



**UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PADOVA**



DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA DELL'INFORMAZIONE

CORSO DI LAUREA IN INGEGNERIA BIOMEDICA

OTTIMIZZAZIONE DI UN DOSATORE GRAVIMETRICO

Relatore: Prof. Ferrante Augusto

Laureando: Rigoni Filippo

ANNO ACCADEMICO 2021 – 2022

Data di laurea 21/09/2022

INDICE

INTRODUZIONE.....	3
1. DOSATORE GRAVIMETRICO ATTUALMENTE IN USO	4
1.1. INTRODUZIONE AI DOSATORI.....	4
1.2. DESCRIZIONE DEL DOSATORE ATTUALE.....	5
1.3. SENSORE DI PROSSIMITÀ.....	6
1.4. CELLE DI CARICO.....	6
1.4.1. ESTENSIMETRI.....	7
1.4.2. PONTE DI WHEATSTONE AD ESTENSIMETRI.....	8
1.5. DISPOSITIVO INTECONT® Tersus.....	9
1.6. CONTROLLORE LOGICO PROGRAMMABILE O PLC.....	9
2. STUDIO PERSONALE PROGRAMMI PER PROGRAMMAZIONE PLC.....	12
2.1. STUDIO PERSONALE DI SIMATIC TIA PORTAL V16.....	12
2.2. STUDIO PERSONALE DI SIMATIC PLC SIMULATION	13
2.3. STUDIO PERSONALE DI SIMATIC HMI SIMULATION.....	13
3. TENTATIVO PERSONALE DI SOLUZIONE.....	14
3.1. SCHEMA DEL MACCHINARIO FINALE.....	14
3.2. LOGICA DI CONTROLLO DEL SISTEMA.....	14
3.2.1. ACCENSIONE DEL DOSATORE E START DEL PROGRAMMA.....	15
3.2.2. CONTROLLO DELLO STATO DELLA TRAMOGGIA DI CARICO.....	15
3.2.3. COMANDO ESTRUSORE CON CORREZIONE DI USCITA.....	15
3.2.4. STOP DEL PROGRAMMA E SPEGNIMENTO DEL DOSATORE.....	15
3.3. CONFIGURAZIONE HARDWARE IN SIMATIC TIA PORTAL.....	17
3.4. IMPLEMENTAZIONE LOGICA DI CONTROLLO.....	20
CONCLUSIONI E RINGRAZIAMENTI	24

INTRODUZIONE

In questo elaborato riporto il progetto a cui ho partecipato presso l'azienda Sintex Srl.

Il progetto si propone di sostituire il dispositivo INTECONT® Tersus con un dispositivo creato dall'azienda Sintex Srl con lo scopo di ridurre i costi della produzione dell'impianto.

Il dispositivo INTECONT® Tersus ad oggi è utilizzato per il controllo di un dosatore gravimetrico in una catena di produzione alimentare.

Il desiderio di rimuovere questo dispositivo è sorto in quanto ci si è accorti che sono già presenti quasi tutti i componenti hardware che permetterebbero il controllo diretto del dosatore attraverso i PLC, a meno di una scheda di lettura delle celle di carico.

Per la rimozione di questo dispositivo è inoltre necessaria l'implementazione di un software per il controllo della portata massica in uscita.

CAPITOLO 1

DOSATORE GRAVIMETRICO ATTUALMENTE IN USO

1.1. INTRODUZIONE AI DOSATORI

In ambito industriale con il termine ‘dosatore’ si fa riferimento ad un macchinario che ha come scopo quello di garantire in modo autonomo e ripetitivo una quantità prestabilita di prodotto.

I dosatori industriali vengono suddivisi in base alla variabile di controllo utilizzata: volume o massa. Si dividono in:

- **Volumetrico:** quando come variabile di controllo hanno un volume alimentato.
Il loro principio di funzionamento si basa sull’incomprimibilità dei liquidi e dei solidi granulosi utilizzati. Questo metodo di dosaggio è il più semplice ed è da preferirsi quando non è necessaria una precisione spinta. Il suo utilizzo è invece sconsigliato quando si vuole controllare un dosaggio di massa vista la sua grande sensibilità alle variazioni di densità nel volume alimentato;
- **Gravimetrico:** quando come variabile di controllo hanno una portata massica.
Questo metodo è insensibile alle variazioni di densità del prodotto lavorato e rende possibile ottenere una grande accuratezza nel dosaggio.

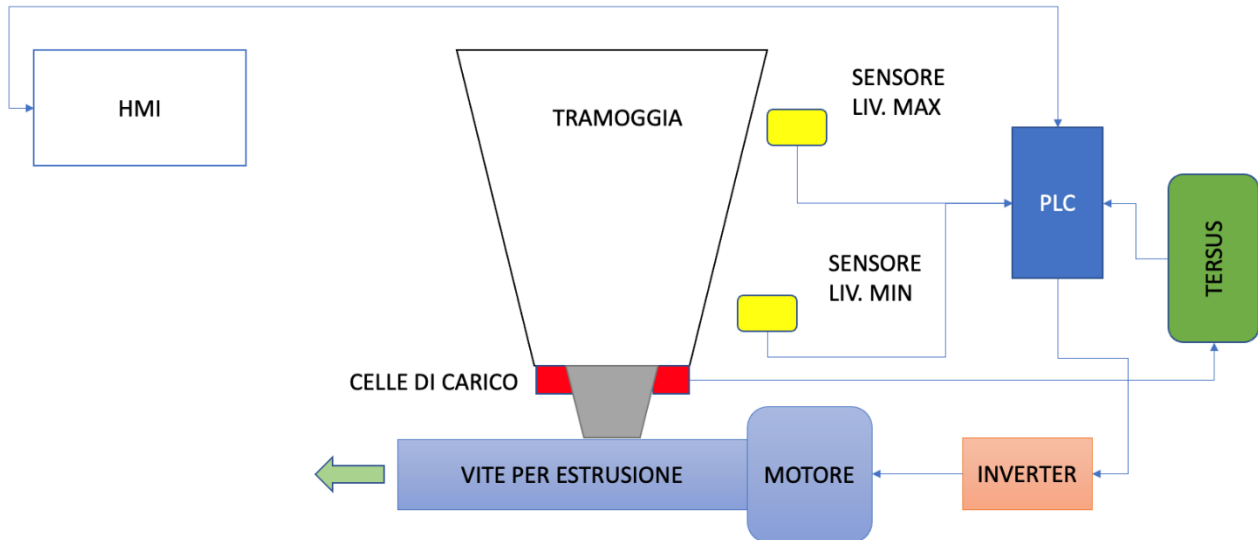
Un’altra classificazione che è possibile fare sui dosatori è in base al principio di funzionamento. Si possono classificare in

- **Dosatori discreti:** quando l’uscita del prodotto non è costante ma avviene ciclicamente;
- **Dosatori continui:** quando l’uscita del prodotto è una portata continua.

