

ALMA MATER STUDIORUM - UNIVERSITA' DI
BOLOGNACAMPUS DI CESENA

DIPARTIMENTO DI INFORMATICA – SCIENZA E
INGEGNERIA

CORSO DI LAUREA IN INGEGNERIA E SCIENZE
INFORMATICHE

REALIZZAZIONE DI UN SISTEMA
AUTOMATICO INTEGRATO PER
LAVORAZIONI INDUSTRIALI

Elaborato in
SISTEMI E ARCHITETTURE PER L’AUTOMAZIONE

Relatore
Prof. Giuseppe Levi

Presentata da
Nicholas Bertozzi

Anno accademico 2022-2023

INDICE

1.	Introduzione	1
2.	Automazione industriale e industria 4.0	3
2.1	Industria 4.0	3
2.2	Automazione industriale.....	3
2.3	Esempi di tecnologie utilizzate in automazione industriale	4
3.	Progetto: Foratrice e aggiornamento Isola Robotizzata.....	8
3.1	Prodotto lavorato	8
3.2	Isola robotizzata precedente all’installazione della Foratrice	9
3.2.1	Comunicazione tra le parti.....	11
3.3	Isola robotizzata successiva all’installazione della Foratrice.....	13
3.4	Foratrice.....	15
4.	Progettazione Foratrice	19
4.1	Comunicazione tra le parti.....	19
4.2	Diagramma a stati.....	20
4.3	Tempo ciclo	23
4.4	Gestione elettrovalvole alimentazione pneumatica	24
4.5	Programma di manutenzione	26
4.6	Esclusioni unità.....	28
4.7	ST.01 – Movimentazione orizzontale torri.....	29
4.7.1	Sensori, attuatori e componenti meccaniche	29
4.7.2	Posizionamento	30
4.7.3	Funzionamento stazione	31
4.8	ST.02 – Carrello movimentazione barre e tenute torri	32
4.8.1	Sensori, attuatori e componenti meccaniche	32
4.8.2	Posizionamento	35
4.8.3	Funzionamento stazione	36
4.8.4	Comunicazione con robot	39
4.9	ST.03 – Foratrice destra superiore e ST.04 – Foratrice sinistra superiore.....	41
4.9.1	Sensori, attuatori e componenti meccaniche	41
4.9.2	Posizionamento	42
4.9.3	Funzionamento stazione	43
4.10	ST.05 – Unità di svasatura destra inferiore e ST.06 – Unità di svasatura sinistra inferiore.....	46

4.10.1	Sensori, attuatori e componenti meccaniche	46
4.10.2	Posizionamento	47
4.10.3	Funzionamento stazione	47
4.11	ST.07 – Tramoggia evacuazione trucioli e pompe refrigerante.	48
4.11.1	Sensori, attuatori e componenti meccaniche	48
4.11.2	Funzionamento stazione	49
4.12	ST.08 – Stazione ingrassaggio	50
4.12.1	Sensori, attuatori e componenti meccaniche	50
4.12.2	Posizionamento	51
4.12.3	Funzionamento stazione	51
5.	Esempi codice PLC	52
5.1	PLC	52
5.1.1	Ambiente di sviluppo	52
5.1.2	Linguaggi di programmazione PLC	53
5.1.3	Struttura del codice	56
5.2	OB1 – Main program	58
5.3	Codice per la gestione del funzionamento delle stazioni	60
6.	Conclusioni	67

1. INTRODUZIONE

L'obiettivo di questa tesi è documentare il processo di realizzazione di un software PLC per un macchinario industriale. Verranno descritti i componenti hardware di cui è composto il macchinario e verranno mostrate tutte le fasi di: analisi, progettazione e sviluppo del software che sono state necessarie per passare da un contratto in carta di acquisto del macchinario sino al prodotto finito. Il macchinario che verrà descritto è chiamato Foratrice, si occupa di effettuare dei fori alle estremità di barre metalliche di vari formati, tale macchinario dovrà essere integrato all'interno di un'isola robotizzata già esistente composta da un robot antropomorfo e un macchinario chiamato Raddrizzatrice. Peculiarità della Foratrice, sarà la possibilità di lavorare anche in maniera autonoma, con caricamento frontale delle barre da parte dell'operatore senza che l'isola robotizzata sia in funzionamento automatico. Il ciclo di lavoro automatico dell'isola robotizzata, alla fine dell'integrazione della Foratrice sarà composto da un robot antropomorfo che avrà la funzione di asservire le barre alla macchina già presente, Raddrizzatrice, oppure alla Foratrice in base alla tipologia di lavorazione richiesta dal prodotto. Per rispettare le specifiche dettate dall'Industria 4.0, l'isola robotizzata è in comunicazione con il software MES aziendale. Il MES ha due compiti fondamentali, il primo compito è quello di inviare all'isola robotizzata tutti i lotti di produzione che dovranno essere effettuati in ordine temporale per soddisfare al meglio le richieste dei clienti, il secondo compito corrisponde nel raccogliere e rielaborare tutti i dati di produzione che genera l'isola robotizzata durante il lavoro. La maggior parte della tesi verrà incentrata sugli aspetti software della Foratrice, ma verranno anche spiegati i nuovi cicli di funzionamento dell'isola robotizzata con il nuovo macchinario. I dettagli sul funzionamento di robot antropomorfo e Raddrizzatrice non saranno riportati nel dettaglio in quanto non sono stati sviluppati da Denken Italia.

La scelta del campo dell'automazione industriale è da attribuire all'interesse per alcuni dei vari corsi seguiti durante il percorso universitario, che mi

hanno portato ad interessarmi a questo mondo di “giganti meccanici” che conciliano software, elettronica e meccanica. Il mio percorso nell’automazione industriale è iniziato con il tirocinio formativo che ho svolto presso Righi Elettroservizi, successivamente si è trasformato in un rapporto di lavoro presso Denken Italia, entrambe le aziende fanno parte del Righi Group. La scoperta di queste aziende è avvenuta mediante il Job Day, un’iniziativa dell’Università che si è svolta nel campus di Cesena. All’interno dell’azienda sono seguito da due senior software engineer, Barchi Vladimir e Casali Emanuele che mi hanno accompagnato nella realizzazione software del progetto Foratrice.

2. AUTOMAZIONE INDUSTRIALE E INDUSTRIA 4.0

2.1 INDUSTRIA 4.0

Il termine industria 4.0 venne coniato alla fiera di “Hannover Messe” del 2011, una fiera sulle tecnologie industriali, per poi essere sdoganato e reinterpretato dagli stati europei in base al proprio tessuto socioeconomico. L'industria 4.0 è una nuova generazione di processi produttivi basati sull'integrazione di tecnologie avanzate come l'Internet of Things (IoT), l'intelligenza artificiale (AI) e l'automazione dei processi produttivi. Queste tecnologie consentono alle aziende manifatturiere di aumentare l'efficienza, ridurre i costi e migliorare la qualità dei prodotti. L'obiettivo della quarta rivoluzione industriale è quello di migliorare le tecnologie e le infrastrutture industriali esistenti, porre le basi per quelle future, il tutto per soddisfare le esigenze di un mercato globale in continua evoluzione.

2.2 AUTOMAZIONE INDUSTRIALE

L'automazione industriale si riferisce all'utilizzo di tecnologie informatiche e meccaniche avanzate per automatizzare i processi industriali, migliorare l'efficienza, ridurre i costi e aumentare la sicurezza. Comprende l'utilizzo di strumenti di misurazione e controllo, robot, sistemi di controllo numerico computerizzati, sistemi di controllo distribuiti, sistemi di produzione, sistemi di movimentazione materiali e sistemi di gestione della produzione. L'automazione industriale può anche essere utilizzata per fornire una maggiore flessibilità e precisione nella produzione di componenti e prodotti finiti. Queste tecnologie consentono di creare sistemi industriali più flessibili, efficienti e connessi.

2.3 ESEMPI DI TECNOLOGIE UTILIZZATE IN AUTOMAZIONE INDUSTRIALE

Le tecnologie che vengono utilizzate in automazione industriale possono variare in base al settore di applicazione del macchinario, di seguito verranno elencate e brevemente spiegate le tecnologie utilizzate all'interno del progetto:

PLC

Un Programmable Logic Controller (PLC) è un dispositivo di automazione industriale che controlla le macchine e i processi industriali. Il PLC può essere programmato per svolgere varie attività attraverso l'utilizzo di uno o più linguaggi di programmazione. Un PLC è composto da una unità centrale (CPU), una serie di entrate, uscite, relè e altri dispositivi di input/output (I/O). La CPU elabora gli input e determina le azioni da intraprendere in funzione dei programmi memorizzati nel PLC. Le uscite possono essere controllate da una serie di relè, che inviano segnali ad altri dispositivi, come motori, servoazionamenti e altri dispositivi. Il PLC è inoltre in grado di monitorare e registrare informazioni, come le condizioni di un processo, che possono essere visualizzate e analizzate da un computer. Il PLC offre molti vantaggi. In primo luogo, è in grado di svolgere molte funzioni in modo rapido ed efficiente, è facile da programmare e può essere utilizzato in impianti inospitali per altre tipologie di controllo.



FIGURA 1 - CPU 1512SP F-1 PN PER PIATTAFORMA ET200SP DI SIEMENS

Robot Antropomorfi

I robot industriali sono macchine programmabili che possono eseguire una varietà di compiti in modo accurato e ripetitivo. Vengono utilizzati per sostituire le operazioni manuali e sono una parte essenziale della produzione moderna. I robot possono essere configurati per eseguire una vasta gamma di attività, come la manipolazione di parti, saldatura, taglio, verniciatura, assemblaggio e movimentazione di materiali. I robot industriali antropomorfi sono generalmente costituiti da un braccio robotico con all'estremità una pinza o simili e un controller. Il braccio robotico è la parte principale ed è composto da una serie di giunti che possono essere programmati per eseguire movimenti complessi. Il controller è un computer che gestisce le funzioni del robot. I robot industriali offrono ai produttori numerosi vantaggi, tra cui una maggiore produttività, una riduzione dei costi, una maggiore precisione e una maggiore sicurezza. Inoltre, i robot possono eseguire compiti in condizioni di lavoro difficili e possono sostituire le condizioni di lavoro umane pericolose. Tuttavia, i robot industriali possono anche avere alcuni svantaggi, come l'alto costo iniziale, la manutenzione complessa e i limiti nell'esecuzione di compiti complessi.



FIGURA 2 - ROBOT ANTROPOMORFO IRB 5720 DI ABB

Motore asincrono con inverter

I motori asincroni con inverter sono una tecnologia avanzata di cui si può fare uso in ambienti industriali. Essi offrono prestazioni migliori, più affidabilità e maggiore efficienza rispetto ai motori asincroni tradizionali. Il loro funzionamento è basato sull'uso di un inverter, un dispositivo in grado di convertire la corrente alternata in corrente continua e viceversa. Ciò consente di regolare la velocità del motore in modo preciso, aumentando la sua potenza, migliorando l'efficienza energetica e maggiore flessibilità nel controllo.

Servoazionamenti

I servoazionamenti industriali sono una tecnologia che permette di controllare: velocità, forza e la posizione di un motore elettrico con una precisione estremamente elevata. Utilizzando un sistema di feedback e un algoritmo di controllo, i servoazionamenti industriali permettono ai motori elettrici di rispondere in modo rapido ed efficiente alle richieste dell'utente. Questa tecnologia è stata sviluppata per sostituire i sistemi di controllo meccanico in applicazioni che richiedono un controllo preciso e flessibile di velocità e posizione.



FIGURA 3 - INVERTER SIEMENS G120C



FIGURA 4 - SERVO CONTROLLORE V90 SIEMENS CON MOTORE

HMI

Gli HMI (Human Machine Interface o Interfaccia Uomo Macchina) in ambito industriale, sono dispositivi elettronici che consentono ai tecnici e ai responsabili della produzione di interagire con le apparecchiature industriali. Possiamo paragonare questi dispositivi ai monitor dei computer, con la differenza che invece di mostrare il desktop forniscono informazioni del macchinario o impianto industriale a cui sono collegati. Essi forniscono una varietà di funzionalità utili sullo stato di funzionamento del macchinario, come l'elaborazione dei dati di produzione, visualizzazione di anomalie, gestione delle funzioni di sicurezza e la configurazione delle apparecchiature. Gli HMI consentono inoltre di eseguire operazioni di manutenzione in modo più efficiente. Grazie alla loro interfaccia intuitiva, consentono a un operatore di eseguire le operazioni richieste senza necessità di una formazione specifica su come utilizzare le apparecchiature.



FIGURA 5 - PANNELLO OPERATORE SIEMENS TP700 COMFORT

3. PROGETTO: FORATRICE E AGGIORNAMENTO ISOLA ROBOTIZZATA

Il progetto Foratrice nasce dall'esigenza di aggiungere una nuova tipologia di lavorazione all'isola robotizzata preesistente. La lavorazione che verrà effettuata dalla Foratrice consiste nell'effettuare fori equidistanti su barre metalliche a distanza variabile. L'operazione di foratura delle barre, prima dell'aggiunta della Foratrice, era effettuata da un operatore con l'ausilio di elettroutensili. Il problema riscontrato con le operazioni di foratura manuale è la costanza nella precisione del prodotto finito. Per risolvere il problema è stato deciso di creare la Foratrice.

3.1 PRODOTTO LAVORATO

Il prodotto che dovrà essere lavorato corrisponde a barre in metallo acciaiolo con le seguenti caratteristiche:

- lunghezza variabile da 760mm a 2000mm
- larghezza variabile da 40mm a 50mm
- spessore variabile da 8mm a 25mm
- peso della barra variabile da 2kg a 15kg



FIGURA 6 - CESTELLO SINISTRO CONTENENTE LE BARRE DA LAVORARE, CESTELLO DESTRO CONTENENTE LE BARRE LAVORATE

3.2 ISOLA ROBOTIZZATA PRECEDENTE ALL'INSTALLAZIONE DELLA FORATRICE

L'isola robot è stata modificata nel tempo per venire incontro alle esigenze del cliente. Nella versione precedente all'installazione della Foratrice, l'isola era composta nel seguente modo:

- Robot antropomorfo
- Cestelli di carico e scarico barre
- Supporto di azzeramento barre
- Macchinario Raddrizzatrice



FIGURA 7 - ISOLA ROBOTIZZATA PRE-FORATRICE (VISTA FRONTALE)

Descrizione ciclo di funzionamento

La prima cosa da effettuare per mettere l'isola robotizzata in lavoro è la selezione del lotto di produzione, ciò avviene mediante il PC di bordo macchina della Raddrizzatrice. Quando viene creato il lotto di produzione vengono trasmesse le informazioni sul prodotto da lavorare e sulla quantità al PLC dell'isola robotizzata. Con il prodotto correttamente caricato e messo in lavoro, viene data la possibilità all'operatore di caricare il cestello contenente le barre da lavorare e il cestello vuoto che andrà a contenere le barre già lavorate. Una volta finita l'operazione di caricamento l'operatore conferma all'isola robotizzata che il ciclo di caricamento è terminato ed è abilitata al lavoro. Quando viene abilitato il funzionamento automatico, la prima operazione svolta è il posizionamento dei cestelli per facilitare le

operazioni di movimentazione barre da parte del robot antropomorfo. La seconda parte del posizionamento tra robot e Raddrizzatrice avviene in parallelo, il robot controlla se la quantità di barre caricate corrisponde con quella immessa nella creazione del lotto mediante un sensore laser e si posiziona per prendere la prima barra da lavorare, mentre la Raddrizzatrice si posiziona per iniziare il ciclo di lavoro. Quando robot e Raddrizzatrice hanno finito di posizionarsi ha inizio il primo ciclo di lavoro. Il primo ciclo di lavoro in funzionamento automatico consiste nel prelievo di una barra, da parte del robot, dal cestello delle barre da lavorare, la barra viene trasportata sul supporto di azzeramento e pinzata ad una specifica quota. La barra, opportunamente quotata nelle pinze del robot, viene servita alla Raddrizzatrice. Terminata la posa della prima barra, mentre la Raddrizzatrice inizia il ciclo di raddrizzatura, il robot torna al cestello delle barre da lavorare per prelevare la barra successiva. Durante tutto il primo ciclo il robot avrà in pinza al massimo una barra. Il secondo ciclo di funzionamento automatico inizia col prelievo di una nuova barra dal cestello apposito, pinzata a una quota precisa mediante il supporto di azzeramento, effettuato lo scambio barra con la Raddrizzatrice (prelievo della barra lavorata e deposito della nuova barra), deposito della barra lavorata nel cestello apposito. Terminato il secondo ciclo, tutti i cicli successivi, denominati cicli nominali, avverranno sempre con i medesimi passaggi. Durante lo scambio barra tra robot e Raddrizzatrice che avviene nei cicli nominali, il robot avrà in pinza al massimo due barre. I cicli finali differiscono per qualche passaggio, rispetto a quelli nominali. Quando viene prelevata dalla Raddrizzatrice la penultima barra lavorata e viene posizionata l'ultima barra da lavorare, il robot deposita nel cestello delle barre lavorate la barra che ha in pinza, non va a prelevare nessuna barra dal cestello delle barre da lavorare e torna direttamente in attesa davanti alla Raddrizzatrice la fine della lavorazione. Quando la lavorazione dell'ultima barra viene terminata, viene prelevata, posizionata nel cestello delle barre lavorate e il robot termina il ciclo portandosi nella posizione di home. Il lotto di produzione viene chiuso, i cestelli abbassati per permettere le operazioni di scarico dell'isola robotizzata. Durante i cicli di lavoro, la Raddrizzatrice trasmette i dati di lavorazione all'isola robotizzata che si occupa di storicizzarli nel server aziendale.

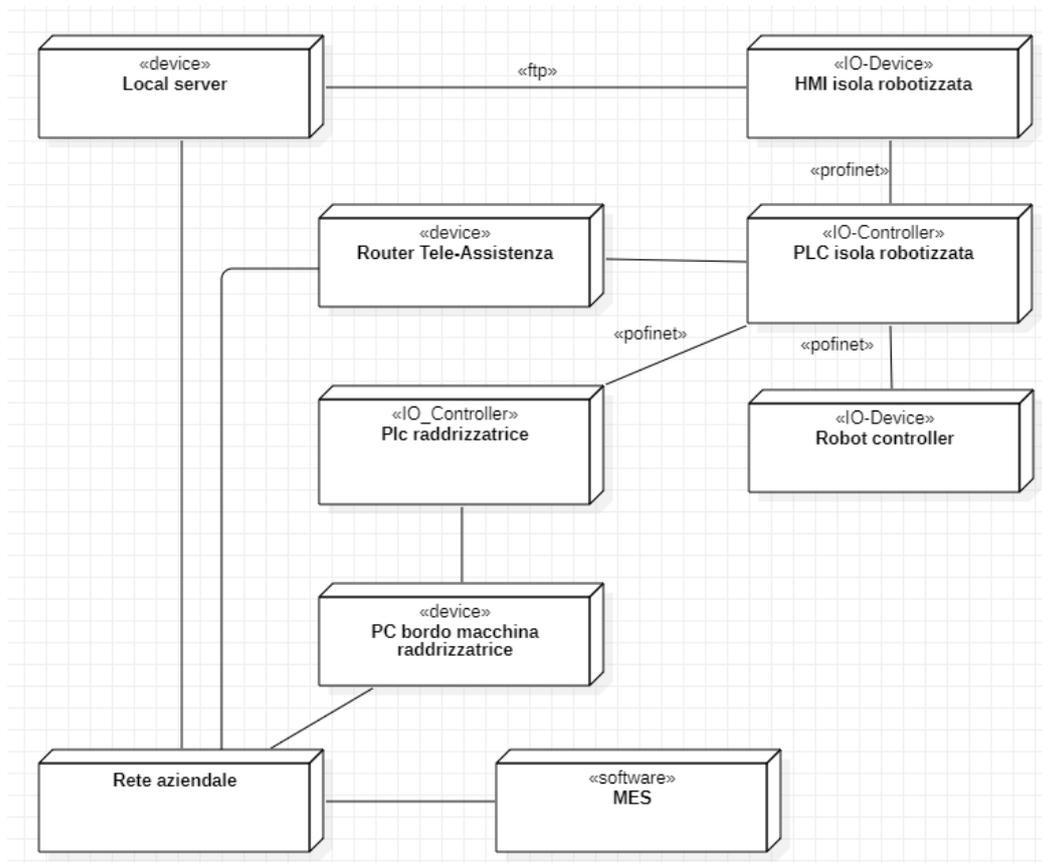


FIGURA 8 - ISOLA ROBOTIZZATA PRE-FORATRICE (VISTA DISPOSITIVI HMI)

3.2.1 COMUNICAZIONE TRA LE PARTI

Il protocollo Profinet (Process Field Network) è uno standard di comunicazione sviluppato su Industrial Ethernet e progettato per la raccolta e la gestione di dati all'interno di sistemi industriali. Lo standard Profinet, sviluppato da Siemens e dalle aziende associate all'organizzazione degli utenti PROFIBUS (PNO), definisce la comunicazione con i dispositivi periferici in tempo reale attraverso un concetto a cascata tra controllori (IO-Controller) e dispositivi (IO-Devices). I controller IO sono in genere PLC o IPC, mentre gli IO-Device possono essere blocchi I/O, azionamenti, sensori o attuatori.

