**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.

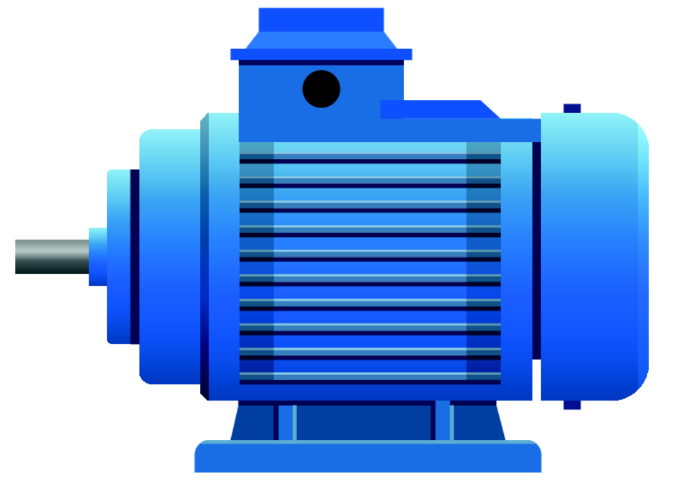
E’ richiesta la descrizione del sistema mediante schema a blocchi e diagramma di flusso.

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:

1. la costante di coppia del motore vale K = 0,093 Nm/A;
2. la resistenza di armatura è pari a 3 Ω;
3. la coclea presenta una coppia resistente di valore:

𝑪 = 𝑪𝟎 + 𝒂 ∙ 𝝎 con C0 = 0,1 Nm e a = 4 ⋅ 10-2 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.

PLC

START

DOSATORE

MOTORE

STAMPAGGIO

COTTURA

ESPULSORE

NASTRO

**■ Diagramma di flusso del sistema**

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

ANGOLO = 360°

100

Sì

No

MOTORE OFF

MOTORE ON

\*\*

ESPULSORE OFF

RITORNO

A CICLO

\*

ANGOLO = 270°

100

Sì

No

MOTORE ON

ESPULSORE ON

NASTRO ON

Sì

Ritardo

10 sec

No

MOTORE OFF

\*\*

START

DOSATORE ON

Sì

Ritardo

3 sec

ANGOLO = 100°

100

Sì

No

No

\*

MOTORE ON

MOTORE OFF

STAMPAGGIO

+ COTTURA

**■ 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.

**VAR**

START: **BOOL**;

DOSATORE: **BOOL**;

MOTORE: **BOOL**;

STAMPAGGIO: **BOOL**; COTTURA: **BOOL**;

ESPULSORE: **BOOL**;

NASTRO: **BOOL**;

PASSO: **BOOL**;

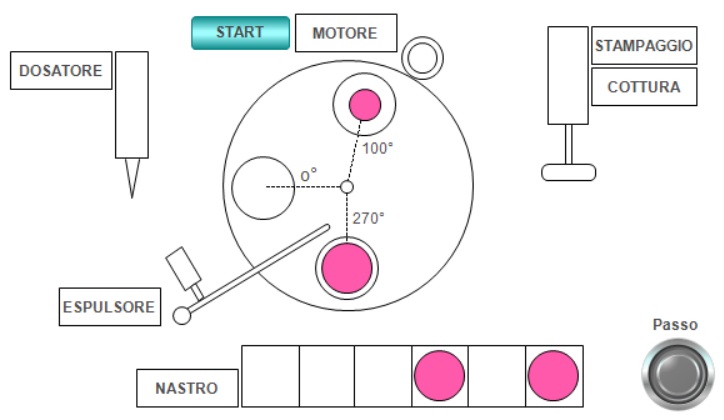
PASSI: **INT**;

**END\_VAR**

E’ presente il tasto di START.

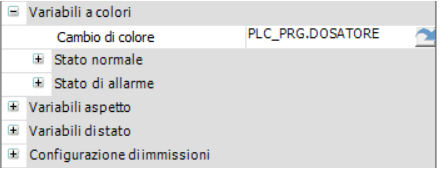
Infine è presente un pulsante di nome *Passo* grazie al quale l’osservatore può simulare la rotazione della tavola. Premendo il tasto si incrementa una variabile di nome PASSI con la quale il sistema mantiene la memoria della posizione della tavola.

Gli elementi ora descritti sono gestiti mediante le variabili dichiarate tra le clausole VAR – END\_VAR.