Di nostro particolare interesse in questo elaborato sono i **dosatori gravimetrici continui**.

1.2 DESCRIZIONE DEL DOSATORE ATTUALE

Di seguito riporto una semplificazione dello schema di funzionamento del dosatore gravimetrico attualmente in funzione nell'impianto.



In figura lo schema del macchinario con INTECONT® Tersus.

Nel dosatore attualmente in uso sono presenti:

- Una tramoggia di carico che andrà a contenere il prodotto da dosare;
- Due sensori digitali ON/OFF per la rilevazione del livello di prodotto nella tramoggia;
- Delle celle di carico per la rilevazione del peso della tramoggia e del prodotto;
- Un PLC;
- Un dispositivo INTECONT® Tersus per il controllo della portata;
- Un pannello HMI per la comunicazione tra l'utente e il PLC;
- Un inverter per comandare il motore;
- Un motore per la movimentazione della vite per estrusione;
- Una vite per l'estrusione del prodotto dalla tramoggia di carico.

Di seguito è riportata una breve spiegazione dei vari componenti utilizzati.

1.3 SENSORE DI PROSSIMITÀ

I sensori di prossimità sono sensori ON/OFF in grado di rilevare la presenza di oggetti che si trovano nel loro campo di misura o 'portata vedente'.

Questi sensori possono essere divisi in base al valore trasmesso in uscita quando sono disattivati.

Si dividono in:

- **normalmente aperti:** il valore in uscita è FALSE;
- **normalmente chiusi:** il valore in uscita è TRUE;

I sensori di prossimità possono essere classificati secondo il loro principio di funzionamento in:

- **Induttivi:** utilizzati per la rilevazione di materiali ferromagnetici;
- **Capacitivi:** utilizzati per le rilevazioni di materiali parzialmente conduttivi e conduttivi;
- **Magnetici:** utilizzati per la rilevazione di un magnete posto direttamente sull'oggetto da rilevare
- **Ultrasuoni:** utilizzati per la rilevazione di un qualsiasi oggetto con la capacità di riflessione di onde sonore;
- **Ottici:** utilizzati per le rilevazioni di materiali capaci di riflettere fasci luminosi.

Nel nostro caso per i sensori di livello massimo e minimo nella tramoggia di carico sono utilizzati sensori capacitivi.

1.4 CELLE DI CARICO

Le celle di carico sono dei trasduttori con la capacità di rilevare una forza su di loro applicata e convertire il segnale in un segnale elettrico di intensità proporzionale alla forza subita.

Le celle di carico si possono classificare in base alla modalità di rilevazione del peso in rilevazione di:

- **Deformazione;**
- **Compressione;**
- **Tensione;**
- **Trazione.**

Inoltre, si possono classificare in base alla tipologia di segnale in uscita che generano.

Possono essere di tipo:

- **Pneumatiche:** utilizzano in principio di bilanciamento della forza. Sono ideali per la misurazione di forze ridotte e dove pulizia e sicurezza sono fondamentali;
- **Idrauliche:** misurano il peso come variazione di pressione del fluido internamente alla cella di carico;
- **Elettriche:** quando in uscita è fornita una corrente oppure una differenza di potenziale.

È possibile fare un'ulteriore classificazione delle celle di carico che in uscita generano un segnale elettrico. Possono essere infatti divise in base al principio fisico utilizzato in:

- **Piezoresistive:** quando sfruttano l'effetto piezoelettrico presentato da alcuni materiali fortemente anisotropi. Il materiale più utilizzato per questa tipologia di celle di carico è il piombo-zirconato di titanio detto anche PZT.
- **Induttive:** quando rilevano il peso in base alla variazione di induttanza data dalla deformazione della cella di carico;

- **Magnetostrittive:** quando utilizzano la variazione di permeabilità di un materiale ferromagnetico quando sottoposto ad una deformazione;
- **Ad estensimetri:** quando sfruttano il fatto che alcuni materiali variano in maniera evidente la propria resistenza in funzione alla deformazione subita.

Nel nostro caso sono state utilizzate celle di carico a compressione/trazione ad estensimetri.

1.4.1 ESTENSIMETRI

Gli estensimetri sono dei filamenti metallici con un motivo a zig-zag collegati saldamente ad una pellicola plastica. Essi sono conduttori che modificano la loro resistenza quando sottoposti ad allungamento/accorciamento per tensione meccanica.

La relazione tensione meccanica – resistenza si può ricavare facilmente dalla seconda legge di Ohm. La seconda legge di Ohm è:

$$R = \rho \frac{l}{S}$$

Dove ρ rappresenta la resistività del materiale, l la sua lunghezza e S la sua sezione.

Derivando la relazione e normalizzando la variazione di resistenza si ottiene la seguente relazione:

$$\frac{dR}{R} = \frac{d\rho}{\rho} + \frac{dl}{l} - \frac{dS}{S}$$

Definendo il coefficiente di Poisson come:

$$\nu := - \frac{dr/r}{dl/l}$$

È possibile esprimere la variazione della resistenza dR/R in funzione di ν come:

$$\frac{dR}{R} = (1 + 2\nu) \frac{dl}{l} + \frac{d\rho}{\rho}$$

A questo punto è possibile definire il fattore di guadagno G dell'estensimetro, corrispondente alla sua sensibilità, come:

$$G := \frac{dR/R}{dl/l} = 1 + 2\nu + \frac{d\rho/\rho}{dl/l} = 1 + 2\nu + E\Pi$$

Si deduce che, quando allunghiamo l'estensimetro, la resistenza offerta dal conduttore sarà maggiore mentre quando l'accorciamo la sua resistenza diminuisce.

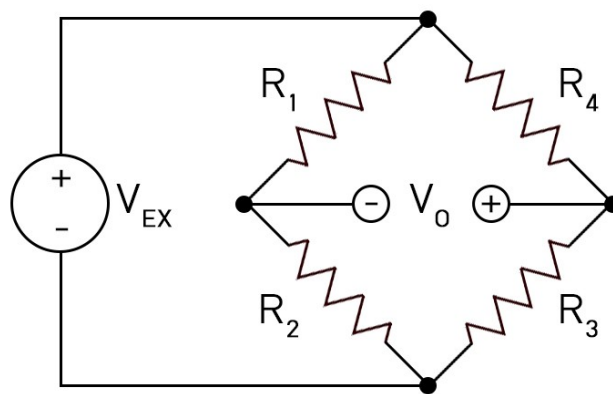
1.4.2 PONTE DI WHEATSTONE AD ESTENSIMETRI

Nelle celle di carico ad estensimetri vengono solitamente usati quattro estensimetri: due in trazione e due in compressione.