La rete cablata all'interno dell'Isola Robotizzata è basata su Industrial Ethernet. PLC, HMI e robot utilizzano Profinet come protocollo a livello applicativo. Altri dispositivi all'interno della rete utilizzano altri protocolli di comunicazione. Il pannello operatore dell'isola robotizzata è in comunicazione con il server aziendale, su cui andrà a storicizzare tutti i dati relativi alla produzione. Il router per la tele-assistenza risulta essere comodo per fornire assistenza al cliente potendo essere collegato in live al PLC del macchinario senza essere fisicamente nel luogo di locazione del macchinario.



DIAGRAMMI UML 1 - SINTESI GRAFICA DELLE COMPONENTI CONNESSE ALL'INTERNO DELL'ISOLA E PROTOCOLLI DI COMUNICAZIONE

3.3 ISOLA ROBOTIZZATA SUCCESSIVA ALL'INSTALLAZIONE DELLA FORATRICE

L'isola robotizzata aggiornata all'ultima versione comprende i seguenti componenti:

- Robot antropomorfo
- Cestelli di carico e scarico barre
- Supporto di azzeramento barre
- Macchinario Raddrizzatrice
- Macchinario Foratrice

Descrizione ciclo di funzionamento

Il ciclo di lavoro con l'aggiunta della nuova macchina è molto simile alla versione precedente. Nella nuova versione durante la fase di selezione del lotto di produzione l'operatore può scegliere quali macchine dovranno lavorare durante il lotto, è possibile scegliere che lavori solo una delle due macchine oppure entrambe. Nel caso in cui venga scelta la lavorazione di una sola macchina, il ciclo di funzionamento dell'isola rimane invariato rispetto alla versione precedente. Se viene scelto il funzionamento con entrambe le macchine, la barra prelevata dalla Raddrizzatrice viene portata in lavorazione alla Foratrice e la barra lavorata dalla foratrice verrà posizionata nell'apposito cestello delle barre lavorate.

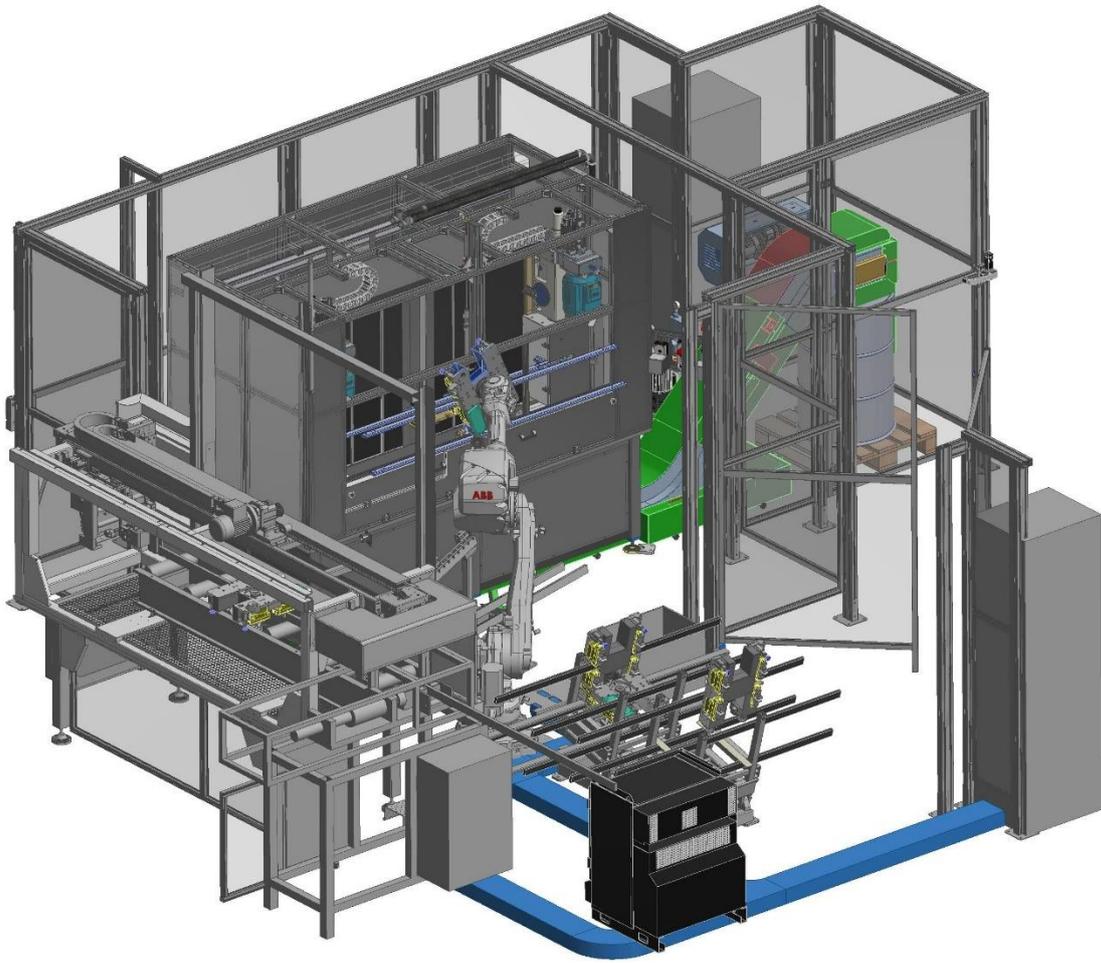


FIGURA 9 - LAYOUT COMPLETO ISOLA ROBOTIZZATA

3.4 FORATRICE

La foratrice è un macchinario integrato per lavorazioni industriali.

La precisione sulla posizione dei fori richiesta dal cliente è di 1mm, la Foratrice è in grado di fornire una precisione di 0.1mm. La precisione della posizione dei fori viene controllata dal cliente con dei banchetti di misurazione appositamente creati. A fine lotto vengono prelevate delle barre campione su cui verranno effettuate le misure sopra indicate.

Nel funzionamento della Foratrice sono integrati tre tipi di funzionamento: automatico, bimanuale e manuale.

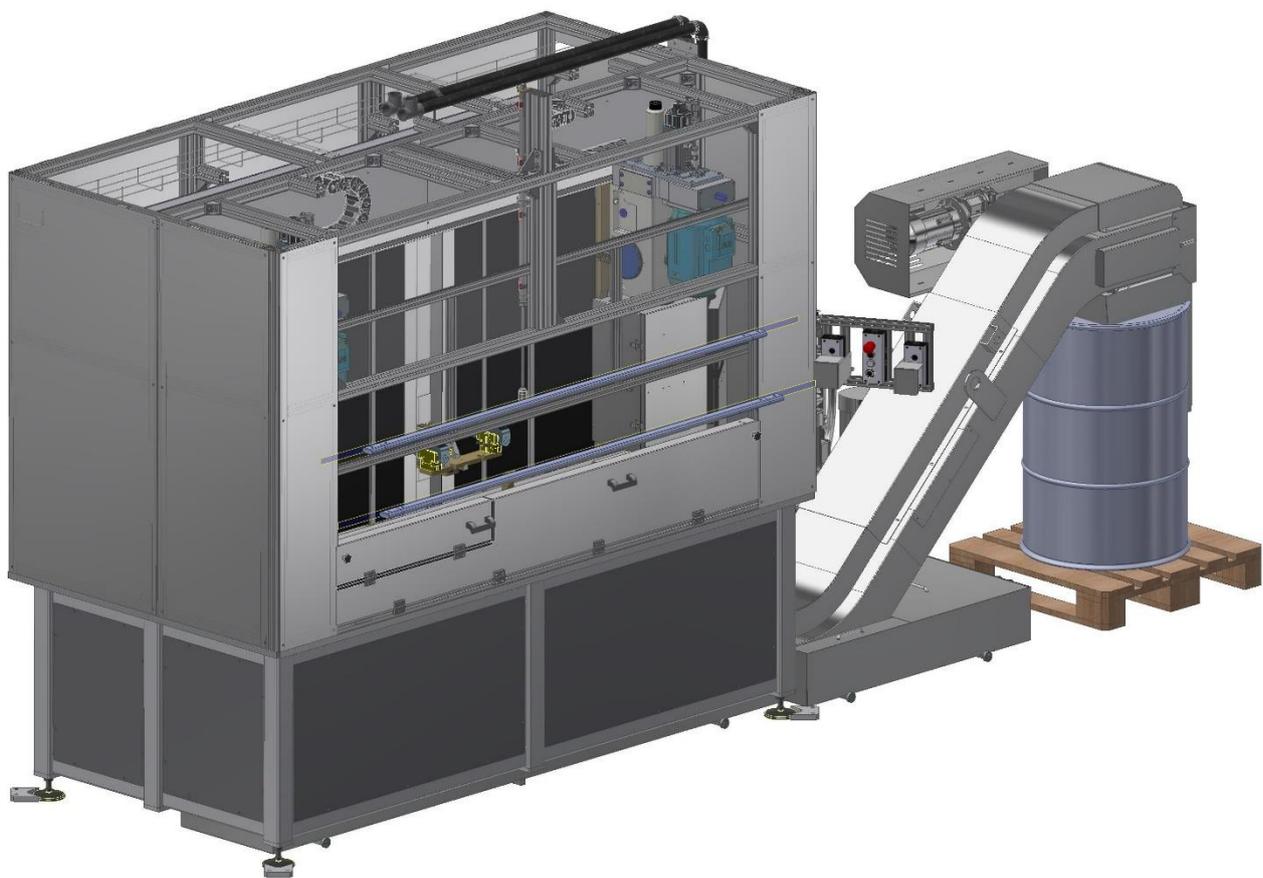


FIGURA 10 – MACCHINA FORATRICE

Funzionamento automatico:

Durante questo tipo di funzionamento la barra che lavorerà la Foratrice è asservita dal robot con un opportuno scambio di segnali. Il carrello per il trasferimento delle barre è nella posizione esterna della macchina e una volta caricata la barra si occuperà di trasportarla all'interno per la lavorazione. Con la barra posizionata all'interno sulle morse di foratura, verrà fermata in posizione con tenute pneumatiche. Quando tutte le tenute sono in posizione

avrà inizio il ciclo di foratura con liquido refrigerante, che spruzzato da opportune pompe, ha il compito di mantenere in un range ottimale le temperature di funzionamento. I fori saranno effettuati alle estremità della barra da due unità di foratura speculari. Le unità di foratura sono formate: nella parte superiore da una unità elettro-meccanica per le operazioni di foratura e svaso della parte superiore del foro, da una unità inferiore elettro-pneumatica per lo svaso della parte inferiore del foro. Il processo di foratura e svasatura dell'unità superiore avverrà in vari step: il primo step corrisponde nell'avvicinamento della punta di foratura alla barra, nel secondo step si effettua il foro, nel terzo step si avvicina la parte di svasatura della punta alla barra, nel quarto e ultimo step si effettua la svasatura del foro fatto in precedenza. Una volta terminato il lavoro dell'unità di foratura superiore, può iniziare il lavoro l'unità di svasatura inferiore. Quando tutti gli step di foratura e svasatura sono terminati, le unità di foratura superiori e inferiori tornano in una posizione consona alla movimentazione della barra. Le tenute che hanno bloccato la barra per il processo di foratura liberano la barra. La barra lavorata, quando richiesto dal robot, viene tralata all'esterno della foratrice per il prelievo della stessa e il deposito della nuova barra. Una fase molto importante che viene eseguita durante la traslazione della barra verso l'esterno della Foratrice è l'asciugatura mediante soffi pneumatici, mentre la barra è in movimento viene sparata con aria compressa per soffiare via tutte le eccedenze di liquido refrigerante. Durante lo scambio barra con il robot, la Foratrice effettua dei cicli di pulizia delle morse di foratura per ripulirle da trucioli metallici e liquido refrigerante. Sotto l'area di foratura è presente una tramoggia che si occupa di raccogliere e convogliare i trucioli metallici prodotti durante la lavorazione, recuperare e filtrare il refrigerante spruzzato dalle pompe. Un circuito di ingrassaggio delle componenti meccaniche si occuperà di iniettare dosi di grasso durante il funzionamento della macchina per evitare usure dei componenti. La movimentazione orizzontale delle unità di foratura è affidata a un motore che viene azionato al cambio formato e nessuna barra presente all'interno della macchina.

Funzionamento bimanuale:

Il funzionamento bimanuale è una tipologia di funzionamento peculiare per un macchinario come la Foratrice. I cicli di funzionamento in questa modalità sono simili a quelli del funzionamento automatico, ma con la particolarità che l'operatore sarà vicino al macchinario. In questo tipo di funzionamento l'operazione di carico delle barre sarà manuale. Al contrario del

funzionamento automatico, dove per far partire le lavorazioni basta premere un pulsante, nel funzionamento bimanuale l'operatore deve impartire dei comandi bimanuali in una consolle posta vicino al macchinario, all'interno di questa consolle è presente un selettore a chiave che abilita la lettura dei comandi bimanuali da parte del PLC e relativa tipologia di funzionamento. L'attivazione del selettore del funzionamento bimanuale inibirà il funzionamento dell'isola robotizzata. La pressione contemporanea dei comandi da al macchinario il consenso a partire. Essendo la Foratrice un macchinario in grado di funzionare in automatico con tutti i macchinari chiusi all'interno dei cancelli di sicurezza dell'isola robotizzata e nessun pericolo per l'operatore, il posizionamento della Foratrice con il passaggio dal funzionamento automatico a bimanuale è un passaggio critico, in quanto il carrello potrebbe essere all'esterno della sagoma della macchina, questa posizione corrisponde alla fase di scambio barra con il robot nel funzionamento automatico. Se il carrello è all'esterno della macchina viene chiesto all'operatore di rimuovere la barra presente all'interno delle pinze, nel caso la barra non sia presente alla pressione dei comandi bimanuali viene posizionato il carrello nella parte interna della macchina. Con il carrello posizionato può iniziare il vero ciclo bimanuale. L'operatore carica la barra da lavorare e preme i pulsanti bimanuali, la portella scorrevole che divide l'operatore dalle unità di foratura viene chiusa, al completamento della chiusura della portella l'operatore è in sicurezza e la macchina effettuerà il ciclo di foratura come nel funzionamento automatico. Al termine della lavorazione della barra la portella scorrevole si aprirà senza bisogno della pressione di nessun pulsante. L'operatore può prelevare la barra lavorata e depositare la successiva da lavorare. Nel caso in cui l'operatore facesse un'operazione che la macchina non ritiene idonea, verrà segnalato su HMI.



FIGURA 11 - PULSANTIERA CON COMANDI BIMANUALI A BORDO MACCHINA (CARTER PULSANTI BIMANUALI ASSENTI)

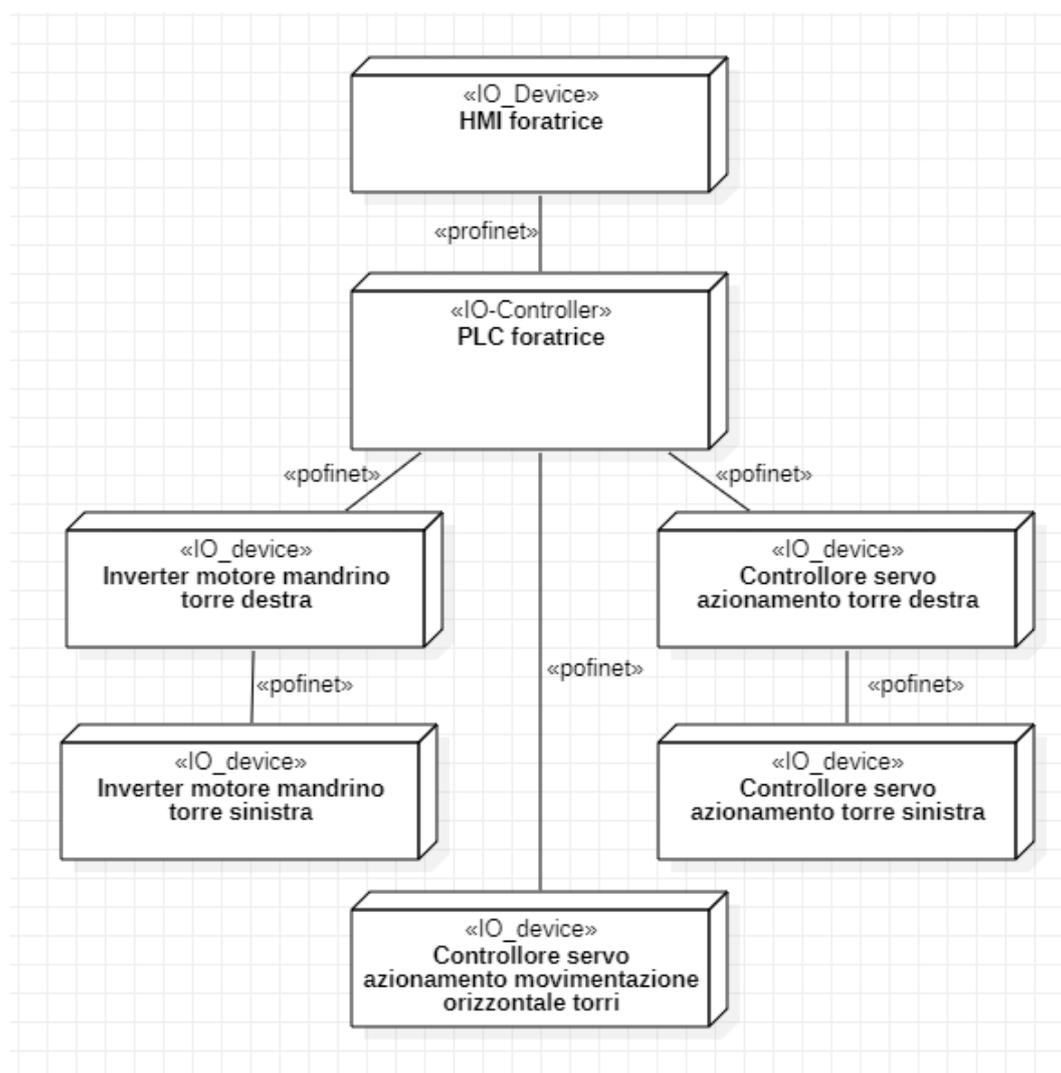
Funzionamento manuale:

Il funzionamento manuale è stato creato per movimentare ogni componente della macchina in maniera indipendente. In manuale non esistono cicli di funzionamento, ma è l'operatore a impartire i comandi singolarmente per ogni utenza della macchina. Questo tipo di funzionamento è stato creato per essere utilizzato quando la macchina è in difficoltà ed essendo cieca, cioè non dotata di sistemi di visione, non ha modo di uscire dalla condizione di blocco, in questo caso l'operatore può intervenire movimentando il componente che da problemi. Il funzionamento manuale non può essere abilitato con il funzionamento bimanuale attivo. Per abilitare il funzionamento manuale l'operatore deve richiedere alla macchina il consenso per la movimentazione manuale, chiudere i cancelli dell'isola così da essere in sicurezza, infine può impartire i comandi alle stazioni desiderate.