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

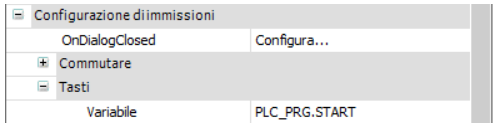
1. LED (un esempio per tutti: quello del DOSATORE)
2. Selezione dell’elemento *Visualization ToolBox* → *Base* → *Rettangolo*.
3. Nella finestra delle *Proprietà* assegnamento della variabile PLC\_PRG.DOSATORE alla proprietà *Variabili a colori* → *Cambio di colore*.

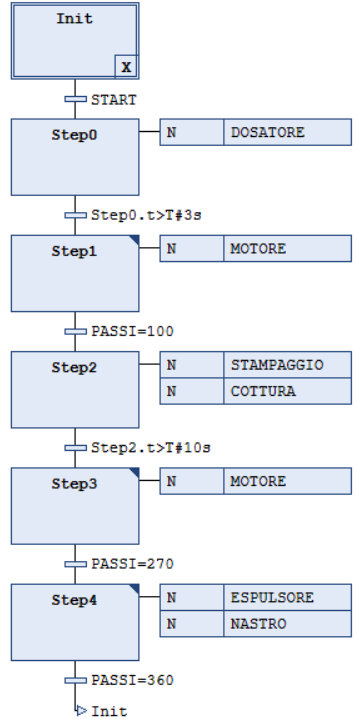


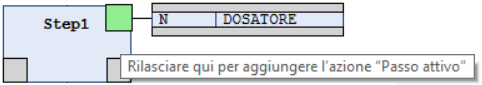
1. Pulsante *Passo*.
2. Selezione dell’elemento *Visualization ToolBox* → *Spie / pulsanti / immagini* → *Interruttore a pressione*.
3. Nella finestra delle *Proprietà* assegnamento della variabile PLC\_PRG.PASSO alla proprietà *Variabile*.

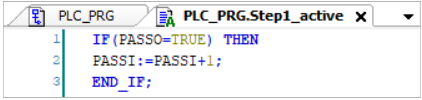


1. Pulsante *START*.
2. Selezione dell’elemento *Visualization ToolBox* → *Elementi di controllo generali* → *Pulsante*.
3. Nella finestra delle *Proprietà* assegnamento della variabile PLC\_PRG.START alla proprietà *Configurazioni di immissione* → *Tasti* → *Variabile*.



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.



* *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 = 𝑪𝟎 + 𝒂 ∙ 𝝎 con C0 = 0,1 Nm e a = 4 ⋅ 10-2 Nms/rad;

Esprimo la velocità angolare in rad/s: 10 [giri/min] = (10 ⋅ π) / 60 ≅ 1,047 [rad/s]

Calcolo la coppia resistente. 𝑪 = 𝑪𝟎 + 𝒂 ∙ 𝝎 = 0,1 + 4 ⋅ 10-2 ⋅ 1,047 = 0,1 + 0,042 = 0,142 Nm

La coppia motrice espressa dal motore eguaglia la coppia resistente e vale:

Con la formula inversa calcolo la corrente:

φ

R

VCEM

V

I

L

La forza controelettromotrice VCE è proporzionale alla velocità angolare in base alla formula:

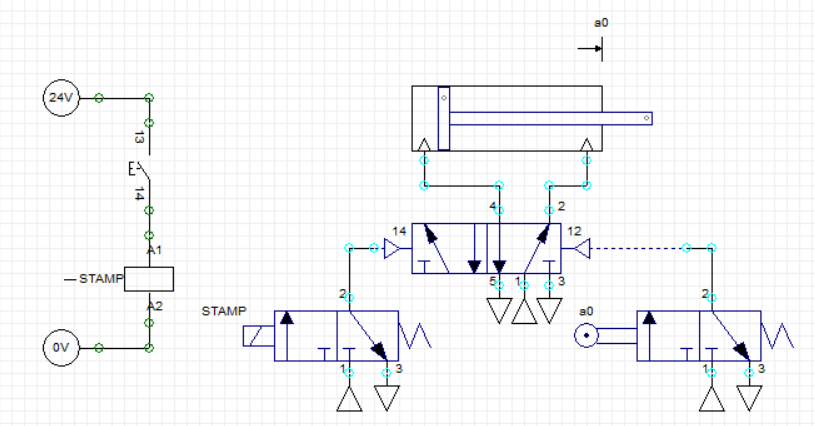
La tensione richiesta, in base al circuito di armatura della figura, vale pertanto:

V = VCE + R ⋅ I = 0,1 + 3 ⋅ 1,527 = 4,68 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 a0 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.