I quattro estensimetri vengono collegati in un circuito elettrico a Ponte di Wheatstone nel quale estensimetri a trazione e a compressione si trovano sempre su rami opposti. Questo per ottenere una diminuzione degli effetti indesiderati che andrebbero a sommarsi all'uscita reale del sensore variandone il valore.

Il ponte di Wheatstone è un circuito elettrico con un ruolo fondamentale in questa applicazione in quanto possiede la capacità di, una volta applicata una tensione di alimentazione, rendere l'uscita sensibile solamente alla variazione di resistenza dei resistori al suo interno.

Lo schema circuitale del ponte di Wheatstone è:



In figura una rappresentazione del circuito.

La relazione ingresso uscita del circuito è:

$$V_0 = \frac{A}{(1 + A)^2} V_{EX} \left(\frac{\Delta R_1}{R_1} - \frac{\Delta R_2}{R_2} - \frac{\Delta R_3}{R_3} + \frac{\Delta R_4}{R_4} \right)$$

Dove $A = R_1/R_2$.

1.5 DISPOSITIVO INTECONT® Tersus



In figura INTECONT® Tersus

Il principio di funzionamento del dispositivo INTECONT® Tersus è il seguente:

- Ricezione del valore desiderato di portata massica (Kg/h) dal PLC;
- Misurazione della portata attuale tramite comunicazione con le celle di carico;
- Invio al PLC del valore di comando per l'estrusore.

1.6 CONTROLLORE LOGICO PROGRAMMABILE O PLC



In figura PLC ST70-1500.

Un PLC è un dispositivo usato per il controllo di processi industriali. È un dispositivo programmabile e come proprietà principale ha quella di essere estremamente resistente. Progettato per funzionare anche 24/7 365 all'anno, ad esempio, nelle catene di produzione che non si possono fermare mai.

È costituito da quattro componenti principali:

- Alimentatore;
- CPU;
- Schede di ingresso e uscite digitali;
- Schede di ingresso e uscite analogiche;

Il funzionamento del PLC è relativamente semplice e ciclico.

Le operazioni in sequenza eseguite sono:

- Lettura di tutti gli ingressi digitali e analogici;

- Creazione del ‘registro immagine degli ingressi’ dove vengono salvati tutti i valori letti nella fase precedente;
- Esecuzione in sequenza delle operazioni di controllo;
- Scrittura del ‘registro immagine delle uscite’ dove vengono salvati tutti i valori da riportare sulle uscite digitali e analogiche;
- Scrittura sulle uscite fisiche del PLC dei valori letti dal ‘registro immagini delle uscite’.

Questa ‘elaborazione ciclica’ dura in media in un intervallo tra i 10 e i 100 millisecondi.

Un dispositivo necessario per il funzionamento dei PLC e della rispettiva catena di produzione industriale da loro controllata sono i pannelli operatori integrati. Questi pannelli sono chiamati interfacce uomo – macchina o HMI e rendono possibile, in maniera semplice e veloce, la comunicazione tra l’utente e il PLC.

Un esempio di HMI collegata a PLC è:



In figura un SIMATIC Comfort Panel Siemens TP1200.

Di particolare importanza per il funzionamento dei PLC sono le schede aggiuntive applicabili direttamente ai PLC che rendono possibile la comunicazione con un grande varietà di dispositivi esterni.

Un esempio pratico nel nostro caso è il sistema di pesatura SIWAREX WP521/WP522.



In figura un modulo SIWAREX WP521/WP522.

Questo modulo è installabile direttamente su un PLC SIMATIC S7 – 1500 e ha come funzione chiave quella di leggere i valori forniti dalle celle di carico e fornire in uscita molti valori utili, tra i quali, il valore del peso corrente rilevato dalle celle di carico.

Questo modulo è stato scelto in quanto presenta molti benefici tra i quali:

- Configurazione tramite HMI o PC che lo rendono semplice all'uso;
- Opzione di configurazione standardizzata tramite SIMATIC TIA Portal
- Misurazione del peso con una alta risoluzione
- Alta accuratezza 0.05%
- Alta frequenza di misurazione 100/120 Hz

Per la messa in funzione di questo dispositivo è necessario eseguire il download di un tool dal sito <https://support.industry.siemens.com/cs/start?lc=en-US>. Questo tool contiene le varie funzioni necessarie per la comunicazione delle celle di carico con il PLC e contiene inoltre le pagine HMI per la messa in funzione, in caso di bisogno, direttamente dal pannello operatore.

CAPITOLO 2

STUDIO PERSONALE PROGRAMMI PER PROGRAMMAZIONE PLC

2.1 STUDIO PERSONALE DI SIMATIC TIA PORTAL V16



Ai fini di comprendere al meglio la creazione e l'implementazione della logica di controllo del dosatore gravimetrico ho deciso di intraprendere precedentemente uno studio personale del programma SIMATIC TIA Portal v16.

Ho seguito un corso di formazione online che inizialmente aveva come obiettivo la spiegazione delle funzionalità generali del programma per poi procedere nello specifico con la creazione di alcuni piccoli progetti.

In questo corso sono stati trattati i seguenti argomenti:

- Configurazione hardware: scelta del PLC e dei pannelli operatori adeguati alle funzioni che dovranno andare a svolgere. Aggiunta, se necessario, di schede per la comunicazione con dispositivi esterni e di schede input, output analogiche e digitali;
- Variabili del PLC: scelta del nome e della tipologia (reale, intera, booleana) di ogni variabile necessaria per il funzionamento del programma del PLC. Assegnazione dell'indirizzo di input oppure output fisico nel PLC. È possibile in questa sede assegnare anche il flag 'a ritenzione'. Questo flag fa sì che il PLC memorizzi l'ultimo valore assunto dalla variabile;
- Introduzione alla programmazione del PLC: network, linguaggio LAD, istruzioni base come 'set/reset bit';
- Clock memory: variabili utilizzate dal PLC per la temporizzazione delle operazioni. Sono espressi in Hertz;
- Funzioni: creazione delle funzioni, dichiarazioni delle variabili in input e in output, scrittura del codice nella funzione e utilizzo della funzione nel main;
- Linguaggio di programmazione sequenziale;
- Linguaggio di programmazione SCL (linguaggio di controllo strutturato);
- Istruzioni 'IF', 'THEN', 'ELSE', 'ELSEIF' in SCL;
- Blocchi Funzione: funzioni che richiedono la creazione di un database per avere la memoria direttamente alla funzione stessa;
- Contatore di secondi da avvio del PLC;
- Creazione di pannelli HMI: creazioni di pulsanti sul pannello operatore;
- Comunicazione tra PLC e HMI
- Elaborazione delle variabili analogiche in input e output: per input è necessario usare la funzione 'scale' mentre per output usiamo la funzione 'unscale';
- Controllore a catena chiusa;
- Controllore PID: come inserire e configurare un PID compact nel PLC attraverso l'utilizzo di un OB ad interruzione ciclica;

2.2 STUDIO PERSONALE DI SIMATIC PLC SIMULATION



Molto spesso, recentemente, hardware e software vengono creati contemporaneamente e parallelamente.