4. PROGETTAZIONE FORATRICE

4.1 COMUNICAZIONE TRA LE PARTI

Tutti i dispositivi presenti all'interno della Foratrice comunicano in Profinet. Il PLC della Foratrice è collegato con il PLC dell'isola robotizzata, con cui scambierà tutti i dati per la comunicazione con gli altri componenti dell'isola robotizzata

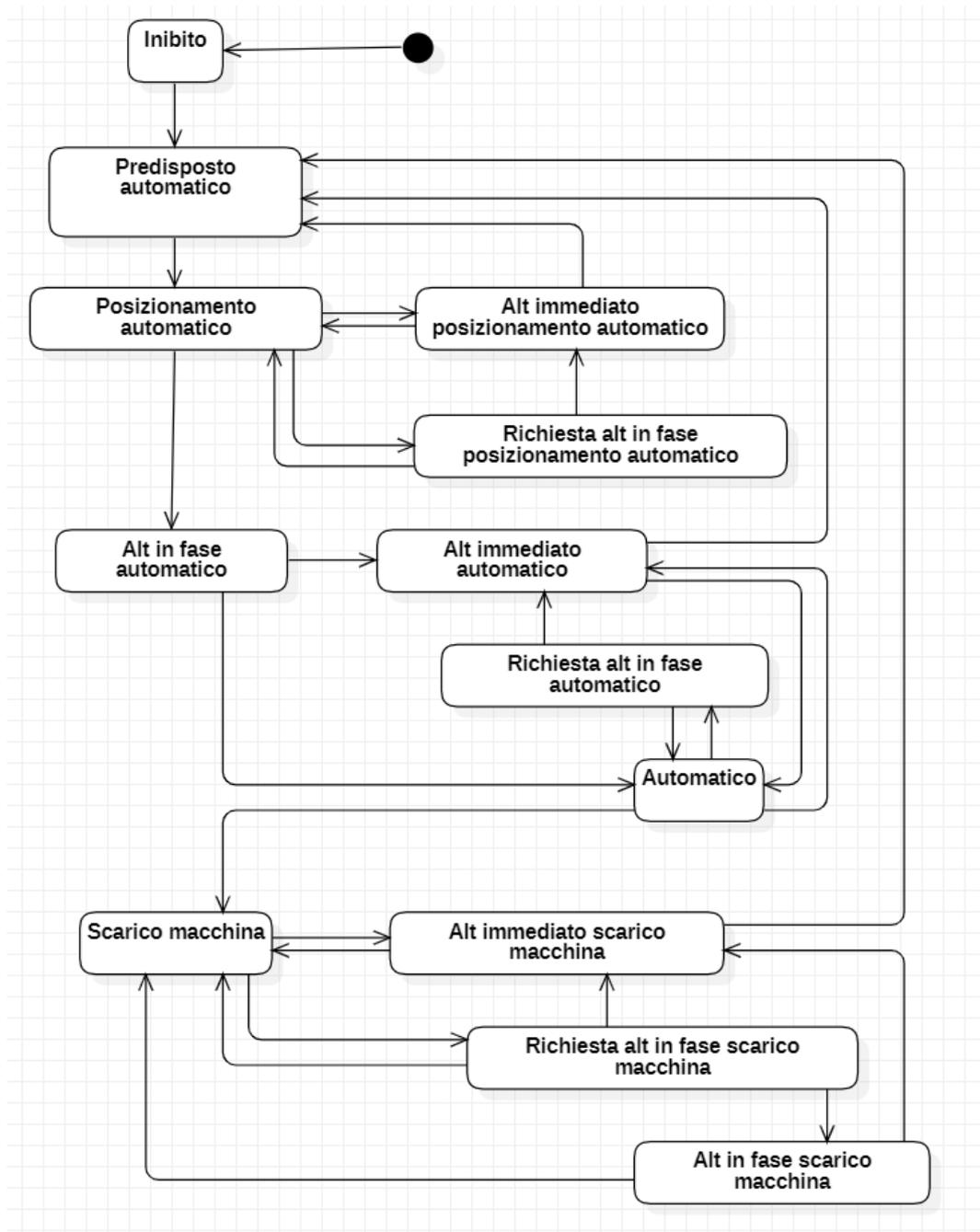


DIAGRAMMI UML 2 - SINTESI GRAFICA DELLE COMPONENTI CONNESSE ALL'INTERNO DELLA FORATRICE E PROTOCOLLI DI COMUNICAZIONE

4.2 DIAGRAMMA A STATI

Il componente software base che gestisce le macchine automatiche prodotte da Denken Italia è il Diagramma a stati, solitamente abbreviato come DS. Il DS è un diagramma degli stati che serve per gestire gli stati di base del macchinario. Vengono contemplati 4 macro-stati di funzionamento: posizionamento, manuale, automatico e scarico macchina. Nella versione del DS opportunamente modificata per la Foratrice è stata eliminata la gestione del macchinario in manuale direttamente nel DS, in quanto tale modalità è stata implementata all'interno del funzionamento automatico. All'accensione del macchinario, il DS viene inizializzato nello stato di Inibito, questo stato durerà solo un ciclo PLC. Lo stato di Inibito può essere utile per tutte le procedure che devono essere fatte solo una volta e all'accensione del PLC, la Foratrice non ha nessuna procedura da effettuare in questa fase. Dal secondo ciclo di PLC, lo stato impostato sarà Predisposto Automatico, in questa fase la macchina è dormiente e attende degli input da parte dell'operatore. Alla pressione del pulsante di avviamento si passa allo stato di Posizionamento Automatico. Durante il Posizionamento, se le condizioni relative alla sicurezza sussistono, il PLC mette in sicurezza l'operatore bloccando eventuali cancelli adibiti alla sicurezza e abilitando i dispositivi di sicurezza, viene comandata la valvola dell'aria così da mettere in pressione le utenze pneumatiche e infine vengono alzati i consensi alle stazioni per posizionarsi e predisporre al funzionamento automatico. Con i consensi attivi le stazioni eseguono la parte di codice relativo al Posizionamento Automatico, quando terminano tale procedura inviano un feedback al DS indicando che la propria procedura di posizionamento è terminata. Quando il DS ha raccolto tutti i feedback delle stazioni posizionate passa allo stato di Alt In Fase Funzionamento Automatico. Nel caso in cui durante la fase di posizionamento venissero generate delle anomalie da una o più stazioni che si stanno posizionando lo stato che verrebbe impostato sarebbe Alt Immediato Posizionamento Automatico, mentre se durante il posizionamento della macchina fosse l'operatore a richiedere il fermo della macchina allora lo stato diventerebbe Richiesta Alt In Fase Posizionamento Automatico, per poi passare allo stato di Alt Immediato Posizionamento Automatico in base alle condizioni programmate. Quando la Foratrice ha terminato il posizionamento, il DS sarà impostato nella fase Alt In Fase Automatico, alla pressione del pulsante di avviamento il macchinario andrà in Automatico

eseguendo tutte le cicliche programmate per questo funzionamento. Durante il funzionamento automatico se dovessero occorrere delle anomalie gravi lo stato del DS che verrebbe impostato sarebbe Alt Immediato Automatico, risolvendo la causa dell'anomalia tramite feedback dell'operatore con pulsante di avviamento si tornerebbe nello stato Automatico. Se durante il Funzionamento Automatico l'operatore richiede un fermo alla macchina, verrà impostato lo stato di Richiesta Alt In Fase Automatico, che a determinate condizioni di fermo soddisfatte, la fase del DS sarà Alt In Fase Automatico, in caso di anomalie verrebbe impostato Alt Immediato Automatico. Quando viene premuto il pulsante di arresto e impostata la fase nel DS di Richiesta Di Alt In Fase, è possibile recedere alla richiesta fatta alla macchina in un qualsiasi momento prima che si concluda l'effettivo alt in fase, basta premere il pulsante di avviamento per annullare la richiesta. Gli stati finali del DS sono relativi allo scarico della macchina. Quando sussistono le condizioni per lo scarico macchina, che possono essere date dalla fine del lotto oppure dalla richiesta dell'operatore, nel caso della Foratrice la richiesta di scarico arriva dall'isola robotizzata, lo stato del DS che verrà impostato sarà Scarico Macchina. Gli stati di Richiesta Alt In Fase Scarico Macchina, Alt In Fase Scarico Macchina e Alt Immediato Scarico Macchina sono gestiti alla stessa maniera dell'automatico. Peculiarità della fase di Scarico Macchina è che le stazioni di carico del macchinario non caricheranno più nuovi pezzi, ma lavoreranno solamente quelli che sono già presenti in macchina. Quando le stazioni terminano i pezzi che stanno lavorando tornano in una posizione di fuori ingombro. Con lo scarico macchina, il ciclo termina con l'anomalia "Scarico macchina completato". Premendo un pulsante apposito di reset, è possibile iniziare nuovamente un nuovo ciclo di lavoro. Sono presenti anche un determinato tipo di allarmi che hanno la capacità di resettare il DS allo stato iniziale di predisposto automatico. Nel caso della Foratrice è presente solo un allarme di questo tipo ed è solo su richiesta dell'operatore premendo un pulsante su HMI.



DIAGRAMMI UML 3 - DIAGRAMMA A STATI DS

4.3 TEMPO CICLO

I tempi indicati di seguito sono relativi alla lavorazione dell'isola in automatico a regime, quindi non in carico oppure scarico, con la macchina di Raddrizzatura e Foratura abilitate.

I tempi ciclo dell'isola robotizzata sono:

- Ciclo di foratura completo della Foratrice: 30 secondi
- Ciclo di raddrizzatura completo della Raddrizzatrice: finestra con un minimo di 20 secondi, fino a un massimo di 120 secondi, con una media di 50 secondi.
- Ciclo di scambio barra tra robot e Raddrizzatrice: 9 secondi
- Ciclo di scambio barra tra robot e Foratrice: 10 secondi
- Ciclo di movimentazione della barra da parte del robot che inizia al termine dell'asservimento della barra dalla Foratrice e comprende: deposito della barra lavorata nel cestello apposito, prelievo della nuova barra da lavorare e posizionamento per asservimento barra a Raddrizzatrice: 25 secondi
- Ciclo di movimentazione barra da parte del robot che inizia al termine dell'asservimento barra alla Raddrizzatrice e termina con il posizionamento del robot in asservimento barra alla Foratrice: 3 secondi
- Tempo ciclo medio per la produzione di una barra dall'isola robotizzata: 55 secondi

I due macchinari di Raddrizzatura e Foratura lavorano in un tempo mascherato, quindi nonostante i cicli di lavoro siano relativamente lunghi vengono nascosti dai tempi di movimentazioni delle barre compiute dal robot. La Foratrice è la macchina più rapida a terminare il ciclo di lavoro e avrà dei momenti in cui rimarrà in attesa del robot per il cambio barra. La Raddrizzatrice, complice l'aleatorietà delle condizioni di linearità della barra, è il macchinario che potrebbe far aumentare o diminuire il tempo ciclo dell'isola robotizzata.

4.4 GESTIONE ELETTROVALVOLE ALIMENTAZIONE PNEUMATICA

Una corretta gestione delle elettrovalvole di alimentazione pneumatica è molto importante, sia per il corretto funzionamento del macchinario, sia per la sicurezza dell'operatore. Nella Foratrice sono presenti tre elettrovalvole per la gestione dei circuiti pneumatici.

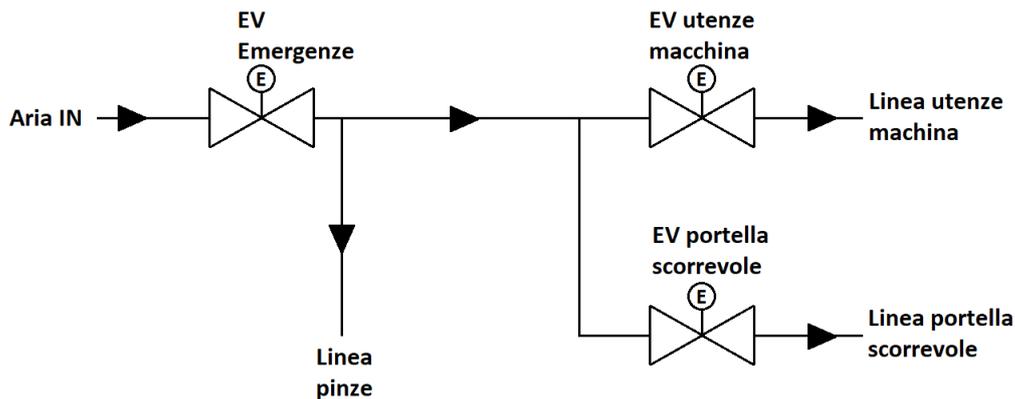


FIGURA 12 - CIRCUITO DI ALIMENTAZIONE PNEUMATICA FORATRICE

Elettrovalvola emergenze: quando viene premuto il fungo delle emergenze, viene chiuso l'ingresso dell'aria e scaricata quella presente nel circuito. Il compito principale di questa elettrovalvola è relativo alle sicurezze, come funzione secondaria ha quella di essere collegata al circuito delle pinze. Il circuito pneumatico delle pinze serve per collegare tutte quelle utenze che devono poter essere comandate in situazioni delicate con l'operatore a stretto contatto del macchinario. Nella Foratrice sono collegate a questo circuito le pinze del carrello nella st.02.

Elettrovalvola utenze macchina: l'elettrovalvola viene attivata solamente quando il PLC rileva che tutte le misure di sicurezza sono rispettate. Nella Foratrice il funzionamento di questa valvola dipende se la macchina è in funzionamento Automatico oppure Bimanuale.

Nel funzionamento automatico, quando i cancelli di protezione dell'isola vengono bloccati dal PLC Isola Robotizzata, viene segnalato alla Foratrice che l'area è in sicurezza, da questo punto in poi viene aperta l'elettrovalvola che andrà a riempire il circuito pneumatico utenze macchina. La valvola verrà chiusa e l'aria dal circuito sarà scaricata quando i cancelli dell'isola robotizzata verranno aperti.

Nel funzionamento bimanuale questa elettrovalvola rimarrà in posizione di scarico finché la portella scorrevole non verrà completamente chiusa. Quando la chiusura sarà terminata, verrà aperta l'elettrovalvola e riempito il circuito pneumatico.

Elettrovalvola portella scorrevole: durante il funzionamento automatico, questa elettrovalvola viene comandata con la stessa logica di funzionamento

dell'elettrovalvola delle utenze macchina. Nel funzionamento bimanuale, questa valvola viene comandata appena l'operatore preme i pulsanti bimanuali. Alla pressione dei pulsanti, la valvola si apre e viene riempito il circuito pneumatico di movimentazione della portella della st.02



FIGURA 13 - GRUPPO VALVOLE ALIMENTAZIONE PNEUMATICA FORATRICE

4.5 PROGRAMMA DI MANUTENZIONE

La Foratrice è un macchinario dotato di un programma di manutenzione per la sostituzione delle componenti di consumo per gli utensili di taglio. Sono stati creati due tipologie di manutenzione: manutenzione ordinaria e straordinaria. Tramite la presenza dell'HMI, nella pagina iniziale, l'operatore può vedere se è presente una richiesta di manutenzione ordinaria o straordinaria dalla macchina e con pulsanti appositi può controllare quale specifico componente sta generando la richiesta. Sempre tramite pannello operatore è possibile richiedere alla macchina di predisporre per la manutenzione.

Manutenzione ordinaria

La manutenzione ordinaria serve all'operatore del macchinario per poter agire sugli utensili di taglio con cadenze regolari per mantenerli sempre efficienti e non far sforzare troppo i motori coinvolti nei processi di foratura e svasatura. Sono state implementate diverse strade per controllare lo stato di usura come: numero di fori effettuati, numero di svasature effettuate, controllo della coppia utilizzata dai vari motori coinvolti nel ciclo di lavoro. Per la manutenzione della punta dell'utensile di foratura della torre destra sono state concatenate tre condizioni: non deve essere stati fatti un numero di fori maggiori di un valore soglia, la coppia media di lavoro dell'asse verticale non deve superare per tre volte consecutive il valore di soglia e la coppia media del motore del mandrino non deve superare per tre volte consecutive il valore di soglia. Per altri componenti soggetti a usura sono state previste diverse metodologie per richiedere la manutenzione. Le componenti per cui è stata prevista una manutenzione ordinaria sono:

- Punta utensile foratura torre destra
- Placchette svasatura utensile superiore torre destra
- Placchette svasatura utensile inferiore torre destra
- Punta utensile foratura torre sinistra
- Placchette svasatura utensile superiore torre sinistra
- Placchette svasatura utensile inferiore torre sinistra
- Circuito lubrificazione
- Serbatoio livello grasso
- Filtro liquido refrigerante pompa bassa pressione
- Filtro liquido refrigerante pompa alta pressione
- Tramoggia trucioli

Gli interventi manutenzione ordinaria vengono richiesti dalla Foratrice durante lo svolgimento del lotto, ma non sono bloccanti per il ciclo della macchina. La presenza di una richiesta di manutenzione ordinaria della Foratrice andrà a bloccare la partenza del ciclo automatico dell'isola robotizzata a inizio di un nuovo lotto e solo nel caso in cui la Foratrice sia abilitata al lavoro.

Manutenzione straordinaria

La manutenzione straordinaria viene richiesta durante il ciclo automatico della macchina. Per richiedere questo tipo di manutenzione vengono controllate le coppie impresse dai motori coinvolti nel ciclo di foratura e svasatura. Quando viene superata la coppia massima, il valore di soglia è diverso per ogni motore, il ciclo di lavoro viene immediatamente interrotto per evitare o limitare possibili rotture di componenti meccaniche. La barra in lavorazione che ha generato l'anomalia viene espulsa dalla macchina e prima di continuare con il ciclo automatico viene richiesto l'intervento di un operatore per controllare che tutto sia in ordine o eventualmente agire per risolvere il problema. Alla fine del controllo di manutenzione, viene data una conferma alla macchina che è pronta a ripartire.

