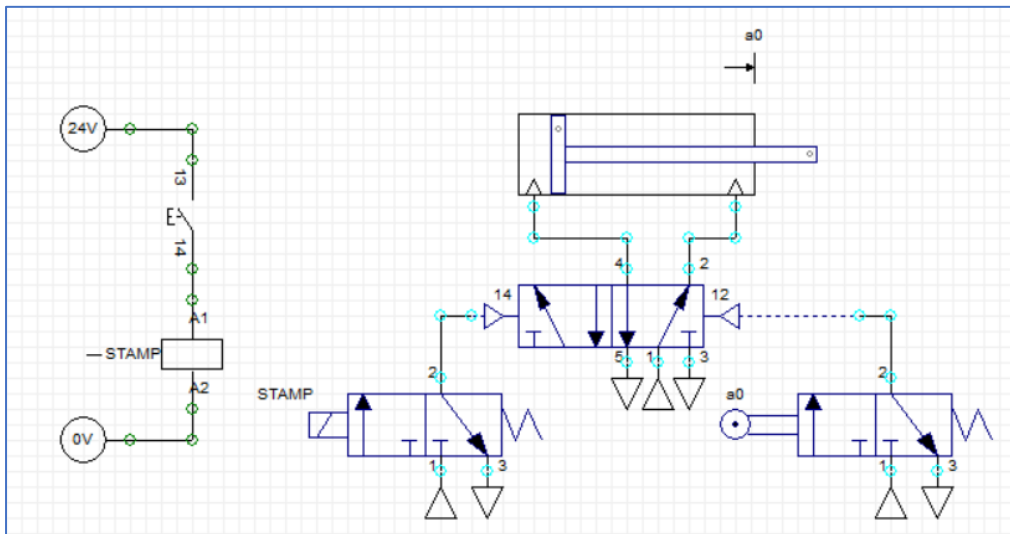
$$V = V_{CE} + R \cdot I = 0,1 + 3 \cdot 1,527 = 4,68 \text{ V}$$

In pratica il motore dovrà essere dotato di un riduttore.



■ Prova dello stampaggio con cilindro

Ho realizzato una applicazione, con file annesso all'elaborato, che simula mediante il programma **Autosim** il cilindro pneumatico con ritrazione automatica per lo stampaggio. Il finecorsa a_0 comanda la valvola di distribuzione 3/2 che pilota la valvola di potenza 5/2 sull'ingresso 12.



■ Espansione dell'elaborato mediante contenuti teorici

Dal manuale di Elettrotecnica, Elettronica e Automazione si può reperire materiale da rielaborare per completare la propria esposizione con parentesi di approfondimento teorico, legate ai contenuti dell'elaborato.

- Sezione IX Macchine elettriche – Motore a corrente continua, Motore sincrono, Motore asincrono.
- Sezione XIX Automazione – Programmazione dei PLC, Tecnologie utilizzate nei sistemi automatici.
- Sezione XXIII Tecnologie elettriche ed elettroniche.

■ Suggerimenti di possibili percorsi alternativi per nuovi elaborati

- Processi industriali automatizzati a PLC.
- Comandi di sistemi automatizzati con più di un cilindro.
- Utilizzo del PLC per le sequenze di comando di cilindri.