Per ovviare al problema di non avere realmente il macchinario assemblato è possibile utilizzare questo programma che permette di simulare il PLC desiderato.

Questo programma, creando una simulazione, permette di leggere in tempo reale il valore delle variabili del PLC e di comandare manualmente quando necessario i valori degli ingressi analogici e digitali del PLC. In questo modo è possibile verificare passo – passo che la logica di controllo sia corretta.

Questo prende il nome di “Virtual Commissioning”.

2.3 STUDIO PERSONALE DI SIMATIC HMI SIMULATION

Questo programma rende possibile simulare i pannelli operatore che andranno poi ad essere collegati al PLC fisico. Grazie a questo programma è possibile simulare le azioni che saranno poi svolte dall’operatore umano verificando che tutto funzioni correttamente.

CAPITOLO 3

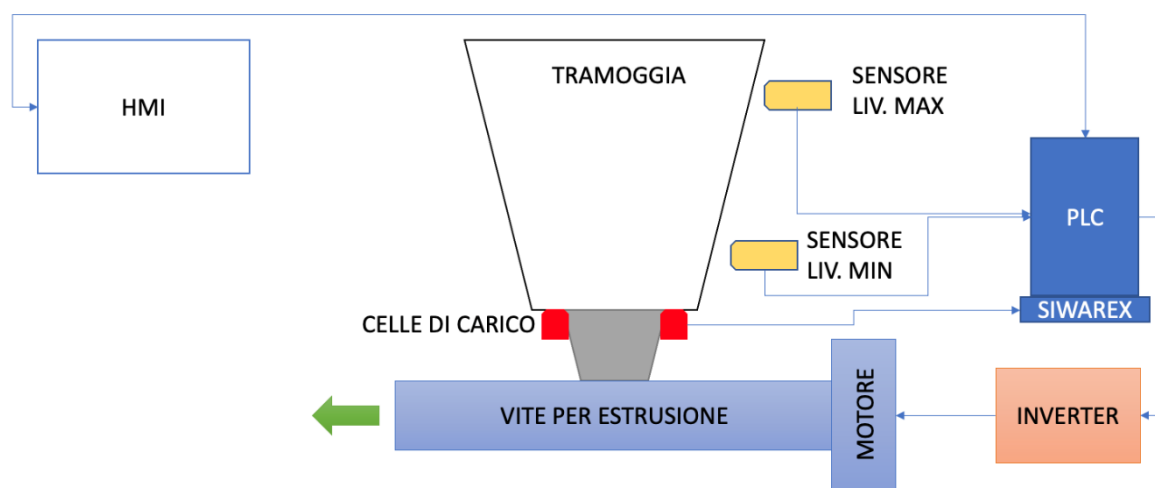
TENTATIVO PERSONALE DI SOLUZIONE

3.1 SCHEMA DEL MACCHINARIO FINALE

Per rendere possibile il controllo della portata massica in uscita è necessario disporre di un dispositivo capace di comunicare con le celle di carico, compito attualmente svolto dal dispositivo INTECONT® Tersus.

Per la lettura delle celle di carico si è deciso di inserire nel PLC il sistema di pesatura SIWAREX WP521. A questo punto, implementando il software di controllo, è possibile rimuovere il dispositivo INTECONT® Tersus.

Lo schema di funzionamento del macchinario diventa il seguente:



In figura lo schema del macchinario aggiornato con la scheda SIWAREX WP521.

3.2 LOGICA DI CONTROLLO DEL SISTEMA

La logica di controllo che ho identificato si esplica nelle seguenti fasi:

- Accensione del dosatore e start del programma;
- Controllo dello stato tramoggia di carico
- Comando dell'estrusore;
- Stop del programma e spegnimento del dosatore.

3.2.1 ACCENSIONE DEL DOSATORE E START DEL PROGRAMMA

Stato iniziale: macchinario spento.

Stato finale: programma di controllo avviato e tramoggia carica.

Descrizione.

In questo passo si aspetta l'avvio del programma da parte dell'operatore attraverso il pulsante di "START".

All'avvio del programma si procede alla prima verifica del livello di carico della tramoggia. Qualora non fosse completamente carica, si procede al suo completo riempimento.

3.2.2 CONTROLLO DELLO STATO TRAMOGGIA DI CARICO

Stato iniziale: livello del prodotto nella tramoggia di carico non conosciuto;

Stato finale: livello del prodotto nella tramoggia di carico è noto

Descrizione.

La tramoggia di carico può essere in tre condizioni esclusive:

- Carica: il livello del prodotto ha raggiunto il livello di massimo ed è possibile passare alla fase di scarico in catena chiusa,
- Da caricare: il livello del prodotto nella tramoggia è inferiore al livello di minimo. È dunque necessario controllare la fase di scarico in catena aperta per permettere la fase di ricarica
- In scarico: il livello del prodotto nella tramoggia è compreso tra il valore di minimo e di massimo e la fase di scarico è in catena chiusa.

3.2.3 COMANDO ESTRUSORE CON CORREZIONE IN USCITA

Stato iniziale: sistema in catena aperta o chiusa

Stato finale: comando estrusore

Descrizione.

- Catena aperta: l'estrusore viene comandato con un valore nominale dato dalla somma tra il "pre-comando" e l'ultimo valore di uscita del PID prima del passaggio in catena aperta.
- Catena chiusa: si procede con la pesatura della tramoggia e al calcolo della portata attuale tramite l'operatore di derivazione. La portata attuale viene fornita al PID che calcola la correzione da fornire rispetto al valore di pre-comando per controllo dell'estrusore.