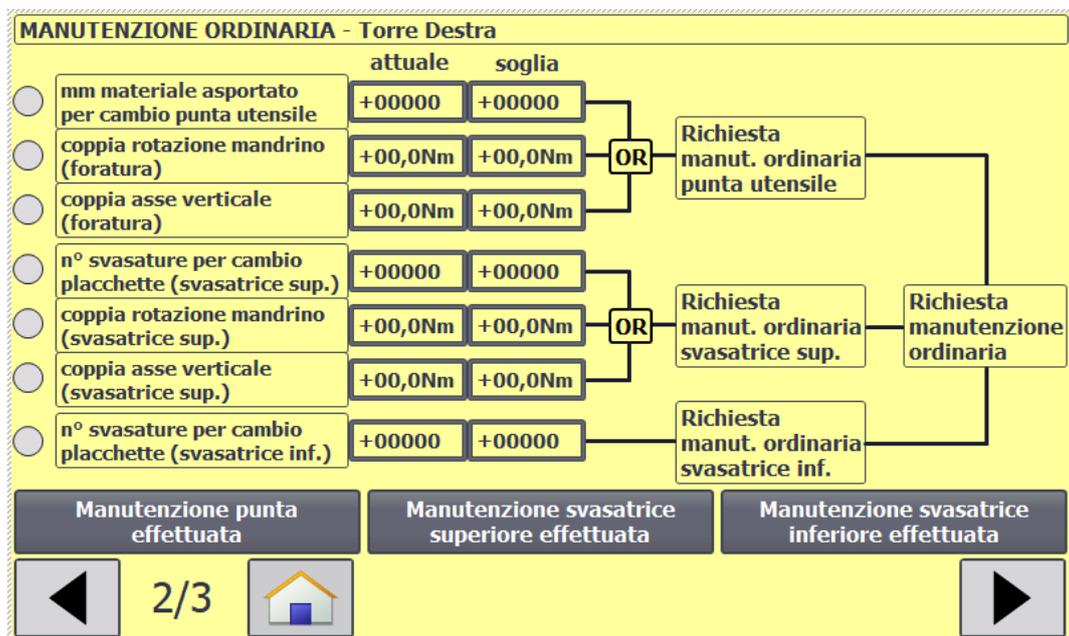
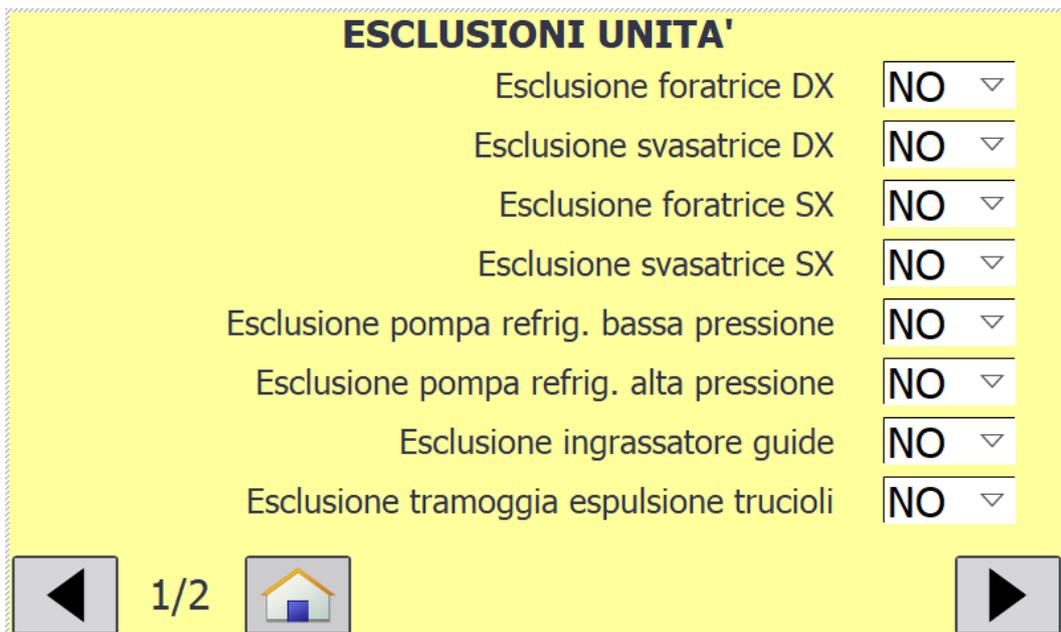


FIGURA 14 - PAGINA DA HMI IN CUI VERRANNO VISUALIZZATE LE MANUTENZIONI ORDINARIE DELLA TORRE DESTRA

4.6 ESCLUSIONI UNITÀ

L'esclusione unità è una funzione implementata nella Foratrice. Con questa funzionalità si intende poter escludere una determinata unità/funzionalità dal ciclo di lavoro del macchinario. Non tutte le unità/funzionalità possono essere escludibili, in quanto escludendo determinate unità si andrebbe a rendere inutilizzabile la macchina, quali potranno essere escluse sono a discrezione del progettista software del macchinario. Questa funzionalità è stata creata per rendere la macchina più flessibile, sia in caso di rottura di un determinato componente che renderebbe una stazione inutilizzabile e di conseguenza l'intero macchinario rimarrebbe fermo, sia per controllare singolarmente la stazione in caso di malfunzionamenti. Nel caso della Foratrice, escludere alcune unità, ad esempio le unità di foratura, permette di effettuare solo le lavorazioni rimanenti. Tale funzionalità potrebbe tornare utile nel caso in cui una determinata lavorazione non risultasse perfetta, per cui è possibile ripeterla.



ESCLUSIONI UNITA'

Esclusione foratrice DX	NO ▾
Esclusione svasatrice DX	NO ▾
Esclusione foratrice SX	NO ▾
Esclusione svasatrice SX	NO ▾
Esclusione pompa refriger. bassa pressione	NO ▾
Esclusione pompa refriger. alta pressione	NO ▾
Esclusione ingrassatore guide	NO ▾
Esclusione tramoggia espulsione trucioli	NO ▾

◀ 1/2 🏠 ▶

FIGURA 15 - PAGINA DA HMI DELLA FORATRICE DI ESCLUSIONI UNITÀ

4.7 ST.01 – MOVIMENTAZIONE ORIZZONTALE TORRI

4.7.1 SENSORI, ATTUATORI E COMPONENTI MECCANICHE

La stazione 01 Movimentazione orizzontale torri è formata dalle seguenti componenti:

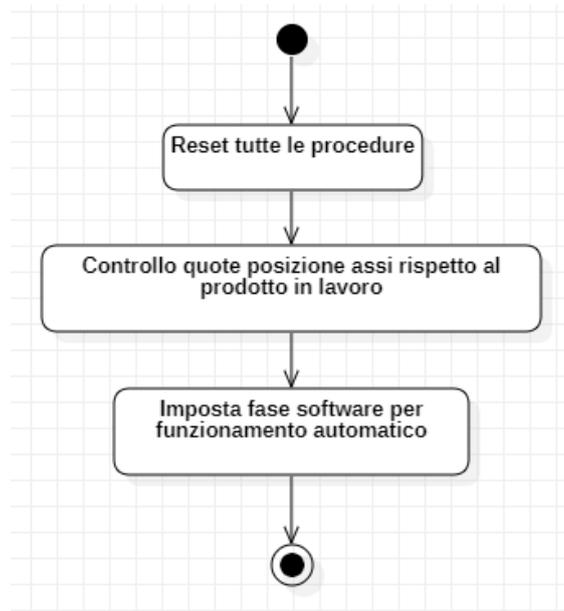
- Torri di foratura: le torri di foratura sono due. Le torri sono delle strutture metalliche mobili che scorrono su rotaie prestabilite, possono allontanarsi o avvicinarsi per andare a rispettare il formato della barra da lavorare. Sulle torri di foratura sono montate tutte le componenti elettriche e meccaniche che permettono la lavorazione della barra.
- Motore movimentazione torri di foratura: l'albero del motore è collegato alle torri di foratura mediante viti senza fine. La rotazione del motore permette di allontanare e avvicinare le due torri. Il motore è dotato di encoder assoluto multi-giro e di unità di controllo.



FIGURA 16 - RETRO ST.01

4.7.2 POSIZIONAMENTO

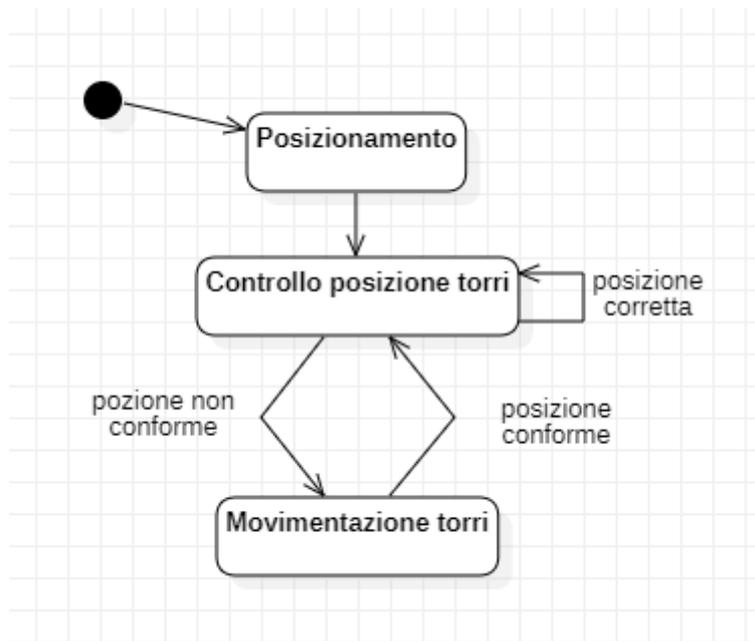
Il posizionamento della stazione 01 è molto semplice. Non viene effettuato nessun movimento della stazione in questa fase. Come primo passo vengono resettati tutti i parametri, compresi i parametri dei task di movimento e sul controllo della posizione. Come secondo passo viene effettuato il controllo della posizione delle torri rispetto al prodotto attualmente in lavorazione, nel caso in cui la posizione coincidesse con quella del prodotto si passa al passo successivo, nel caso in cui la posizione delle torri fosse errata in relazione al prodotto in lavorazione viene impostato un flag per segnalare la discrepanza tra i due valori. Come ultimo passo viene impostata la fase per il funzionamento automatico. Vengono effettuate le medesime operazioni nel posizionamento indipendentemente che la macchina sia in automatico o bimanuale.



DIAGRAMMI UML 4 - DIAGRAMMA ATTIVITÀ POSIZIONAMENTO ST.01

4.7.3 FUNZIONAMENTO STAZIONE

Questa stazione seppur imponente esegue poche operazioni. La parte del posizionamento della stazione viene eseguita solamente una volta e fino all'inizio di un nuovo lotto non verrà più eseguita. La st.01 controlla ad ogni ciclo PLC la propria posizione, nel caso in cui la posizione non dovesse corrispondere al formato barra in lavorazione viene lanciato il task di movimento delle torri. Il task di movimento per essere eseguito deve rispettare determinate condizioni in base al funzionamento della macchina. Con il funzionamento automatico le torri vengono mosse quando la st.02 Carrello movimentazione barre è esterno alla macchina così da ottimizzare il tempo ciclo, in caso di funzionamento automatico l'operatore deve rimuovere qualsiasi barra presente all'interno della Foratrice e far partire un ciclo di funzionamento, la portella gestita dalla st.02 verrà chiusa e le torri avranno il consenso al movimento. Terminato il task di movimento, indipendentemente dal tipo di funzionamento macchina, la stazione torna a controllare ciclicamente la propria posizione in relazione al formato barra.



DIAGRAMMI UML 5 - DIAGRAMMA DI STATO ST.01

4.8 ST.02 – CARRELLO MOVIMENTAZIONE BARRE E TENUTE TORRI

4.8.1 SENSORI, ATTUATORI E COMPONENTI MECCANICHE

La stazione 02 Carrello movimentazione barre e tenute torri è formata dalle seguenti componenti:

- Cilindro pneumatico orizzontale e sensori di finecorsa: questo cilindro pneumatico serve per la movimentazione delle barre dall'interno verso l'esterno della macchina e viceversa. Il cilindro è stato montato su un carrello con binario metallico che ha la possibilità di scorrere lungo il senso di apertura e chiusura del cilindro. La velocità di movimento del cilindro è stata notevolmente ridotta per migliorare la fase di pulizia della barra dall'emulsione utilizzata per il foro della barra. Agli estremi del corpo del cilindro sono presenti dei sensori di posizione utilizzati per informare il PLC se il cilindro ha raggiunto la posizione richiesta.
- Pinze pneumatiche e sensore induttivo di presenza barra: queste pinze sono posizionate sull'estremità del pistone del cilindro pneumatico orizzontale, vengono utilizzate per mantenere la barra in posizione durante i cicli di movimentazione della barra e durante lo scambio con il robot. Durante il ciclo di bloccaggio barra e foratura, le pinze rimarranno aperte. Le pinze non hanno sensori per sapere quale sia lo stato delle stesse, tale compito è completamente affidato allo stato del comando dell'elettrovalvola che le comanda. È presente un sensore induttivo che serve per marcare la presenza della barra all'interno delle pinze.
- Cilindro pneumatico verticale e sensori di finecorsa: questo cilindro pneumatico serve per la movimentazione verticale di tutto il carrello di movimentazione barre. Quando questo cilindro viene attivato e si estende vengono sollevate le pinze e il cilindro orizzontale. Agli estremi del cilindro sono presenti i sensori di posizione per sapere la posizione assunta dal cilindro. Sono presenti degli smorzatori di corsa, utilizzati per far arrivare il cilindro nella battuta meccanica senza indurre troppe vibrazioni nella barra che potrebbe essere presente nelle pinze.

- Morsa bloccaggio barra destra: la morsa destra è un insieme di componenti: il piano di appoggio su cui verrà forata la barra e i cilindri di bloccaggio in posizione. Per bloccare la barra in posizione vengono utilizzati 3 cilindri, uno che preme con una forza perpendicolare al piano di appoggio della morsa e altri due cilindri che spingono con una forza parallela al piano di appoggio della morsa. I tre cilindri che vanno a bloccare la barra in posizione sono chiamati: cilindro tenuta verticale, cilindro tenuta orizzontale e cilindro battuta orizzontale. Tutti i cilindri utilizzati nella morsa destra hanno due sensori di posizione ciascuno per saperne la posizione. Nella posizione contrapposta al cilindro tenuta orizzontale sono presenti delle battute meccaniche regolabili così da poter regolare la posizione del foro sulla barra.
- Morsa bloccaggio barra sinistra: la morsa sinistra è un insieme di componenti: il piano di appoggio su cui verrà forata la barra e i cilindri di bloccaggio in posizione. Questa morsa differisce leggermente da quella destra per la mancanza del cilindro di battuta orizzontale e al posto di quest'ultimo sono presenti delle battute meccaniche. Per bloccare la barra in posizione vengono utilizzati 2 cilindri, uno che preme con una forza perpendicolare al piano di appoggio della morsa e un cilindro che spinge con una forza parallela al piano di appoggio della morsa. I due cilindri che vanno a bloccare la barra in posizione sono chiamati: cilindro tenuta verticale, cilindro tenuta orizzontale. Tutti i cilindri utilizzati nella morsa sinistra hanno due sensori di posizione ciascuno per saperne la posizione. Nella posizione contrapposta al cilindro tenuta orizzontale sono presenti delle battute meccaniche regolabili così da poter regolare la posizione del foro sulla barra.
- Ugelli pneumatici tondi rimozione truciolo dalle morse: sono presenti tre ugelli per ognuna delle due morse. Sono posizionati nei punti più critici per poter pulire da tutti i trucioli metallici prodotti durante il ciclo di foratura.
- Ugelli pneumatici piatti asciugatura e pulizia barra: sono presenti quattro ugelli piatti per ogni morsa. Sono posizionati nella scocca metallica che ricopre le morse. Quando la barra viene movimentata dal cilindro orizzontale, questi ugelli vengono attivati e formando una

lama d'aria che pulisce la barra da eventuali trucioli metallici e la asciuga dall'emulsione oleosa utilizzata nel ciclo di foratura.

- Cilindri portella scorrevole: nella parte frontale della foratrice sono presenti due cilindri pneumatici che gestiscono apertura e chiusura della portella scorrevole. I due cilindri hanno le lunghezze delle corse differenti. Le due corse sono differenziate, in quanto durante il funzionamento automatico verrà sempre utilizzato il cilindro con la corsa minore che permette la movimentazione del carrello barre da dentro e fuori, il cilindro a corsa lunga viene comandato solamente quando l'operatore richiede di effettuare la manutenzione della macchina, in questo caso entrambi i cilindri si attivano per aprire completamente la portella e rendere più agevole le operazioni di manutenzione.

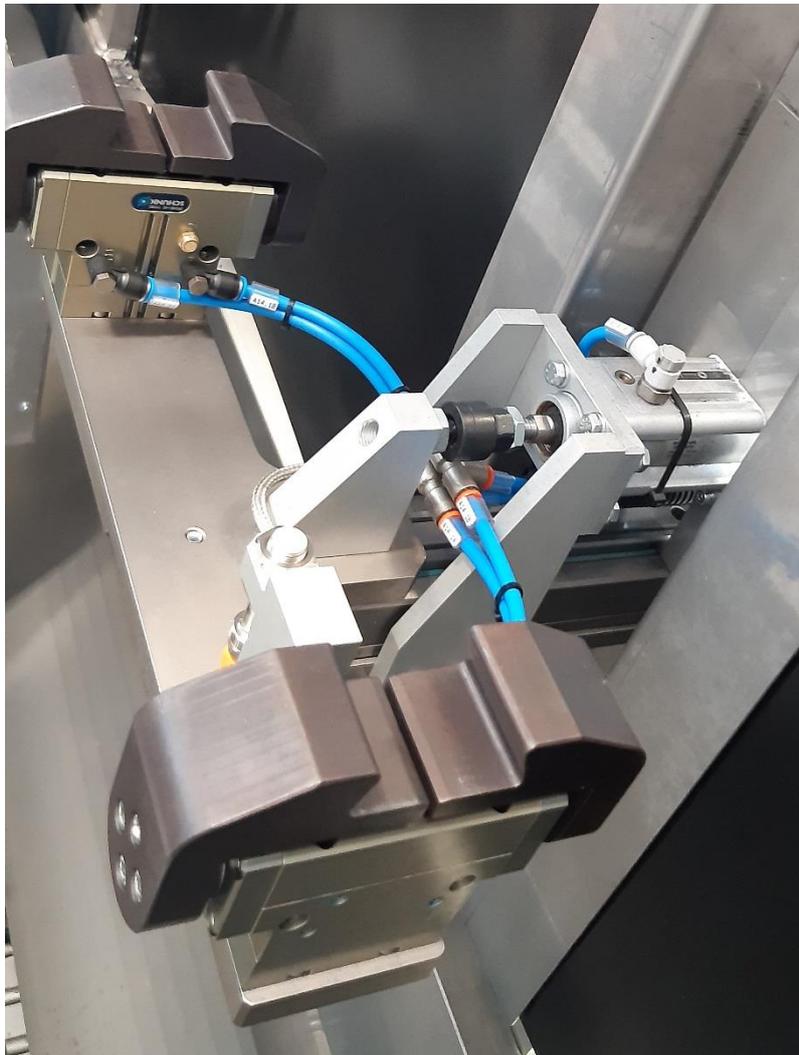


FIGURA 17 - GRUPPO PINZA ST.02

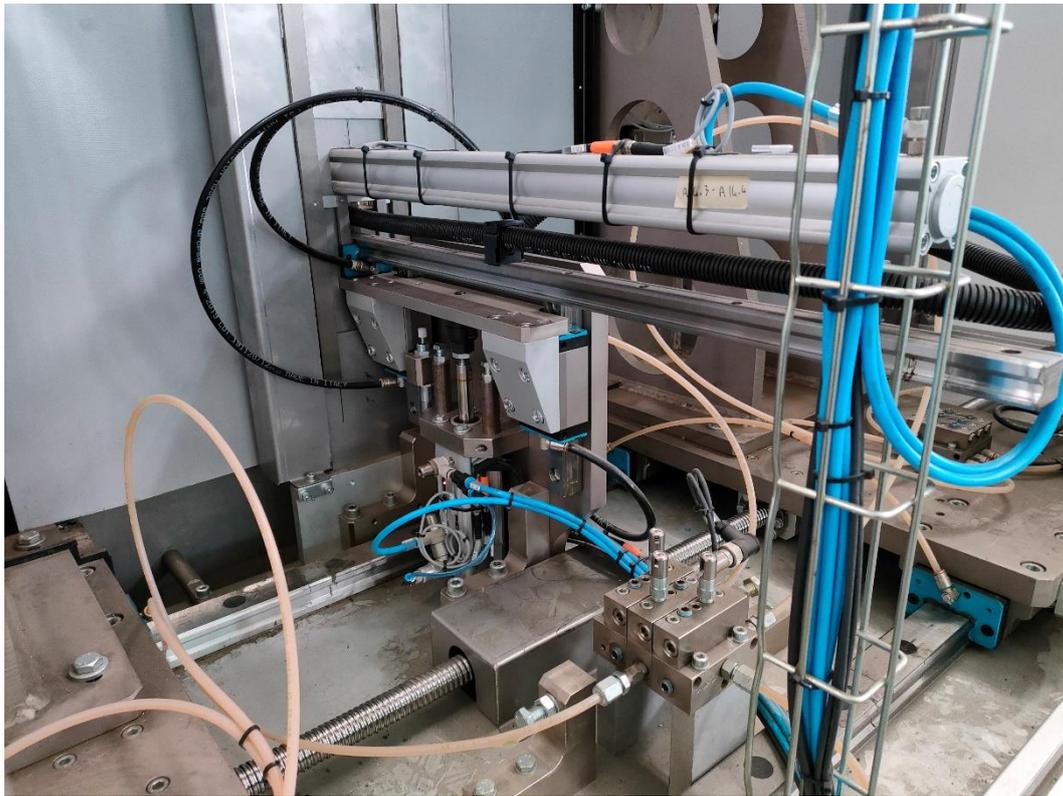
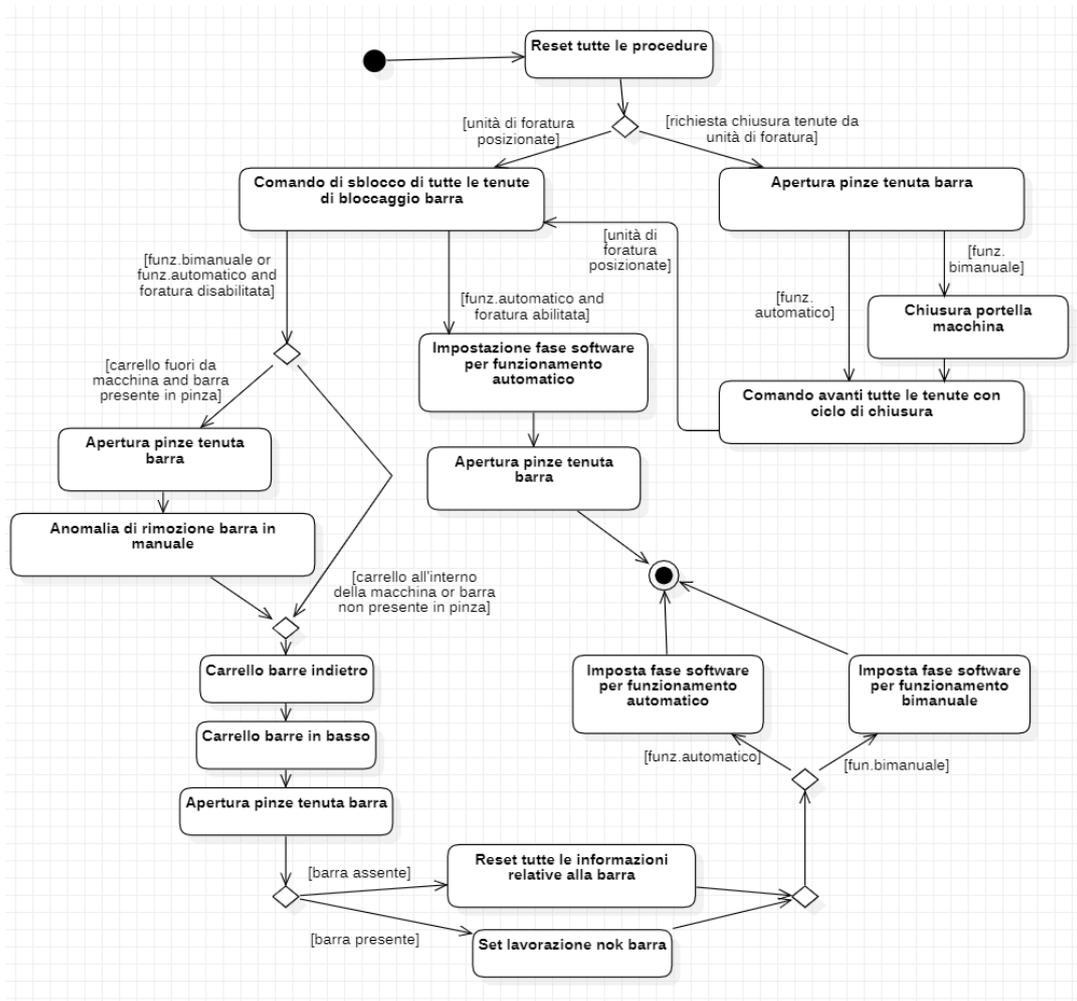


FIGURA 18 - CARRELLO TRASLATORE BARRE ST.02

4.8.2 POSIZIONAMENTO

La stazione 02 è una stazione delicata da posizionare, sia perché il suo posizionamento dipende da altre stazioni, sia perché se è attivo il funzionamento bimanuale e il carrello è fuori dalla sagoma della Foratrice verrà movimentato il carrello pneumatico vicino all'operatore. La prima cosa che viene controllata nel posizionamento è lo stato delle unità di foratura. I casi che potrebbero accadere sono due, il primo quello complicato è che le unità di foratura abbiano la punta ancora inserita all'interno della barra, il secondo è che le unità di foratura non abbiano la punta inserita all'interno della barra. Il primo caso del posizionamento è un punto delicato in quanto dei movimenti errati potrebbero portare alla rottura delle punte di foratura. Per ovviare al problema delle punte di foratura compenstrate all'interno della barra, viene effettuato un ciclo di bloccaggio delle tenute, così da avere le punte di foratura in asse con il centro del foro che non era stato precedentemente terminato. La stazione manda un feedback alle stazioni di foratura st.03 e st.04 che le tenute sono bloccate e rimane in attesa del completamento del loro posizionamento. Dal momento che le unità di foratura terminano il posizionamento, le collisioni con le altre unità non sono più possibili. Arrivati a questo punto si sbloccano tutte le tenute che possono

essere chiuse. Se la macchina è in funzionamento automatico e i cicli di foratura sono abilitati dall'isola robotizzata, viene settata la fase corretta del funzionamento automatico. Contrariamente se la macchina è in ciclo bimanuale, viene controllata la presenza della barra in pinza e richiesta la rimozione da parte dell'operatore, alla pressione dei comandi bimanuali viene fatto arretrare il carrello e posizionato all'interno della macchina. Quando il carrello è posizionato all'interno della macchina viene impostata la fase di funzionamento.



DIAGRAMMI UML 6 - DIAGRAMMA DI ATTIVITÀ POSIZIONAMENTO ST.02

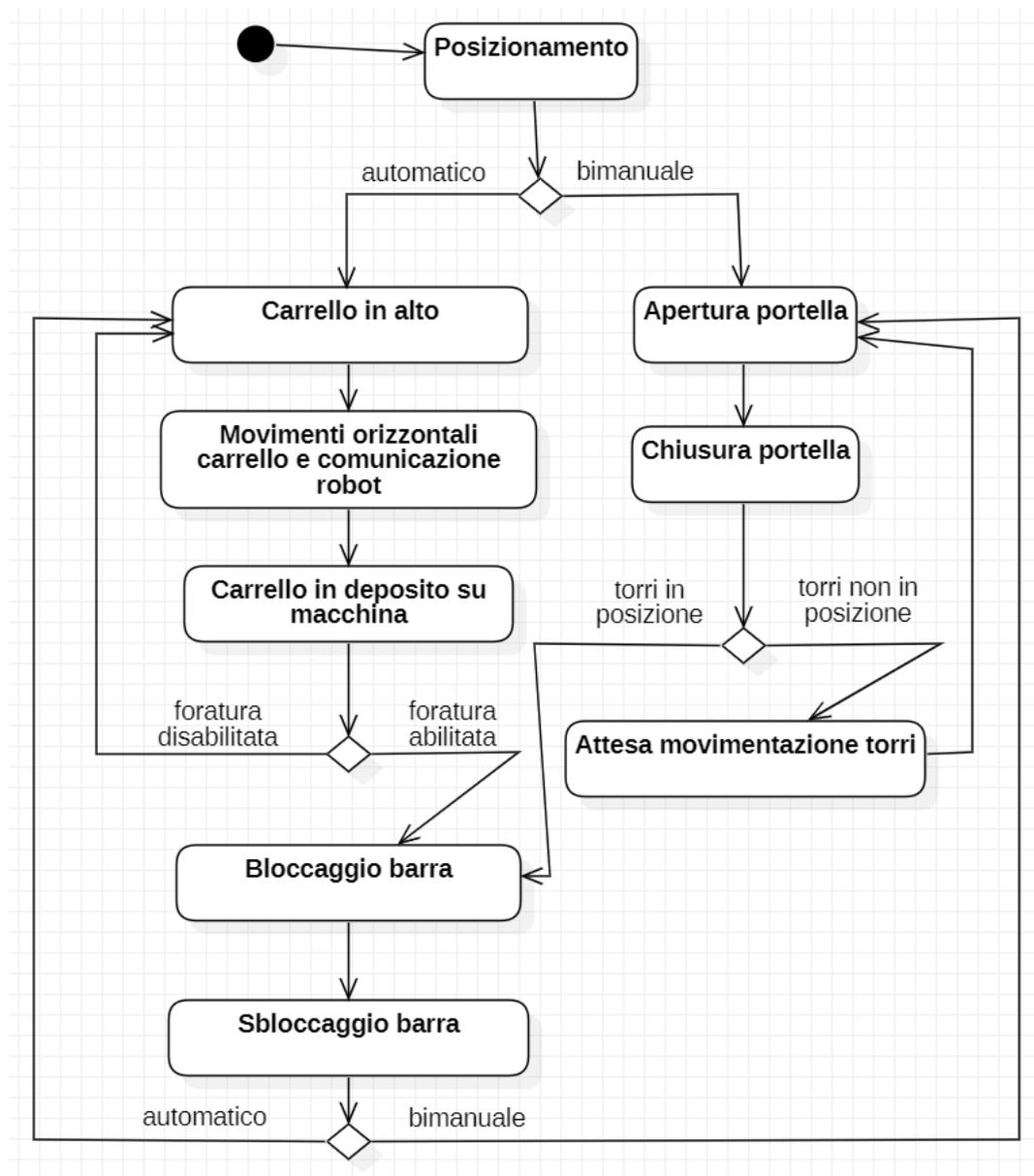
4.8.3 FUNZIONAMENTO STAZIONE

I cicli automatico e bimanuale di questa stazione hanno delle fasi in comune e sono la fase di bloccaggio barra e del successivo sbloccaggio. Quando la barra viene bloccata dalle tenute, la st.02 emette un feedback alle stazioni di foratura indicando che è possibile iniziare il processo di foratura. A fine del processo di foratura le stazioni che hanno lavorato alzano il consenso di fine lavoro, la stazione 02 sblocca la barra in lavorazione. Quando la macchina

arriva nella condizione che la barra è libera sopra al carrello si controlla lo stato di funzionamento della macchina, se automatico oppure bimanuale. Nel caso del funzionamento bimanuale viene aperta la portella scorrevole senza nessun intervento da parte dell'operatore. Con la portella aperta è possibile rimuovere la barra, nel caso in cui l'operatore effettuasse delle operazioni non consentite verrebbero segnalate nel pannello operatore. Nel caso in cui venga modificato il formato della barra in lavorazione, è possibile movimentare le torri di foratura rimuovendo la barra e premendo i pulsanti bimanuali, la portella si chiuderà e verrà settato il consenso al movimento delle torri alla stazione 01. Quando le torri raggiungono la posizione di lavoro restituiscono l'ack alla stazione 02, con le torri posizionate è possibile aprire la portella e tornare a funzionare con il ciclo di foratura in bimanuale. Se le torri sono correttamente posizionate in base alla barra in lavorazione, il ciclo in bimanuale inizia aprendo la portella e dando la possibilità di effettuare il cambio barra da parte dell'operatore, con il cambio barra effettuato, la foratrice effettuerà dei controlli sulle letture dei sensori di presenza barra per controllare l'effettivo cambio avvenuto, quando la barra non sarà presente verrà soffiata aria compressa per pulire le morse di foratura. A chiusura portella avvenuta, come conseguenza della pressione dei comandi bimanuali, verranno alzati consensi per il ciclo di foratura.

Nel funzionamento automatico le barre non vengono caricate da un operatore, ma vengono asservite da un robot antropomorfo. Come precedentemente descritto, le fasi di bloccaggio e sbloccaggio barra sono uguali per i due cicli di funzionamento, ma cambiano le fasi per il carico/scarico della barra. Nel ciclo automatico il carrello viene alzato e attende il consenso da parte del robot a uscire per effettuare lo scambio barra. Successivamente viene impostata una fase per i movimenti orizzontali e per la comunicazione robot. All'interno di questa fase sussistono in contemporanea due sotto-fasi che si impostano e resettano a vicenda per la gestione del movimento orizzontale del carrello di foratura. Nel caso in cui tutto il ciclo automatico funzionasse senza intoppi verrebbe posizionato all'esterno della macchina e si attende lo scambio barra da parte del robot. La comunicazione con il robot viene gestita tramite una comunicazione con ack, in cui una delle due parti richiede di effettuare una determinata azione e la controparte risponde che l'azione è stata effettuata e completata. Per gestire la fase di scambio barra sono presenti dei time-out che in caso di problemi andranno a scadere e richiedere l'intervento da parte dell'operatore. Al

termine della comunicazione con il robot, il carrello viene mosso orizzontalmente verso la parte interna della Foratrice e movimentato il cilindro verticale verso il basso. Con il carrello in posizione per iniziare il ciclo di foratura viene controllato il consenso da parte dell'isola robot per effettuare il ciclo di foratura, nel caso sia presente si continua con le fasi di bloccaggio e sbloccaggio barra, nel caso in cui la foratura sia disabilitata il carrello si prepara nuovamente per andare a prelevare una nuova barra dal robot.



DIAGRAMMI UML 7 – DIAGRAMMA DI STATO ST.02

4.8.4 COMUNICAZIONE CON ROBOT

La comunicazione non avviene direttamente con il robot, ma è presente un intermediario, il PLC Isola robotizzata. Il PLC dell'isola robotizzata effettua il controllo e la manipolazione dei messaggi che vengono scambiati tra i vari macchinari. Nel caso dei messaggi che vengono scambiati tra Foratrice e Robot nel funzionamento automatico della st.02 non vengono rielaborati dal PLC dell'isola, ma vengono direttamente spediti al destinatario senza ulteriori modifiche.

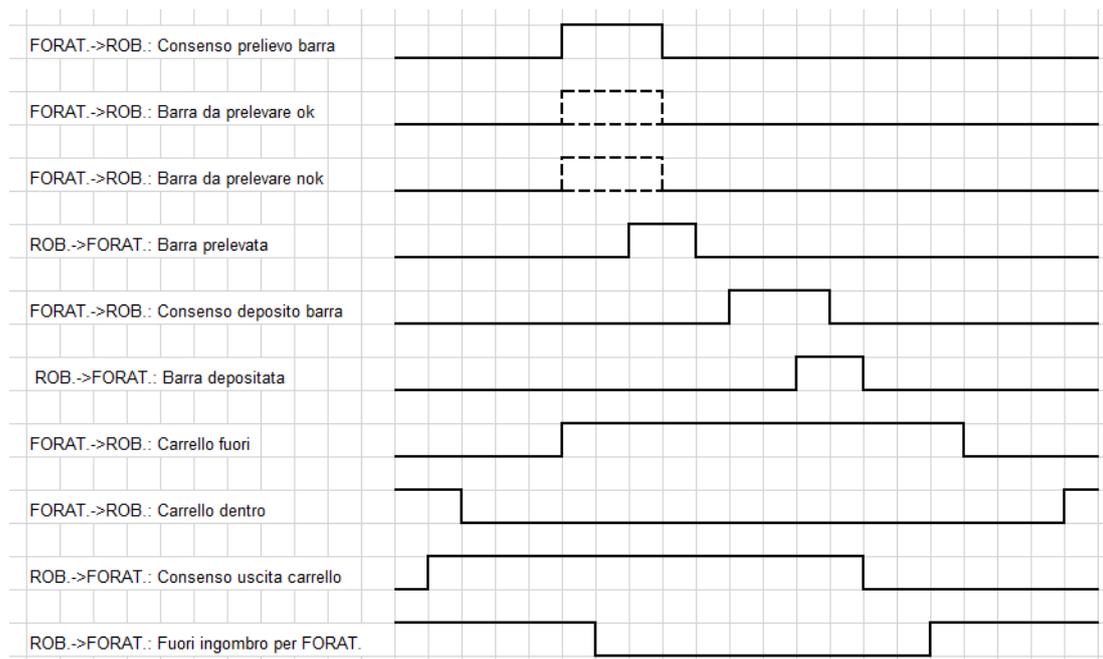


FIGURA 19 - CICLOGRAMMI SEGNALI SCAMBIATI TRA FORATRICE E ROBOT

Nella *Figura 19* è possibile vedere quali segnali vengono coinvolti per lo scambio barra nella fase movimenti orizzontali carrello e comunicazione robot. Il segnale che fa partire il processo di asservimento barra è “Consenso uscita carrello”, a quel punto la foratrice movimenterà il carrello. Con il carrello completamente fuori dalla macchina la Foratrice spedisce al robot i seguenti consensi: “Consenso prelievo barra”, “Barra da prelevare ok” nel caso la barra lavorata sia buona e rimarrà basso il segnale “Barra da prelevare nok”. Il robot entra in ingombro nell’area di lavoro della Foratrice e abbassa il segnale di “Fuori ingombro per Foratrice”, effettua il prelievo e risponde “Barra prelevata”. La Foratrice con il consenso di avvenuto prelievo da robot abbassa i segnali di consenso al prelievo e lo stato della barra. A fine ciclo di prelievo, la Foratrice richiede il deposito della nuova barra e alza “Consenso deposito barra”, il robot esegue il deposito della nuova barra, conferma il

deposito avvenuto “Barra depositata” e abbassa “Consenso uscita del carrello”. La Foratrice abbassa il consenso al deposito e comanda il carrello all’interno della macchina. Il robot esce dall’ingombro per la Foratrice e alza il segnale di “Fuori ingombro per Foratrice”.

4.9 ST.03 – FORATRICE DESTRA SUPERIORE E ST.04 – FORATRICE SINISTRA SUPERIORE

4.9.1 SENSORI, ATTUATORI E COMPONENTI MECCANICHE

Le stazioni 03 Foratrice Destra Superiore e 04 Foratrice Sinistra Superiore sono due unità speculari e sono formate dalle seguenti componenti:

- Motore con inverter di rotazione mandrino: questo motore è posto nella parte frontale dell'unità di foratura. Il motore è collegato al mandrino mediante un sistema di trasmissione interno all'unità di foratura. Questo motore è in grado di controllare la velocità con cui ruota il mandrino mediante inverter.
- Servo-azionamento movimentazione verticale mandrino: questo motore è posto nella parte alta dell'unità di foratura. Mediante una trasmissione interna all'unità di foratura, ruotando l'albero del motore, è possibile movimentare verticalmente il mandrino. Questo motore è in grado di gestire tali movimenti grazie a un'unità di controllo.
- Sensori di finecorsa movimento verticale mandrino: permettono di limitare i movimenti dell'unità di foratura, principalmente utilizzati nel funzionamento manuale per evitare collisioni meccaniche interne all'unità di foratura.
- Cilindro metallico cavo per passaggio emulsione: lungo tutto il corpo dell'unità di foratura è presente un cilindro cavo che permette il passaggio dell'emulsione.
- Utensile per foro e svaso: per effettuare le operazioni di foratura e svasatura della barra è necessario un solo utensile, ma a doppio diametro che permette di effettuare il foro nella barra metallica e successivamente svasare.