3.2.4 STOP DEL PROGRAMMA E SPEGNIMENTO DEL DOSATORE

Stato iniziale: dosatore in esecuzione

Stato finale: programma terminato e macchinario spento

Dalla descrizione delle varie fasi, segue il seguente algoritmo per il controllo del macchinario:

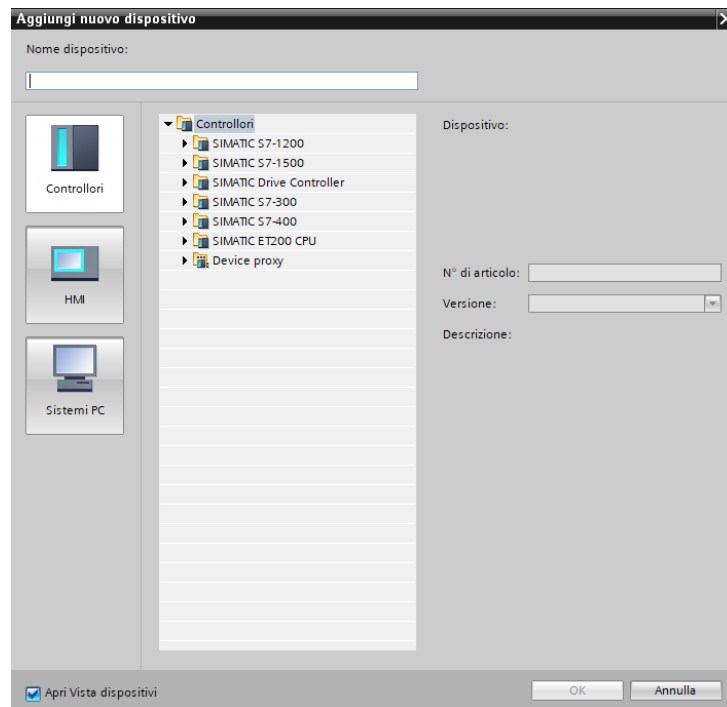
1. Accensione del dosatore e start del programma;
 2. Controllo stato della tramoggia di carico;
 - 2.1. Tramoggia carica: vai a 3.1.;
 - 2.2. Tramoggia da caricare;
 - 2.3. Tramoggia in scaricamento;
 3. Attivazione controllo uscita;
 - 3.1. Controllo a catena chiusa:
 - 3.1.1. Comando estrusore con correzione in uscita;
 - 3.1.1.1. Misurazione peso attuale tramite celle di carico;
 - 3.1.1.2. Calcolo portata attuale tramite operatore di derivazione;
 - 3.1.1.3. Fornire come ingresso al controllore PID il valore di portata attuale
 - 3.1.1.4. Controllo estrusore con valore in uscita fornito dal controllore PID;
 - 3.2. PID in manuale;
 - 3.2.1. Comando estrusore con valore nominale;
 4. Ripetere esecuzione partendo dal punto 2).
 5. Stop e spegnimento del dosatore
- L'implementazione in pseudocodice:

```
1 // pre-condizione:
2 // - macchinario acceso
3 // - estrusore fermo
4 while(not programma avviato)
5     ;
6
7 while(not sensore massimo)
8     riempimento tramoggia;
9 stop riempimento tramoggia;
10
11 if (tramoggia carica or tramoggia in scaricamento) {
12     controllo in catena chiusa;
13     pesatura tramoggia;
14     calcolo portata con operazione di derivazione
15     calcolo uscita tramite controllore PID
16 }
17 else {
18     controllo in catena aperta
19 }
20
21 goto line 7;
```

In figura lo pseudocodice.

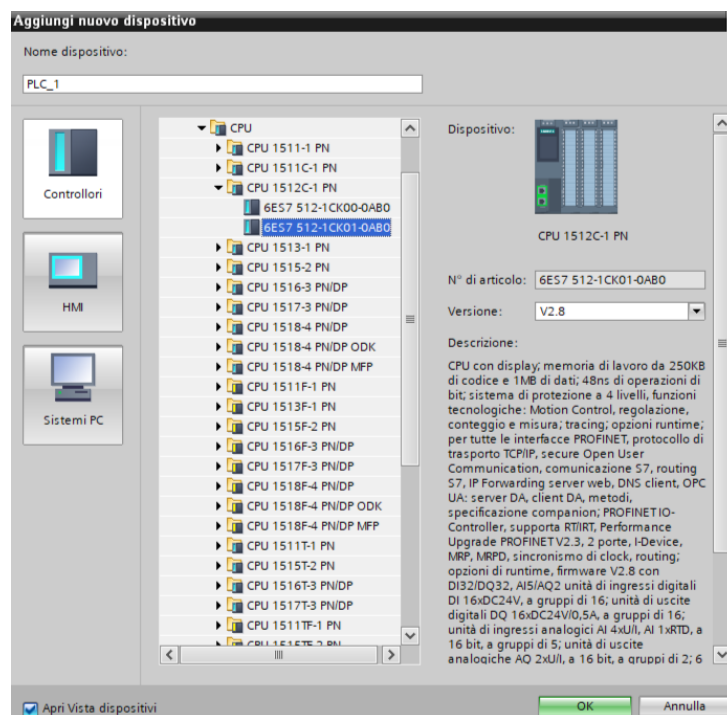
3.3 CONFIGURAZIONE HARDWARE IN SIMATIC TIA PORTAL

Il primo passo dopo l'apertura di un "nuovo progetto" in SIMATIC TIA Portal è stato la scelta del modello di PLC e di HMI da importare nel progetto stesso.



In figura la finestra di TIA Portal per aggiungere un dispositivo.

Il modello di PLC scelto è CPU 1512 -1 PN.

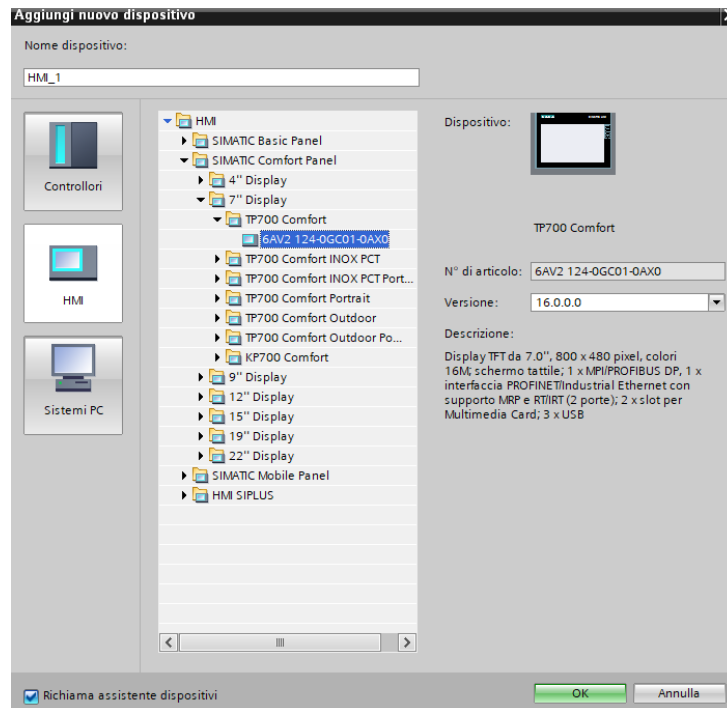


In figura la finestra in TIA Portal per aggiungere il modello di PLC scelto.