FIGURA 20 - UTENSILE FORATRICE
SUPERIORE

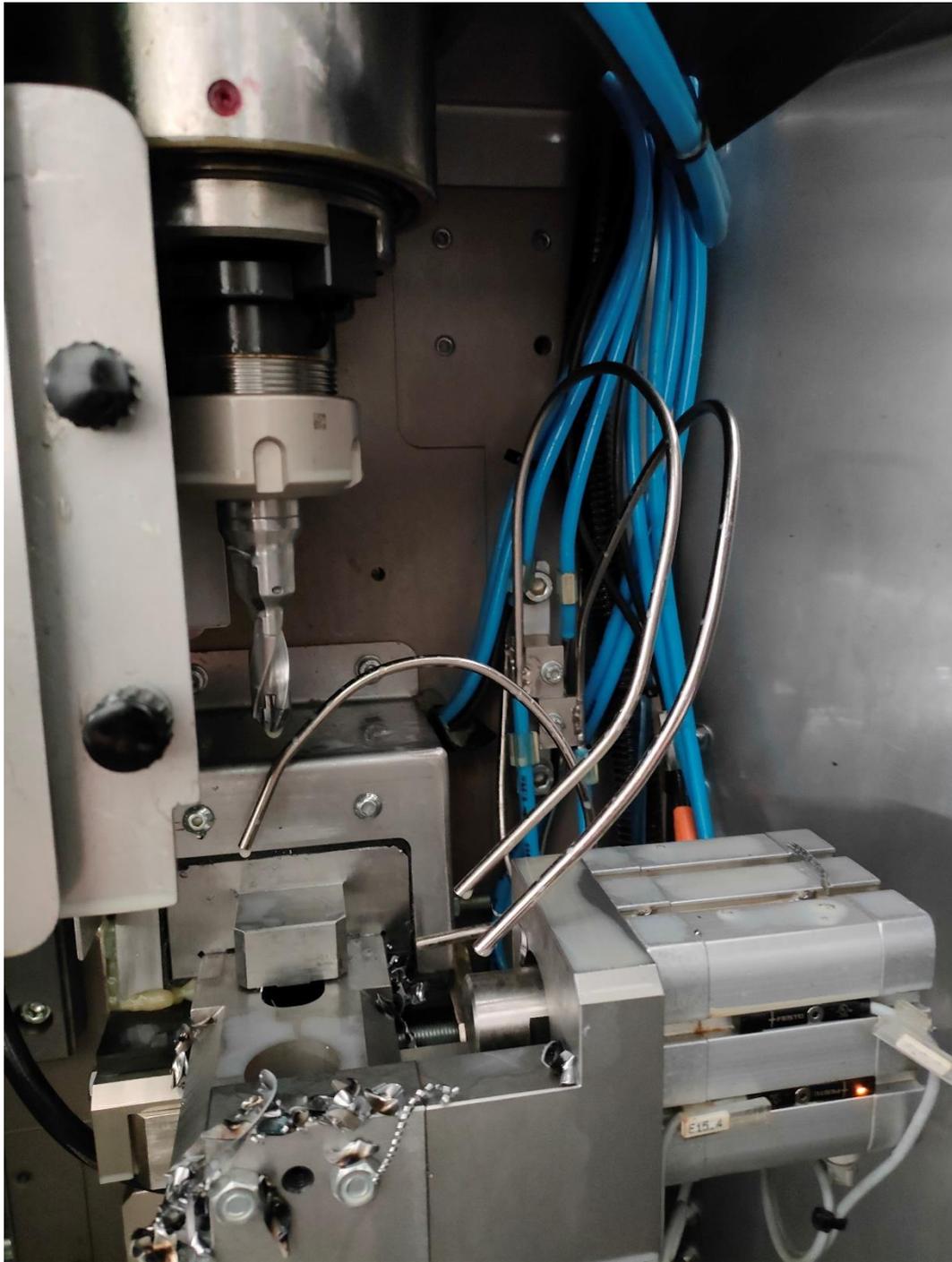
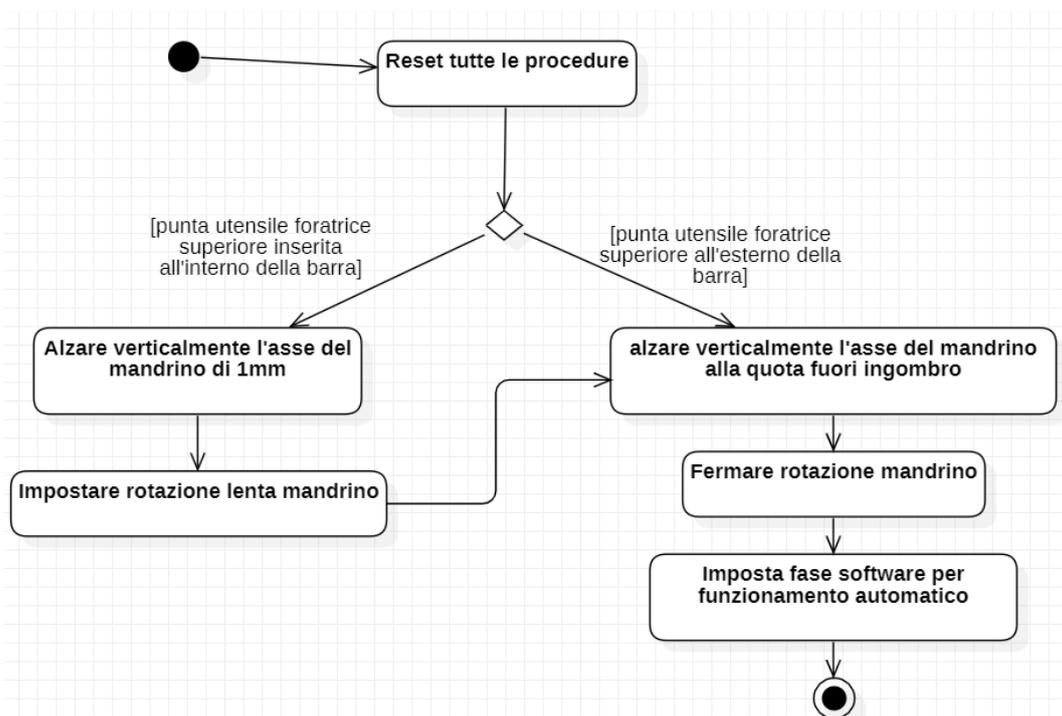


FIGURA 21 - FORATRICE DESTRA ST.03

4.9.2 POSIZIONAMENTO

Per il posizionamento delle stazioni st.03 e st.04 si è deciso di gestire il posizionamento con una procedura sicura. Come primo passo del posizionamento vengono resettate tutte le procedure che potrebbero non essere terminate, derivanti da una lavorazione precedente interrotta. Il posizionamento sicuro si attua nel caso in cui la punta utensile sia rimasta

inserita all'interno della barra da lavorare. Prima di alzare verticalmente la posizione del mandrino, viene creata una richiesta per la stazione 02 a effettuare il ciclo di bloccaggio delle tenute, quando le tenute sono bloccate viene effettuato un movimento verticale di 1mm così da evitare che eventuali trucioli possano interferire con la punta utensile. Quando la movimentazione dell'asse è terminata viene messo in movimento il mandrino a un basso regime di giri per facilitare l'estrazione dalla barra. La parte del posizionamento sicuro termina con la messa in rotazione del mandrino. Le attività che verranno descritte in seguito sono le medesime sia per il posizionamento sicuro che per quello standard. La quota dell'asse verticale viene portata nella posizione di fuori ingombro, in tale posizione le tenute e il carrello della stazione st.02 possono essere movimentate senza pericolo di urti tra le componenti meccaniche. Se il mandrino era stato precedentemente messo in rotazione viene fermato. Infine, si imposta la fase corretta per il funzionamento automatico.



DIAGRAMMI UML 8 - DIAGRAMMA DI ATTIVITÀ POSIZIONAMENTO ST.03 E ST.04

4.9.3 FUNZIONAMENTO STAZIONE

Nelle stazioni di foratura, lo stato di funzionamento della macchina, che sia in automatico o bimanuale, non influisce sul funzionamento della stazione. La prima fase che viene eseguita, dopo la fase di posizionamento, è la fase di avvicinamento barra. All'interno di questa fase, viene controllata la presenza del consenso dalla stazione st.02 di barra bloccata. Prima di iniziare il ciclo

di movimentazione degli assi si controlla che la stazione non sia stata esclusa dal funzionamento, nel caso lo sia si cambia direttamente fase impostando tutti i consensi relativi alla foratura terminata con successo, la fase successiva impostata in caso di esclusione unità è la fase di svasatura. Nel caso in cui, nella fase avvicinamento barra, la stazione non sia esclusa, viene eseguita la procedura di movimentazione dell'asse verticale a velocità elevata per avvicinare la punta utensile alla barra da forare. Terminato il task di movimentazione dell'asse, vengono comandate in contemporanea la rotazione del mandrino di foratura, l'accensione della pompa del refrigerante e infine il cambio fase, la fase impostata sarà quella di foratura. Nella fase di foratura, prima di iniziare ad avanzare con l'asse verticale, viene controllato che la rotazione del mandrino e la pompa del refrigerante siano arrivate a regime, soddisfatte queste condizioni viene eseguito il task di movimentazione dell'asse verticale per forare la barra. Le velocità di avanzamento dell'asse verticale e di rotazione del mandrino sono specifiche per questa fase. Il task di foratura termina quando la parte alta dei taglienti della punta di foratura ha oltrepassato la parte inferiore della barra, se non ci sono stati problemi durante tutta la foratura, la fase termina, vengono settati tutti i dati relativi alla lavorazione di foratura terminata con successo e si passa alla fase successiva, la fase di avvicinamento svasatrice. La fase di avvicinamento svasatrice effettua le medesime operazioni della fase di avvicinamento punta, con la differenza che questa volta viene avvicinato al pezzo la svasatrice, un passaggio aggiuntivo che effettua questa fase è impostare il valore di rotazione del mandrino per la fase successiva. Terminato il task di movimento dell'asse verticale, viene impostata la fase successiva, fase di svasatura. Nella fase di svasatura, la prima cosa che viene controllata è la presenza dell'esclusione unità, nel caso in cui la stazione sia esclusa la lavorazione non viene eseguita, si impostano tutti i dati relativi alla lavorazione di svasatura terminata con successo e si passa alla fase successiva. Nel caso in cui la stazione non sia esclusa, la prima cosa che viene controllata è la presenza del comando di funzionamento della pompa del refrigerante e la velocità di rotazione del mandrino a regime. Se entrambe le condizioni sono soddisfatte, viene comandato il task di movimento dell'asse verticale. Terminato il task di movimento vengono settati tutti i dati relativi alla lavorazione di svasatura eseguita con successo e si imposta la fase successiva in alto. La fase in alto resetta il consenso alla rotazione del mandrino e al funzionamento delle pompe ed esegue il task di movimento

dell'asse verticale per tornare nella posizione in alto fuori ingombro per la movimentazione della barra attuata dalla stazione st.02. La fase di in alto con ripristino ciclo di foratura viene settata in cui ci sia stata qualche anomalia nel funzionamento della macchina, le anomalie che possono essere generate sono due: la prima è una anomalia generica del funzionamento della Foratrice, in quel caso la foratura viene interrotta e non è più sicuro riprendere o iniziare un nuovo processo di lavorazione sulla stessa barra, il secondo tipo di anomalia è interna alla stazione e può essere relativa al superamento delle coppie critiche di lavoro (sono le stesse soglie utilizzate nella manutenzione straordinaria). Nel caso in cui queste anomalie risultino attive in una qualsiasi fase successiva alla fase di avvicinamento barra, la barra in lavorazione sarà considerata scarto. Terminata la lavorazione della barra, viene impostato un consenso alla stazione 02 di fine ciclo di foratura.

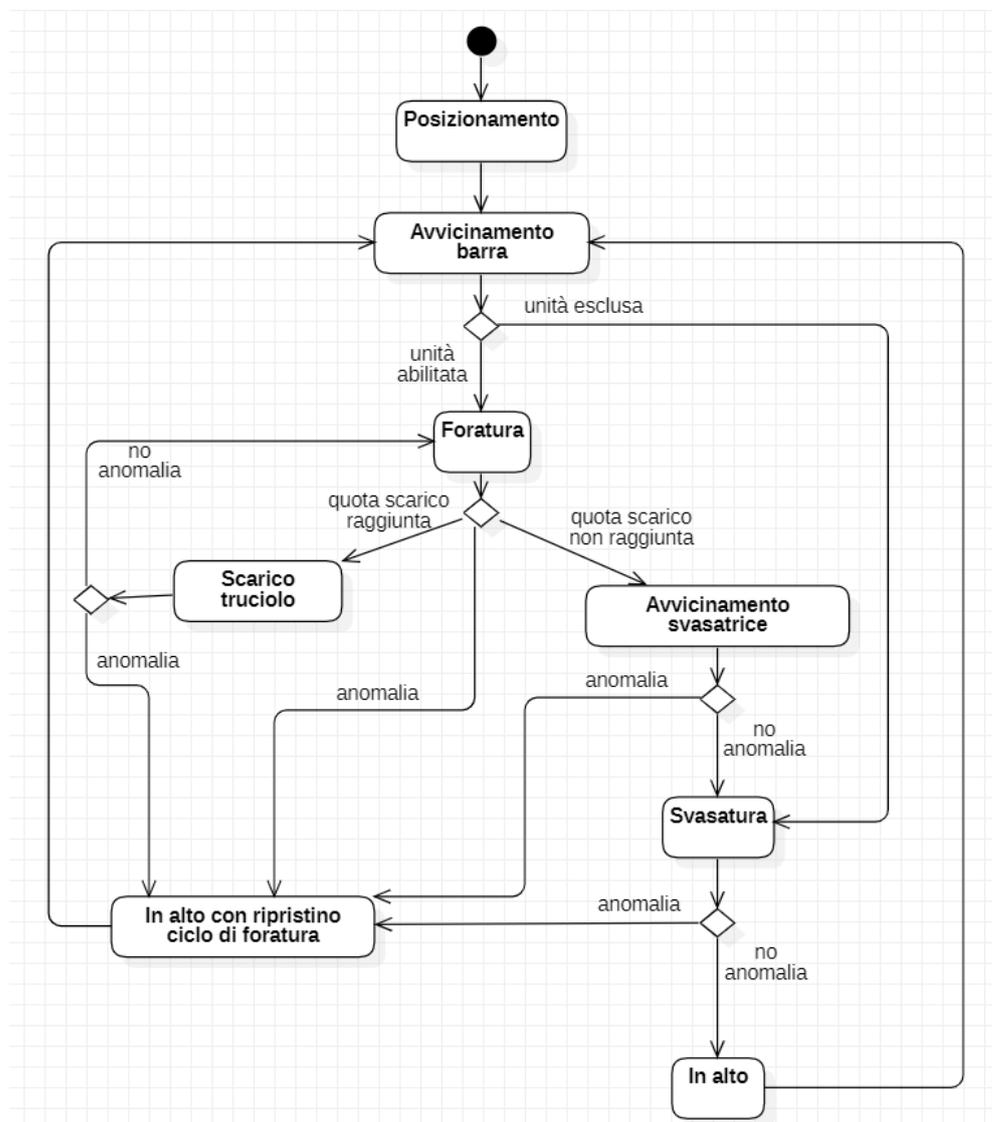


FIGURA 22 - DIAGRAMMA DI STATO ST.03 E ST.04

4.10 ST.05 – UNITÀ DI SVASATURA DESTRA INFERIORE E ST.06 – UNITÀ DI SVASATURA SINISTRA INFERIORE

4.10.1 SENSORI, ATTUATORI E COMPONENTI MECCANICHE

Le stazioni 05 Svasatrice destra inferiore e 06 Svasatrice sinistra inferiore, sono due unità speculari e sono formate dalle seguenti componenti:

- Motore rotazione mandrino: questo motore è posto nella parte frontale dell'unità di foratura. Il motore è collegato al mandrino mediante un sistema di trasmissione interno all'unità di foratura. Il motore non è dotato di inverter, una volta acceso ruota a velocità costante.
- Cilindro pneumatico movimentazione verticale mandrino: l'altezza di svasatura del foro è fissa, quindi, il cilindro pneumatico arriva sempre alla stessa altezza.
- Utensile per svaso: per effettuare l'operazione di svasatura della barra è necessario un utensile conforme al foro che si vuole svasare. L'utensile è dotato di placchette intercambiabili.

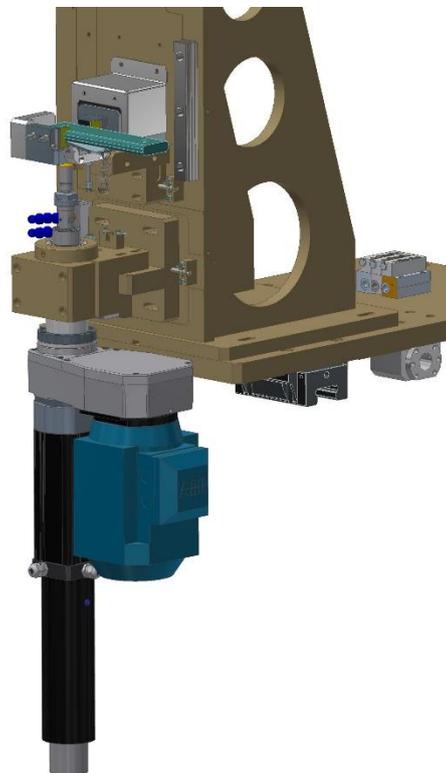


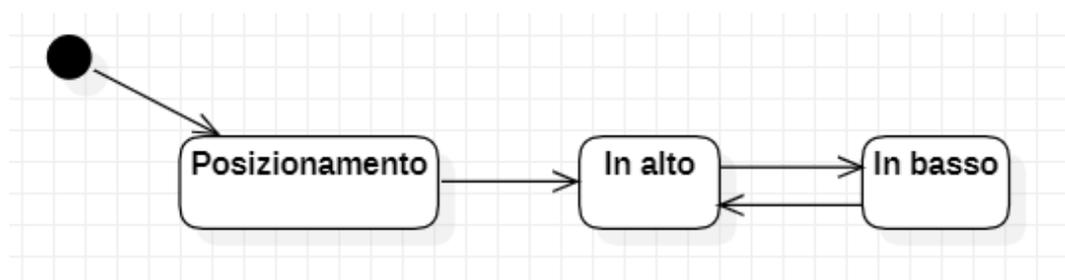
FIGURA 23 - SVASATRICE SINISTRA ST.06

4.10.2 POSIZIONAMENTO

Il posizionamento di questa stazione è semplice e breve. La stazione di svasatura inferiore non ha collisioni con nessun'altra unità nei movimenti del posizionamento. Le operazioni che compie sono resettare il comando per la rotazione del motore del mandrino e comandare il cilindro pneumatico nella posizione in basso. Quando il cilindro ha raggiunto la posizione viene settata la fase per il funzionamento automatico.

4.10.3 FUNZIONAMENTO STAZIONE

La stazione di svasatura non varia il suo ciclo di funzionamento in base allo stato del macchinario, indipendentemente che sia in automatico o bimanuale. Quando la stazione si trova nella fase in alto attende il consenso al lavoro da parte della stazione di foratura nella parte superiore, la st.03 darà il consenso al lavoro alla st.05 e la st.04 darà il consenso al lavoro alla st.06. Quando la stazione di svasatura riceve il consenso al lavoro significa che la punta della stazione di foratura è fuori ingombro ed è possibile iniziare il ciclo di svaso. Quando il consenso al lavoro è attivo, viene comandata la rotazione del motore del mandrino, quando il mandrino è in rotazione a regime viene comandato in alto il cilindro che manda in appoggio l'utensile con la barra. Quando l'utensile è arrivato nella posizione in alto, si attende un breve lasso di tempo così da eseguire la svasatura nella maniera corretta. Terminato il tempo di attesa, viene settata la nuova fase. Nella fase in basso viene comandato il cilindro nella posizione in basso e si attende che il cilindro sia in posizione, quando la posizione viene raggiunta, la fase termina e viene nuovamente settata la fase in alto.



DIAGRAMMI UML 9 - DIAGRAMMA DI STATO ST.05 E ST.06

4.11 ST.07 – TRAMOGGIA EVAQUAZIONE TRUCIOLI E POMPE REFRIGERANTE

4.11.1 SENSORI, ATTUATORI E COMPONENTI MECCANICHE

La stazione 07 è composta dalle seguenti componenti hardware:

- Tramoggia trucioli: è un grande componente che svolge varie funzioni. Il compito principale è quello di convogliare i trucioli che si creano durante il processo di foratura. A intervalli prestabiliti il nastro viene attivato e i trucioli vengono convogliati e raccolti in un contenitore. Il liquido refrigerante che viene spruzzato sulla barra in lavorazione sgocciola sul nastro di raccolta trucioli, sotto di esso è presente una vasca che lo raccoglie. Il liquido raccolto al disotto delle foratrici deve passare una serie di filtri per poter arrivare nella zona dove sono immerse le pompe che lo pescano.
- Pompa refrigerante alta pressione: pesca il liquido nella vasca della tramoggia trucioli e lo convoglia alle unità di foratura.
- Pompa refrigerante bassa pressione: questa pompa nella versione attuale della macchina non viene utilizzata. Nel progetto iniziale questa pompa era collegata a delle cannette che opportunamente posizionate nelle morse di foratura avrebbero sparato del refrigerante per pulire il piano di lavoro
- Galleggiante di livello minimo refrigerante: all'interno della vasca di contenimento del liquido refrigerante, vicino alla zona di pescaggio delle pompe, è presente un galleggiante con contatto NO che informa della presenza del livello minimo del refrigerante.
- Galleggiante livello massimo refrigerante: all'interno della vasca di contenimento del liquido refrigerante, vicino alla zona di pescaggio delle pompe, è presente un galleggiante con contatto NC che informa della presenza del livello massimo del refrigerante.