Questo modello di PLC è stato scelto per le seguenti caratteristiche:

- CPU con display integrato;
- Funzioni tecnologiche per tutte le interfacce PROFINET;
- Unità di ingressi digitali, DI 16XDC24V a gruppi di 16;
- Unità di uscite digitali, DQ 16XDC24V/0.5A, a gruppi di 16;
- Unità di ingressi analogici AI 4xU/I, AI 1xRTD, a gruppi di 5;
- Unità di uscite analogiche AQ 2xU/I, a gruppi di 2.

Il modello di HMI scelto è TP700 Comfort.

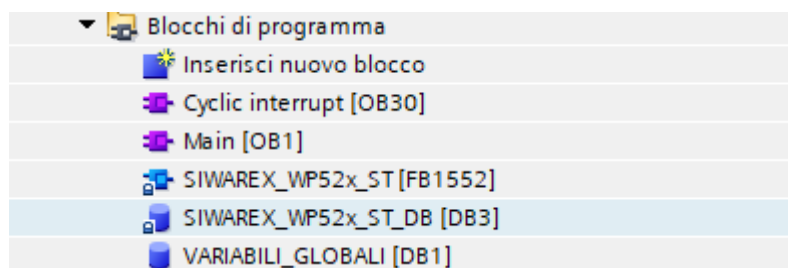


In figura la finestra in TIA Portal per aggiungere il modello di HMI scelto.

Successivamente dalla sezione “Configurazione dispositivi” ho aggiunto la scheda TM SIWAREX WP521 ST_1 nel telaio e importato nel progetto la funzione per l’avvio e la lettura della scheda di pesatura.

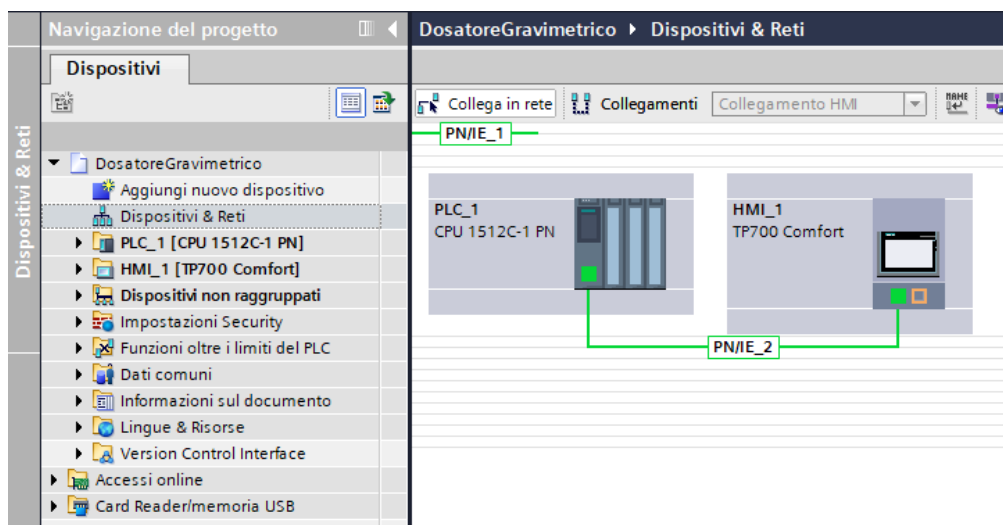


In figura la rappresentazione del dispositivo da “Configurazione dispositivi”.



In figura la funzione per la comunicazione con le celle di carico.

Per permettere la comunicazione tra il controllore e il pannello operatore ho creato un “Collegamento HMI” dalla sezione “Dispositivi & Reti”.



In figura il collegamento PN/IE_2.

3.4. IMPLEMENTAZIONE LOGICA DI CONTROLLO

Di seguito sono riportati maggiori dettagli sull'implementazione del controllo del dosatore.

Creazione della “Tabella delle variabili standard” per l'assegnazione degli indirizzi degli ingressi e delle uscite.

Le variabili “SensoreMassimo”, “RiempimentoTramoggia” e “SensoreMinimo” sono ingressi digitali. La variabile “UscitaRefFreq” è un'uscita analogica e rappresenta l'output che servirà per il comando dell'estrusore. La variabile “UscitaMarciaInverter” è un'uscita digitale che comanda l'avvio dell'inverter.

Tabella delle variabili standard								
	Nome	Tipo di dati	Indirizzo	Ritenz...	Acces...	Scrivi...	Visibil...	Controllo
1	 SensoreMassimo	Bool	%I0.0	☐	☒	☒	☒	
2	 RiempimentoTramoggia	Bool	%Q4.0	☐	☒	☒	☒	
3	 SensoreMinimo	Bool	%I0.1	☐	☒	☒	☒	
4	 UscitaRefFreq	Int	 %QW0	☐	☒	☒	☒	
5	 UscitaMarciaInverter	Bool	%Q4.1	☐	☒	☒	☒	

In figura la Tabella delle variabili standard del progetto.

Per la memorizzazione dei dati del programma ho utilizzato un “Blocco dati (DB)”.

VARIABILI_GLOBALI								
	Nome	Tipo di dati	Valore di avvio	Ritenzione	Accessibile ...	Scrivi...	Visibile in ..	Valore di i...
1	 Static			☐	☐	☐	☐	☐
2	 Step	Int	0	☐	☒	☒	☒	☐
3	 Programma_Avviato	Bool	0	☐	☒	☒	☒	☐
4	 PesoCicloPrecedente	Real	-1.0	☐	☒	☒	☒	☐
5	 IntervalloTempoCyclel...	Real	10000.0	☐	☒	☒	☒	☐
6	 PortataAttuale	Real	0.0	☐	☒	☒	☒	☐
7	 PesoAttuale	Real	0.0	☐	☒	☒	☒	☐
8	 Pre-comando	Real	0.0	☐	☒	☒	☒	☐
9	 ControlloreON	Bool	0	☐	☒	☒	☒	☐
10	 Setpoint	Int	0	☐	☒	☒	☒	☐
11	 OutputPID	Real	0.0	☐	☒	☒	☒	☐

In figura il DB per la memorizzazione dei dati.