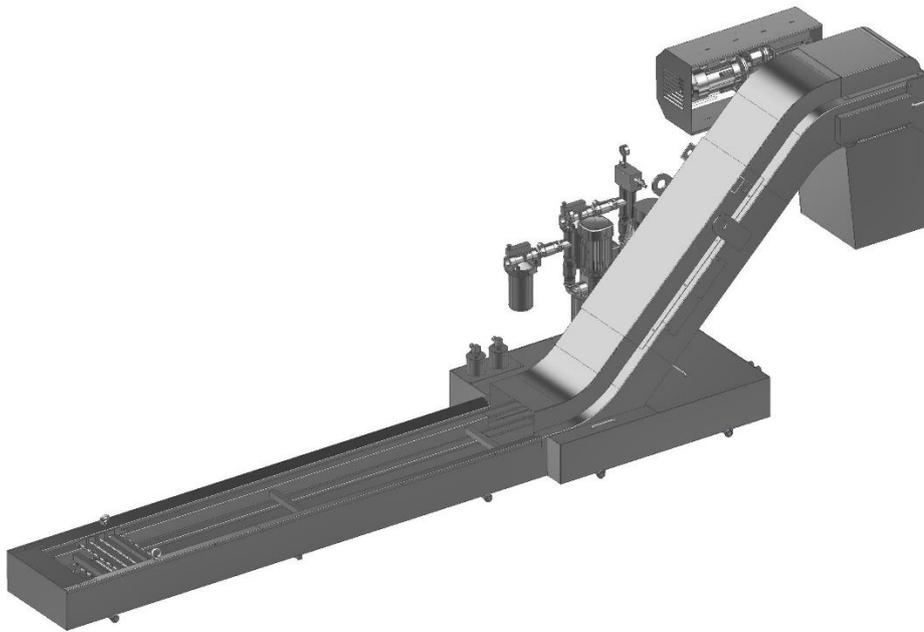


FIGURA 24 - TRAMOGGIA TRUCIOLI ST.07

4.11.2 FUNZIONAMENTO STAZIONE

Le pompe e la tramoggia della st.07 non hanno una procedura di posizionamento.

Pompe refrigerante

Nella versione attuale della macchina, la pompa refrigerante di bassa pressione non è utilizzata. La pompa refrigerante di alta pressione viene comandata in base ai consensi impostati in altre stazioni. Il funzionamento delle pompe del refrigerante non varia in base alle condizioni della macchina.

Tramoggia trucioli

Questo componente funziona solamente in funzionamento automatico. Si è deciso che durante il funzionamento bimanuale, il nastro metallico di trasporto dei trucioli deve rimanere fermo, in quanto potrebbe mettere in pericolo la sicurezza dell'operatore in caso si esegua la procedura di sostituzione del barile contenente l'accumulo dei trucioli. Durante il funzionamento automatico la tramoggia è chiusa all'interno delle protezioni dell'isola robotizzata e viene azionata quando viene raggiunto un valore di soglia per i fori effettuati. Il nastro gira per un tempo prestabilito, fino a liberare completamente dai trucioli lo spazio sotto le foratrici.

4.12 ST.08 – STAZIONE INGRASSAGGIO

4.12.1 SENSORI, ATTUATORI E COMPONENTI MECCANICHE

La stazione 08 Ingrassaggio è formata dalle seguenti componenti:

- Pompa grasso: è presente un serbatoio a molla che preme costantemente sulla riserva di grasso, nella parte bassa del serbatoio è presente un pistone pneumatico che quando azionato da una singola pompata di grasso, per effettuare più pompate consecutive bisogna effettuare dei cicli di funzionamento on-off.
- Sensore livello minimo grasso: all'interno del serbatoio contenente il grasso è presente un galleggiante con contatto NC, che indica se il livello minimo del grasso è stato raggiunto.
- Microcontatto dosatore principale grasso: sul blocchetto principale in cui arriva il tubo di mandata della pompa del grasso e da cui si diramano le tre linee principali di lubrificazione, è presente un sensore, chiamato microcontatto, che facendo uno scambio di segnali indica il corretto passaggio del lubrificante



FIGURA 26 - POMPA GRASSO ST.08

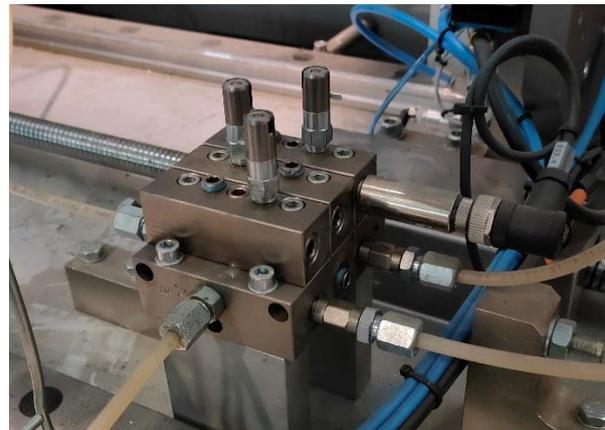


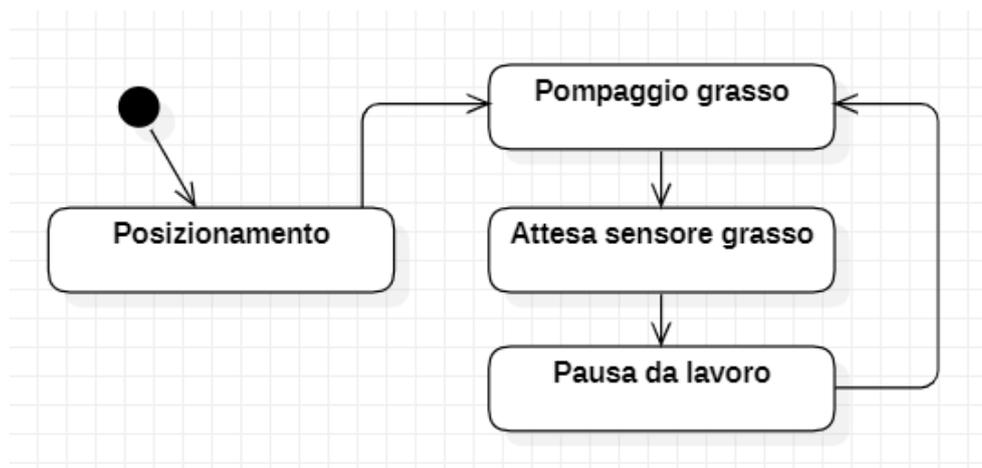
FIGURA 25 - SMISTATORE PRINCIPALE GRASSO CON MICROCONTATTO ST.08

4.12.2 POSIZIONAMENTO

Il posizionamento della stazione corrisponde al reset della struttura dati di lavoro e reset del comando di pompaggio del lubrificante

4.12.3 FUNZIONAMENTO STAZIONE

Questa stazione non varia il suo funzionamento in base allo stato della Foratrice, cioè se in automatico o bimanuale. Nella fase di pompaggio grasso, la stazione rimane in attesa che venga superata la soglia del numero di fori totali per iniziare il ciclo. Al superamento della soglia viene effettuata una pompata della pompa del grasso e letto lo stato del segnale di microcontatto del grasso. Dopo un breve lasso di tempo si resetta il comando alla pompa e si passa alla fase successiva. Nella fase di attesa sensore grasso viene controllato che il microcontatto effettui dei cicli di segnale 1-0-1 oppure 0-1-0, dipendenti dallo stato del segnale precedente al pompaggio del grasso. Si attendono due secondi, nel caso in cui lo scambio di segnali non sia avvenuto, la Foratrice richiede la manutenzione ordinaria su questo componente. Terminata la fase di attesa del microcontatto, si passa alla fase successiva, in cui c'è una piccola attesa prima di iniziare il ciclo successivo. Terminata la pausa lavoro, viene settata nuovamente la fase di pompaggio grasso che ritorna in attesa delle condizioni per iniziare nuovamente il ciclo.



DIAGRAMMI UML 10 - DIAGRAMMA DI STATO ST.08

5. ESEMPI CODICE PLC

5.1 PLC

5.1.1 AMBIENTE DI SVILUPPO

Total Integrated Automation Portal (TIA Portal) è una piattaforma di sviluppo software prodotta da Siemens per automazione industriale. Offre un'interfaccia utente intuitiva e una struttura di base modulare per semplificare l'implementazione dei sistemi. Si tratta di un unico ambiente di sviluppo integrato per tutti gli strumenti di automazione Siemens, come PLC, HMI, inverter e servo motori. TIA Portal offre una soluzione completa che consente all'utente di gestire, configurare, programmare e testare un sistema di automazione. Il portale fornisce anche funzionalità di simulazione che consentono di testare l'impianto prima di eseguirne l'installazione finale. L'ambiente di sviluppo di TIA Portal consente inoltre di eseguire il debug del codice in tempo reale e visualizzare la diagnostica dei dispositivi connessi.

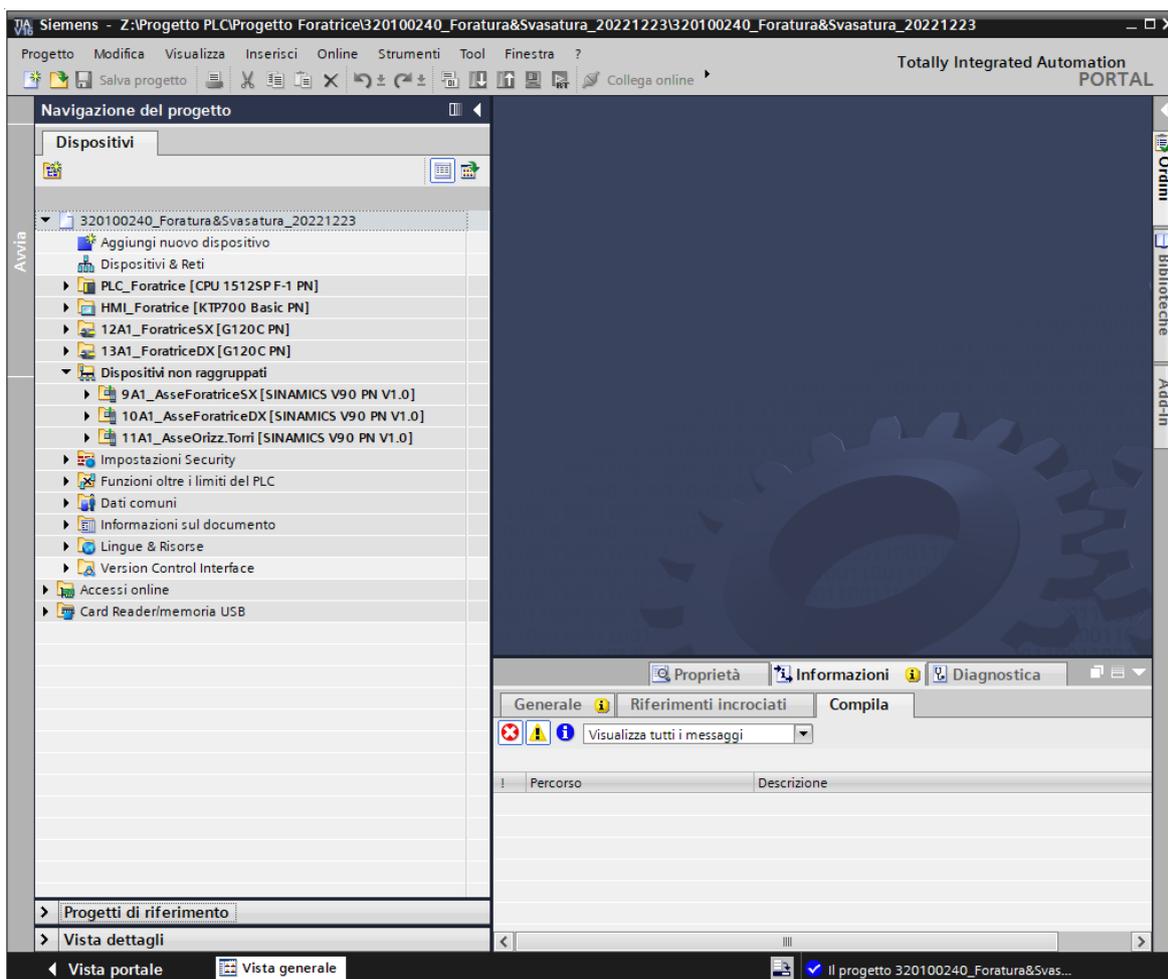


FIGURA 27 - SCHERMATA PRINCIPALE TIA PORTAL V16

5.1.2 LINGUAGGI DI PROGRAMMAZIONE PLC

Nell'ambito dei PLC Siemens è possibile utilizzare svariati linguaggi di programmazione. La scelta del linguaggio è fortemente dipendente dalla tipologia di operazione che si deve effettuare o alla specializzazione del programmatore in un linguaggio specifico. I linguaggi disponibili sono:

- **FUP (Linguaggio a contatti):** linguaggio grafico che tende ad emulare uno schema elettrico. Linguaggio semplice ed immediato che viene spesso utilizzato per avere una visione di insieme di alcuni segmenti del codice.

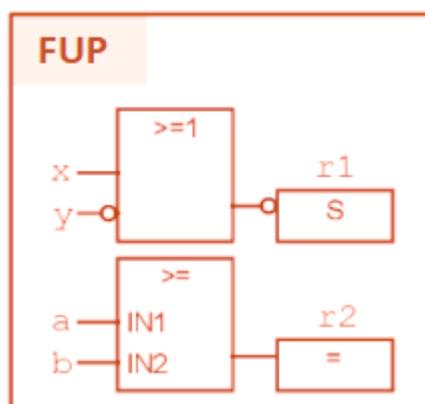


FIGURA 28 - ESEMPIO PROGRAMMAZIONE FUP

- **KOP (Linguaggio a blocchi funzionali):** linguaggio grafico molto simile al FUP ma permette in alcune situazioni di condensare in meno spazio lo stesso codice.

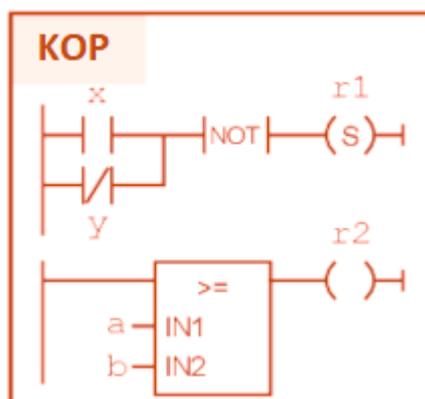


FIGURA 29 - ESEMPIO PROGRAMMAZIONE KOP

- **AWL (Linguaggio a lista di istruzioni):** linguaggio di basso livello simile al linguaggio macchina, ha la possibilità di lavorare direttamente sui registri della CPU. Grazie a questo linguaggio è possibile utilizzare puntatori e registri di indirizzo. Linguaggio molto delicato che se utilizzato nella maniera errata può portare a loop del codice e gestione errata dello spazio nei registri. Alcuni esempi di istruzioni nel mnemonico tedesco sono che saranno utilizzate nei capitoli successivi:

Operazioni logiche bit a bit:

- U <bit>: interroga il bit indirizzato sullo stato del segnale “1” e combina l’esito dell’interrogazione con il registro RLC in AND
- UN <bit>: interroga il bit indirizzato sullo stato del segnale “0” e combina l’esito dell’interrogazione con il registro RLC in AND
- O <bit>: interroga il bit indirizzato sullo stato del segnale “1” e combina l’esito dell’interrogazione con il registro RLC in OR
- ON <bit>: interroga il bit indirizzato sullo stato del segnale “0” e combina l’esito dell’interrogazione con il registro RLC in OR
- = <bit>: scrive il valore di RLC nel bit indirizzato
- S <bit>: scrive il valore “1” nel bit indirizzato se il valore dell’RLC=1, altrimenti il valore del bit indirizzato rimane inalterato
- R <bit>: scrive il valore “0” nel bit indirizzato se il valore dell’RLC=1, altrimenti il valore del bit indirizzato rimane inalterato

Operazioni di confronto per valori interi 16 bit:

- =I: confronta i valori sui registri ACCU1 e ACCU2, se il valore coincide il risultato del confronto viene visualizzato nell’RLC
- >I: confronta i valori sui registri ACCU1 e ACCU2, se il primo valore è maggiore del secondo, viene caricato il valore RLC=1

- $\leq I$: confronta i valori sui registri ACCU1 e ACCU2, se il primo valore è minore del secondo, viene caricato il valore RLC=1

```

AWL
U(
O      x
ON     y
)
NOT
S      r1

L      a
L      b
>=I
=      r2

```

FIGURA 30 - ESEMPIO PROGRAMMAZIONE AWL

- **SCL (Linguaggio strutturato):** linguaggio simile al Pascal, comodo per la manipolazione di strutture dati elaborate e per lo sviluppo di algoritmi complessi. Linguaggio che dalle ultime versioni di TIA Portal viene direttamente compilato in linguaggio macchina.

```

SCL

IF NOT(x = TRUE OR
      y = FALSE) THEN
  r1 := TRUE;
END_IF;

r2 := (a >= b);

```

FIGURA 31 - ESEMPIO PROGRAMMAZIONE SCL

5.1.3 STRUTTURA DEL CODICE

Il codice all'interno di TIA Portal è suddiviso in: Blocchi organizzativi (OB), Funzioni (FC), Blocchi funzione (FB) oppure Blocchi dati (DB). I blocchi OB, FC e FB al loro interno sono suddivisi in segmenti, all'interno di ogni segmento è possibile programmare in uno dei linguaggi disponibili, quindi, non è difficile trovare all'interno dello stesso blocco, due segmenti adiacenti scritti in linguaggi differenti.

I blocchi organizzativi (OB) rappresentano l'interfaccia tra il sistema operativo ed il programma utente. Sono blocchi che l'utente può programmare, che vengono chiamati da sistema operativo ciclicamente o a seguito del verificarsi di specifiche condizioni. Di seguito alcuni esempi di OB che il sistema operativo del PLC chiama e le condizioni per cui tale chiamata si verifica.

- **OB1 Elaborazione ciclica del programma**
L'OB1 è richiamato ciclicamente da sistema operativo subito dopo l'aggiornamento dell'immagine di processo degli ingressi. Ogni programma dovrà contenere questo blocco ed esso potrà contenere, eventualmente, richiami di altri blocchi come FC, FB o DB. Corrisponde al main del programma del PLC.
- **OB10-OB17 Time of the day interrupts**
Sono in grado di generare delle interrupt in base a eventi generati dall'orologio interno al PLC. Possono essere parametrizzati per generare le interrupt in base alle esigenze del programmatore.
- **OB30-OB38 Cyclic interrupts**
Sono in grado di generare delle interrupt cicliche in base alla parametrizzazione impostata. Impostare un tempo di interrupt ciclico inferiore al tempo ciclo del PLC porta la CPU in stop.
- **OB40-OB47 Process interrupt**
Sono in grado di generare delle interrupt derivanti da segnali di processo, possono essere segnali di input-output o segnali interni al PLC

Le funzioni (FC) non sono provviste di memoria dati in cui salvare i valori dei parametri. Per questo quando la funzione viene richiamata i parametri formali devono essere sostituiti con parametri attuali. Per il salvataggio

permanente dei dati, le funzioni dispongono di blocchi dati globali (DB). Una funzione offre la possibilità di trasferire i parametri nel programma utente. Per questo motivo le funzioni sono particolarmente adatte per programmare costrutti complessi che ricorrono di frequente come ad esempio calcoli o procedure ripetitive.

I blocchi funzionali (FB) sono blocchi di codice che memorizzano i parametri di ingresso, uscita e transito in modo permanente nei blocchi dati di istanza così da poterne disporre anche dopo l'elaborazione del blocco. Per questa ragione gli FB vengono definiti anche blocchi con "memoria". I blocchi funzionali possono lavorare anche con le variabili temporanee, Che però non vengono salvate nel DB di istanza ma restano a disposizione solo per un ciclo.