Implementazione della logica di controllo nel “Main”.

▼ Titolo del blocco: "Main Program Sweep (Cycle)"

Commento

▼ Segmento 1:

Commento

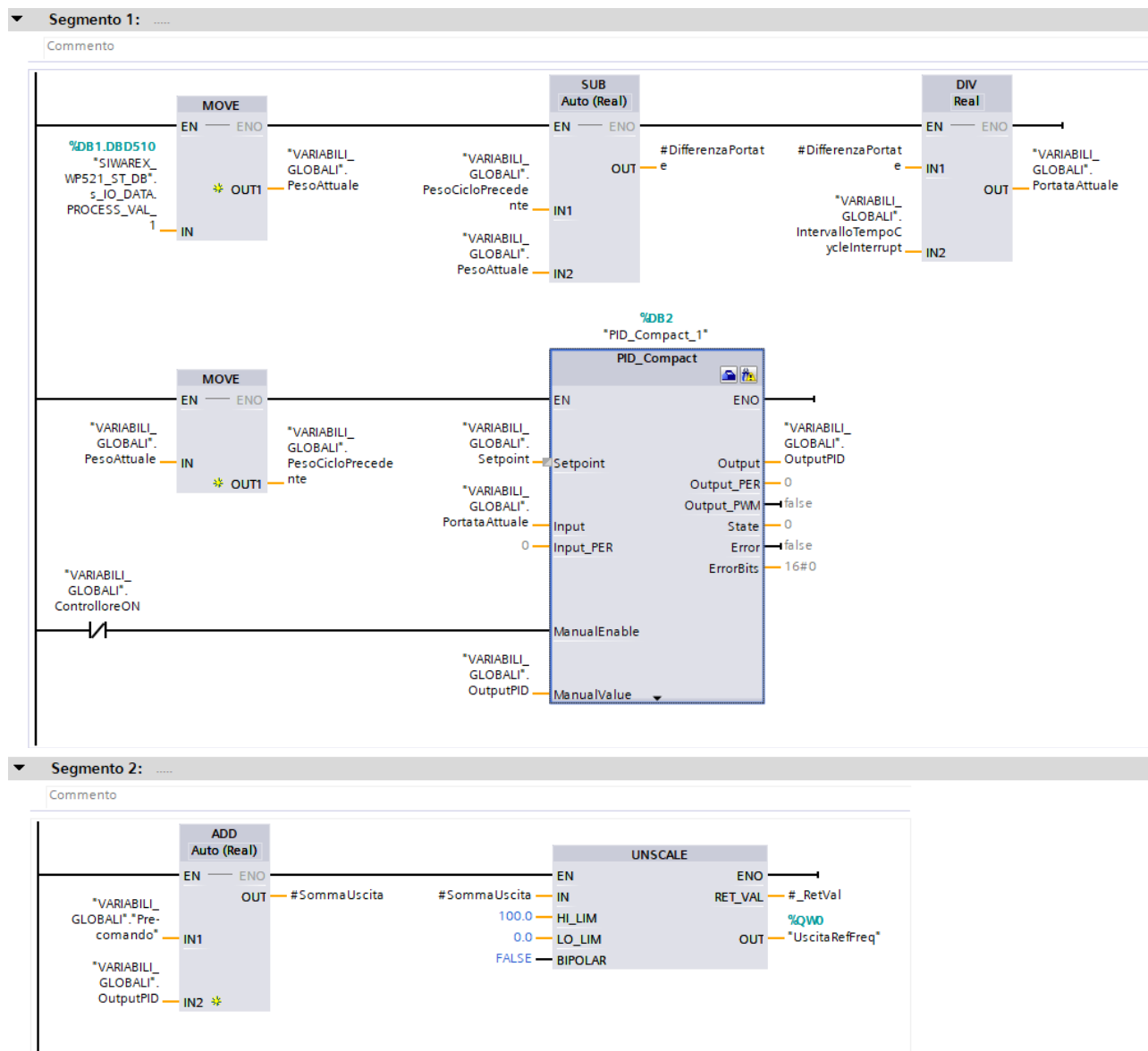
```
1 IF NOT "VARIABILI_GLOBALI".Programma_Avviato THEN
2     "VARIABILI_GLOBALI".Step := 0;
3     "VARIABILI_GLOBALI".Setpoint := 0;
4     "VARIABILI_GLOBALI".PesoCicloPrecedente := -1;
5     "VARIABILI_GLOBALI".ControlloreON := FALSE;
6     "UscitaMarciaINverter" := FALSE;
7 END_IF;
8
9 "SIWAREX_WP52x_ST_DB"();
10
11 CASE "VARIABILI_GLOBALI".Step OF
12     0: // In attesa dello start
13     IF "VARIABILI_GLOBALI".Programma_Avviato THEN
14         "VARIABILI_GLOBALI".Step := 10;
15         "UscitaMarciaINverter" := TRUE;
16     END_IF;
17     10: // Riempimento tramoggia -> quando piena avanziamo
18     "RiempimentoTramoggia" := NOT "SensoreMassimo";
19     IF "IEC_Timer_0_DB".Q THEN
20         "VARIABILI_GLOBALI".Step := 20;
21     END_IF;
22     20: // Accensione PID
23     "VARIABILI_GLOBALI".ControlloreON := TRUE;
24     "VARIABILI_GLOBALI".Step := 30;
25     30: // Una volta che il Livello Minimo è OFF -> spegniamo controllore
26     IF NOT "SensoreMinimo" THEN
27         "VARIABILI_GLOBALI".ControlloreON := FALSE;
28         "VARIABILI_GLOBALI".Step := 10;
29     END_IF;
30 END_CASE;
31
32 "IEC_Timer_0_DB".TON(IN:="SensoreMassimo",
33     PT:=t#2s);
34
```

In figura il codice del blocco di programma “Main” in linguaggio SCL

Creazione dell'OB Cyclic interrupt per il funzionamento del controllore PID.

Il controllore PID, per il suo corretto funzionamento, necessita di essere richiamato ad intervalli regolari.

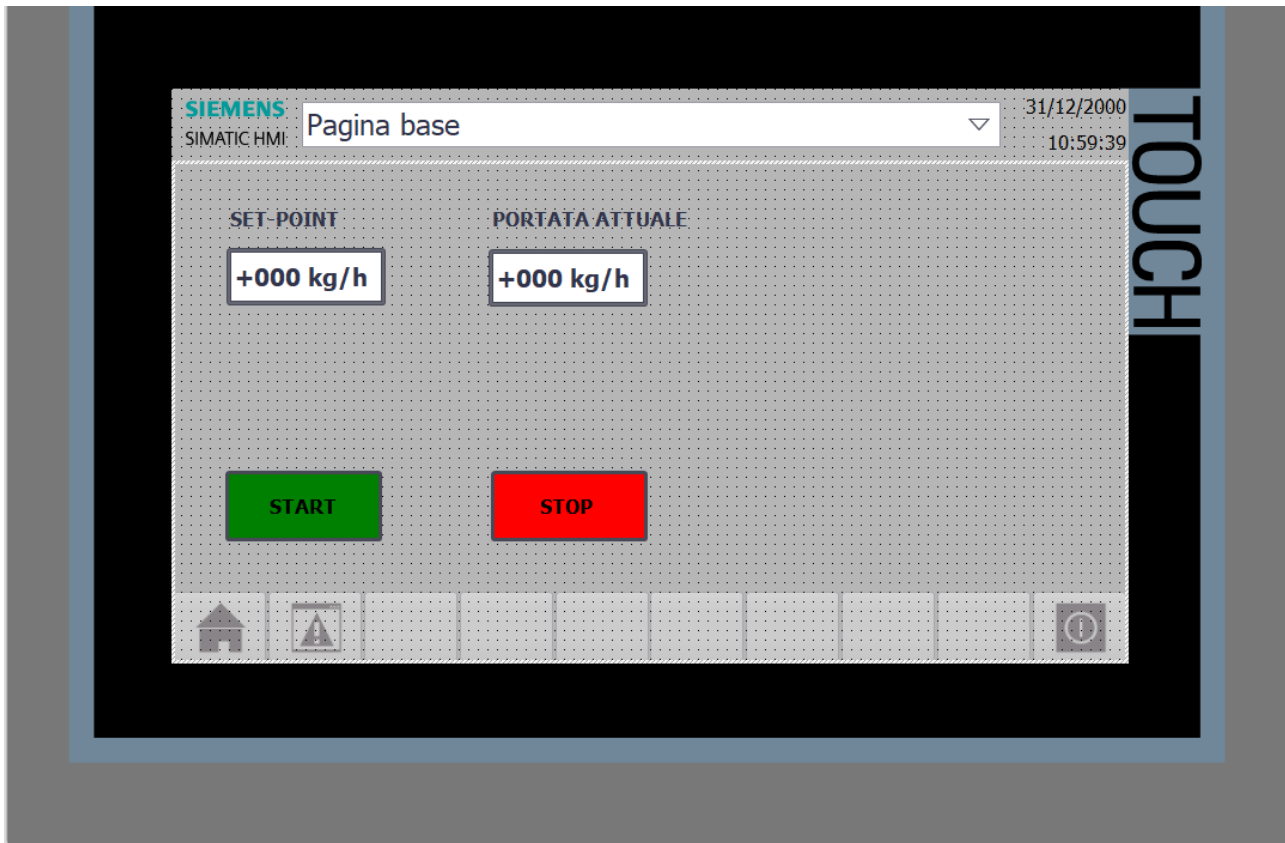
Il tempo di esecuzione del "Main" non è costante e dunque non è possibile eseguire il controllore PID ("PID_compact") direttamente in questo blocco di programma. È necessario eseguire la funzione "PID_compact" in un blocco di programma dedicato, chiamato "OB Cyclic interrupt". Questo, infatti, verrà eseguito dal PLC ad intervalli regolari.



In figura il codice del blocco di programma "Cyclic interrupt" in linguaggio LAD.

Nel pannello operatore ho deciso di creare i seguenti componenti:

- Pulsante “START” per l’avvio del programma;
- Pulsante “STOP” per lo spegnimento del programma;
- Cella “SET-POINT” per l’inserimento della portata massica desiderata in Kg/h;
- Cella “PORTATA ATTUALE” per la visualizzazione della portata massica attuale.



In figura è rappresentata la “Pagina base” del pannello operatore.

Per rendere le variabili del PLC modificabili attraverso il pannello operatore è necessario creare la “Tabella delle variabili standard” dell’HMI assegnando per ogni variabile dell’HMI la sua corrispettiva variabile del PLC. È necessario, inoltre, nel campo “Collegamento” inserire la modalità di comunicazione tra le due parti.

Nome	Tipo di dati	Collegamento	Nome PLC	Variabile PLC	Indirizzo	Tipo di accesso	Ciclo di acquisi...
Portata Attuale	Real	HMI_Collegame...	PLC_1	VARIABILI_GLOBALI.Port...		<accesso simbolico>	100 ms
Programma_Avviato	Bool	HMI_Collegame...	PLC_1	VARIABILI_GLOBALI.Prog...		<accesso simbolico>	100 ms
Setpoint	Int	HMI_Collegame...	PLC_1	VARIABILI_GLOBALI.Setp...		<accesso simbolico>	100 ms
Variabile_Numero di pagina	UInt	<Variabile inter...		<Non definita>			1 s

In figura è rappresentata la “Tabella delle variabili standard”.

CONCLUSIONI E RINGRAZIAMENTI

Tramite la procedura seguita è stato possibile creare, in via teorica, un dosatore gravimetrico in grado di svolgere le stesse funzioni di quello reale ma con un costo ridotto grazie alla rimozione del dispositivo INTECONT® Tersus e all'integrazione del sistema di pesatura SIWAREX WP521.

Questo progetto mi ha permesso di avvicinarmi maggiormente al mondo dell'automazione industriale dandomi l'opportunità di analizzare più da vicino le problematiche inerenti alla sua concreta applicazione. In particolare, ho avuto la possibilità di scoprire come affrontare un problema di automazione partendo dall'analisi teorica fino alla creazione del software per il suo controllo.

I miei primi ringraziamenti vanno a mia madre, mio padre e mio fratello Riccardo perché mi sono stati sempre vicini e mi hanno spinto a raggiungere sempre i miei obiettivi. Sono quotidianamente la mia fonte di ispirazione.

Vorrei anche ringraziare in particolar modo il Sig. Stefano Zago, mio tutor nell'azienda, in quanto mi ha dato la possibilità di svolgere questa importante esperienza, dandomi nuovi spunti per il mio futuro.

Vorrei anche ringraziare il prof. Ferrante, relatore di questa tesi, in quanto è stato proprio durante le sue lezioni che è nato il mio interesse per questo affascinante settore.