I blocchi dati (DB) ha la funzione di salvare i valori che vengono scritti durante l'esecuzione del programma. A differenza del blocco di codice il blocco dati contiene solo dichiarazioni delle variabili. Non contiene né segmenti né istruzioni. Le dichiarazioni delle variabili definiscono la struttura del blocco dati.

5.2 OB1 – MAIN PROGRAM

All'interno del blocco organizzativo OB1, vengono richiamati tutti i blocchi per il funzionamento della Foratrice.

OB1 elaborazione ciclica				
	Nome	Tipo di dati	Valore di default	Commento
1	Input			
2	Initial_Call	Bool		Initial call of this OB
3	Remanence	Bool		=True, if remanent data are available
4	Temp			
5	Constant			

CALL	
▶	Segmento 1: COPIA INGRESSI GENERALI
▶	Segmento 2: CLOCK
▶	Segmento 3: LETTURA DATI DA PLC ISOLA
▶	Segmento 4: MANUALE UNITA'
▶	Segmento 5: VARIE MACCHINA BASE
▶	Segmento 6: DIAGRAMMA STATI MACCHINA
▶	Segmento 7: CAMBIO PRODOTTO
▶	Segmento 8: CONTAPEZZI & CONTAFORI
▼	Segmento 9: COMANDO UNITA'
Commento	
1	CALL "FC200 movimentazione orizz.torri st.01"
2	CALL "FC201 traslatore barra e tenute torri st.02"
3	CALL "FC202 foratrice torre DX st.03"
4	CALL "FC203 foratrice torre SX st.04"
5	CALL "FC204 svasatrice inferiore DX st.05"
6	CALL "FC205 svasatrice inferiore SX st.06"
7	CALL "FC206 tramoggia evacua.trucioli & pompe ref.st.07"
8	CALL "FC207 ingrassaggio pattini guide st.08"
9	
▶	Segmento 10: ASSI
▶	Segmento 11: MANUTENZIONE MACCHINA
▶	Segmento 12: GESTIONE DISPLAY
▶	Segmento 13: COPIA USCITE GENERALI

CODICE 1 - OB1, MAIN PROGRAM CARICATO NELLA CPU DELLA FORATRICE

- Segmento 1: COPIA INGRESSI
In questo segmento viene richiamato l'FC che gestisce la lettura degli input nei moduli degli ingressi del PLC, ad esempio: la pressione dei pulsanti, pressostati generali della macchina e tutti quegli ingressi che hanno valenza per tutta la macchina.
- Segmento 2: CLOCK
Alla presenza del fronte di salita del clock di sistema, vengono impostate delle variabili locali che rimangono alte solo un ciclo PLC. Le variabili collegati ai clock della CPU vengono spesso utilizzate quando è necessario effettuare delle azioni a cadenza regolare con una discreta precisione temporale.

- Segmento 3: LETTURA DATI DA PLC ISOLA
In questo segmento viene richiamato l'FC che gestisce lettura/scrittura dei dati scambiati con il PLC dell'isola robotizzata, i dati salvati sono salvati in un blocco dati DB globale.
- Segmento 5: VARIE MACCHINA BASE
In questo segmento viene richiamato un FC che gestisce le funzionalità base della macchina, come: comando valvole di alimentazione pneumatica, anomalie di base, interfacciamento con i blocchi relativi alla Safety per centraline emergenze, centraline ripari e valvole alimentazione pneumatiche.
- Segmento 9: COMANDO UNITÀ
Vengono richiamati ed eseguiti in maniera sequenziale gli FC delle stazioni della macchina
- Segmento 10: ASSI
In questo segmento vengono richiamati i blocchi di codice contenenti tutta la parte di interfacciamento con i controllori dei servo-azionamenti e inverter.
- Segmento 11: MANUTENZIONE MACCHINA
Richiamo dell'FC che gestisce tutte le logiche per le richieste delle manutenzioni ordinarie e straordinarie.
- Segmento 12: GESTIONE DISPLAY
In questo segmento vengono richiamate tutte le funzioni che servono per l'interfacciamento con l'HMI.
- Segmento 13: COPIA USCITE
Vengono copiati i valori dei merker locali negli indirizzi che andranno a comandare le uscite dei moduli del PLC.

5.3 CODICE PER LA GESTIONE DEL FUNZIONAMENTO DELLE STAZIONI

Nella *Figura 32 - Funzione (FC) di gestione st.01* è possibile vedere la visualizzazione proposta da TIA Portal per la gestione degli FC. Nella parte alta si trova la progettazione dell'interfaccia del blocco. Nella st.01 non viene scambiato nessun dato nell'interfaccia, sono presenti solo variabili temporanee (Temp). In base ai dati che vengono immessi nei campi di: Input, Output e InOut, quando verrà richiamato l'FC sarà necessario passare i dati immessi in questa schermata. Nella parte sottostante all'interfaccia di comunicazione sono presenti 13 segmenti, in ognuno di essi è presente una parte di codice, nel caso non siano stati programmati salti tra vari blocchi, il PLC esegue in maniera sequenziale in codice presente in ogni segmento a partire dal numero 1.

FC200 movimentazione orizz.torri st.01				
	Nome	Tipo di dati	Valore di default	Commento
1	Input			
2	<Inserisci>			
3	Output			
4	<Inserisci>			
5	InOut			
6	<Inserisci>			
7	Temp			
8	distanza Minima Torri	Real		
9	distanza Minima torriInt	Int		
10	distanza Asse Foro-Estern...	Real		
11	TMP_TorriAllineateConPro...	Bool		
12	TMPBOOL	Bool		
13	TMPDINT	DInt		
14	TMPINT	Int		
15	Constant			
16	<Inserisci>			
17	Return			
18	FC200 movimentazione o...	Void		

CALL

▼ **Titolo del blocco:** st.01 movimentazione orizz.torri

Commento

- ▶ **Segmento 1:** COPIA INGRESSI ASSE ORIZ.TORRI
- ▶ **Segmento 2:** PARAMETRI
- ▶ **Segmento 3:** DISTANZA MINIMA TORRI REAL->INT
- ▶ **Segmento 4:** ANAI UNITA'
- ▶ **Segmento 5:** OR ANAI UNITA'
- ▶ **Segmento 6:** POSIZIONAMENTO
- ▶ **Segmento 7:** RIPARTENZA ASSE DOPO RIPRISINO SICUREZZE
- ▶ **Segmento 8:** AUTOMATICO/BIMANUALE UNITA'
- ▶ **Segmento 9:** RESET ALLARME ASSE
- ▶ **Segmento 10:** STOP INTERMEDIO ASSE e CANCELLA MOVIMENTO
- ▶ **Segmento 11:** RESET COMANDO DI ESCUZIONE ASSE(START MOVIMENTO)
- ▶ **Segmento 12:** ABILITAZIONE MOVIMENTO ASSE/COPPIA/COMANDO
- ▶ **Segmento 13:** COPIA USCITE ASSE ORIZ.TORRI

FIGURA 32 - FUNZIONE (FC) DI GESTIONE ST.01

Negli FC di gestione delle stazioni sono presenti dei segmenti standard, che anche al variare della stazione sono sempre presenti anche se con indici di segmento differenti, mentre altri segmenti vengono creati per la gestione della singola stazione.

- **Segmento di COPIA INGRESSI**

In questo segmento vengono generalmente copiati: i valori dei sensori, segnali provenienti da unità esterne e segnali da blocchi che gestiscono la comunicazione. I dati in questo segmento vengono copiati in merker di sistema, così da non avere variazioni dello stato di un segnale durante il ciclo di esecuzione della stazione. In particolare, nella parte di segmento di COPIA INGRESSI della st.02 (Codice 2), viene copiato lo stato dei sensori posti sul corpo dei cilindri pneumatici.

```

1 //***** Tenute SX *****
2
3 // TENUTA BARRA FORATRICE SX INDIETRO
4     U    "E14.1 tenuta barra foratrice SX indietro"
5     UN   "E14.2 tenuta barra foratrice SX avanti"
6     =    "M400.0 tenuta orizz.indietro SX"
7 // TENUTA BARRA FORATRICE SX AVANTI
8     U    "E14.2 tenuta barra foratrice SX avanti"
9     UN   "E14.1 tenuta barra foratrice SX indietro"
10    =    "M400.1 tenuta orizz.avanti SX"
11 // TENUTA VERTICALE SX IN ALTO
12    U    "E17.0 tenuta verticale SX in alto"
13    UN   "E17.1 tenuta verticale SX in basso"
14    =    "M401.7 tenuta verticale in alto SX"
15 // TENUTA VERTICALE SX IN BASSO
16    U    "E17.1 tenuta verticale SX in basso"
17    UN   "E17.0 tenuta verticale SX in alto"
18    =    "M402.0 tenuta verticale in basso SX"
19 //*****

```

CODICE 2 – ESEMPIO COPIA INGRESSI ST.02

- **Segmento di ANAI UNITÀ**

Nel segmento delle anomalie vengono create tutte le condizioni di errore che può generare una stazione, esistono anomalie di arresto immediato, anomalie di arresto in fase e segnalazioni. Le anomalie di arresto immediato richiedono il fermo macchina immediato, in qualunque condizione. Le anomalie di arresto in fase richiedono un fermo della macchina, ma la macchina ha la possibilità di fermarsi nelle condizioni ottimali per un eventuale ripartenza. Infine, le segnalazioni servono principalmente per segnalare all'operatore eventuali condizioni per cui la macchina potrebbe avere dei fermi, una

tipologia di segnalazione classica è l'attesa dei pezzi da parte di una stazione di carico.

```

1 //***** ANAI ASSE NON AZZERATO *****
2 |
3 // RESET
4 U "M29.0 funzionamento manuale unità"
5 U "DB7 derivate".derivata."14_derivata+ reset allarmi assi manuale"
6 O "M21.7 derivata pulsante reset anomalie"
7 R "Asse_ForatriceDX".Sgn.AnaiAsseNonAzzerato
8 // SET
9 U "M27.3 consenso controllo azzeramento asse"
10 UN "Asse_ForatriceDX".In.AsseAzzerato
11 S "Asse_ForatriceDX".Sgn.AnaiAsseNonAzzerato
12 //*****
13
14 //***** ANAI ASSE IN ALLARME *****
15
16 // RESET
17 L "Asse_ForatriceDX".Diag.ActFault
18 L 0
19 ==I
20 U "DB7 derivate".derivata."17_derivata- com.reset allarmi asse foratrice DX"
21 R "Asse_ForatriceDX".Sgn.AnaiAsseInAllarme
22 // SET
23 U "Asse_ForatriceDX".Out.AbiMovimento
24 U "SINAPOS_ForatriceDX".AxisError
25 UN "Asse_ForatriceDX".Out.ResetAllarme
26 S "Asse_ForatriceDX".Sgn.AnaiAsseInAllarme
27 //*****
--

```

CODICE 3 - ESEMPI DI ANOMALIE DI ARRESTO IMMEDIATO DELLA ST.02

- **Segmento di OR ANAI UNITÀ**

In questo segmento viene creato un cumulativo di tutte le anomalie che può generare la stazione, solitamente viene utilizzato per fermare il ciclo di funzionamento della stazione o dell'intera macchina.

```

1 O "M25.2 stop unità da sicurezze macchina"
2 // Asse foratrice SX
3 O "M286.0 anai asse foratrice SX in allarme"
4 O "M286.1 anai asse foratrice SX fuori dai limiti"
5 O "M286.2 anai asse foratrice SX non azzerato"
6 O "M286.3 anai asse foratrice SX non in coppia"
7 O "M286.4 anai asse foratrice SX bloccato"
8 O "M286.5 anai asse foratrice SX fuori posizione"
9 O "M286.6 anai asse foratrice SX software"
10 O "M286.7 anai quota in alto errata foratrice SX"
11 O "M287.1 anai mandrino foratrice SX bloccato durante foro"
12 O "M287.2 anai mandrino foratrice SX bloccato durante svaso superiore"
13 // Inverter foratrice SX
14 O "M302.4 anaf controllo locale inverter foratrice SX"
15 = "M444.7 or anai foratriceSX"
16

```

CODICE 4 – ESEMPIO DI CREAZIONE CUMULATIVO ANOMALIE ST.04

- **Segmento di POSIZIONAMENTO**

In questo segmento vengono inserite tutte le procedure che la macchina deve attuare prima di iniziare a eseguire il segmento del funzionamento automatico o di altri funzionamenti per cui è predisposta la macchina. Nel segmento del POSIZIONAMENTO è

sempre presente una parte iniziale di qualche riga che serve per discriminare quando la parte di codice del posizionamento deve essere eseguita. Quando il posizionamento viene eseguito la prima volta solitamente è presente una parte di codice che deve essere eseguita una sola volta, come alcuni valori di lavorazione che potrebbero inficiare negativamente nel funzionamento della stazione. La seconda parte del posizionamento è composta da una parte di codice che può essere eseguita molteplici volte dal PLC sino al suo compimento. Il posizionamento di una stazione termina sempre alzando il consenso di stazione posizionata.

```

1      ON   "M70.3 posizionamento da DS"
2      O    "M67.4 st.05 svasatrice DX posizionata"
3      R    "M463.6 primo ciclo posizionam.st.05"
4      SPB  b001
5      O    "M463.7 or anai svasatriceDX"
6      SPB  b001
7      U    "M463.6 primo ciclo posizionam.st.05"
8      SPB  b002
9      // RESET VARI
10     S    "M463.6 primo ciclo posizionam.st.05"
11     // RESET FASI
12     L    0
13     T    "MB462 fasi svasatrice DX"
14     S    "M462.1 fase in basso svasatrice"
15
16     b002: NOP 0
17     // COM.OFF MOTORE SVASATRICE DX
18     R    "M461.0 com.motore svasatriceDX"
19     // COM.IN BASSO SVASATRICE DX
20     R    "M461.1 com.in alto svasatriceDX"
21
22     UN   "M461.1 com.in alto svasatriceDX"
23     U    "M460.1 svasatrice DX in basso"
24     // UNITA' POSIZIONATA
25     S    "M67.4 st.05 svasatrice DX posizionata"
26     b001: NOP 0
27

```

CODICE 5 – ESEMPIO DI SEGMENTO DI POSIZIONAMENTO ST.05

- **Segmento di AUTOMATICO UNITÀ**

I segmenti adibiti al funzionamento della stazione possono essere raggruppati in un solo segmento che gestisce molteplici tipologie di funzionamento. Spesso però, si tende a differenziare le tipologie di funzionamento della macchina in segmenti differenti, ci sarà un segmento per il funzionamento automatico, un segmento per il

funzionamento bimanuale e altri segmenti per la gestione degli altri tipi di funzionamento. Nella parte iniziale dei segmenti di funzionamento, ad esempio automatico, sarà presente una parte chiamata “Esclusione funzionamento automatico”, che serve per eseguire il codice del segmento dell’automatico solo al verificarsi di determinate condizioni. Quando le condizioni sono soddisfatte, il codice delle stazioni è suddiviso in fasi, che potranno essere impostate ed eseguite una alla volta, non è mai consigliabile avere molteplici fasi in contemporanea attive.

```

1 //***** ESCLUSIONE MANUALE *****
2
3     U   "M29.0 funzionamento manuale unità"
4     SPBN i001
5 //*****
6
7 //***** COMANDO MANUALE ATTUATORI *****
8
9     U   "DB1 pannello OP"."manuale unita"."pulsante manuale"."st.06 com.in alto svasatrice sx"
10 // COM.IN ALTO SVASATRICE SX
11     S   "M481.1 com.in alto svasatriceSX"
12
13     U   "DB1 pannello OP"."manuale unita"."pulsante manuale"."st.06 com.in basso svasatrice sx"
14 // COM.IN BASSO SVASATRICE SX
15     R   "M481.1 com.in alto svasatriceSX"
16
17     U   "DB1 pannello OP"."manuale unita"."pulsante manuale"."st.06 com.on mandrino svasatrice sx"
18 // COM.ON MOTORE SVASATRICE SX
19     S   "M481.0 com.motore svasatriceSX"
20
21     U   "DB1 pannello OP"."manuale unita"."pulsante manuale"."st.06 com.off mandrino svasatrice sx"
22 // COM.OFF MOTORE SVASATRICE SX
23     R   "M481.0 com.motore svasatriceSX"
24 //*****
25 i001: NOP 0

```

CODICE 6 - SEGMENTO FUNZIONAMENTO MANUALE ST.06

```

1 //***** ESCLUSIONE AUTOMATICO/BIMANUALE *****
2
3     U    "M71.6 automatico da DS"
4     UN   "M29.0 funzionamento manuale unità"
5     U    "M72.7 macchina posizionata per DS"
6     UN   "M483.7 or anai svasatriceSX"
7     SPEN g001
8 //*****
9
10 //***** FASE SVASATRICE DX IN ALTO *****
11     UN   "M482.0 fase in alto svasatrice"
12     SPB  f001
13
14 // (automatico/bimanuale)
15     U    "M410.0 consenso start foratura/svasatura torri (da traslatore barre)"
16     U    "M443.3 consenso start svasatura (da foratriceSX)"
17     U    "M481.0 com.motore svasatriceSX"
18     U    "T121 motore acceso con ritardo svasatriceSX"
19     UN   "DB25 lavorazioni torri".SX.SvasaturaInf.terminata
20     UN   "M480.7 escusione svasatrice SX"
21     U    "M71.3 funzionamento automatico x display da DS"
22     U    "M23.5 pulsante step unità"
23 // COM.IN ALTO SVASATRICE SX
24     S    "M481.1 com.in alto svasatriceSX"
25 // SET SVASATURA IN CORSO
26     S    "DB25 lavorazioni torri".SX.SvasaturaInf.inCorso
27
28     U    "M481.1 com.in alto svasatriceSX"
29     U    "M480.0 svasatrice SX in alto"
30     U    "M71.6 automatico da DS"
31 // PERMANENZA SVASATRICE IN ALTO PER SVASATRURA
32     L    "DB11 timer".DEW244_T122
33     SE   "T122 permanenza in alto per svasatura svasatrice SX"
34
35     U    "T122 permanenza in alto per svasatura svasatrice SX"
36     U    "M481.1 com.in alto svasatriceSX"
37     U    "M480.0 svasatrice SX in alto"
38     O
39     U    "M480.7 escusione svasatrice SX"
40     UN   "M481.1 com.in alto svasatriceSX"
41     U    "M480.1 svasatrice SX in basso"
42     SPEN f001
43
44 // CAMBIO FASE
45     R    "M482.0 fase in alto svasatrice"
46     S    "M482.1 fase in basso svasatrice"
47 // RESET COM.IN ALTO SVASATRICE
48     R    "M481.1 com.in alto svasatriceSX"
49 // RESET CONSENSO START POMPA REFRIGERANTE
50     R    "M443.4 consenso start pompa refrig.alta press.(da foratriceSX)"
51 // RESET VARI
52     R    "T122 permanenza in alto per svasatura svasatrice SX"
53     R    "M443.3 consenso start svasatura (da foratriceSX)"
54 // SET PEZZO OK
55     S    "DB25 lavorazioni torri".SX.SvasaturaInf.pezzoOK
56     R    "DB25 lavorazioni torri".SX.SvasaturaInf.pezzoNOK
57 // SET LVORAZIONE TERMINATA
58     S    "DB25 lavorazioni torri".SX.SvasaturaInf.terminata
59     R    "DB25 lavorazioni torri".SX.SvasaturaInf.inCorso
60 // SET DERIVATA+ NUOVA SVASATURA
61     U    "M480.0 svasatrice SX in alto"
62     S    "DB22 contafori".derivateConteggio.Derivata."derivata+ svasaturaInferioreTorreSX"
63 //*****
64
65 //***** FASE SVASATRICE SX IN BASSO *****
66 f001: UN   "M482.1 fase in basso svasatrice"
67     SPB  g001
68
69     U    "M481.1 com.in alto svasatriceSX"
70 // RESET COM.IN ALTO SVASATRICE
71     R    "M481.1 com.in alto svasatriceSX"
72
73     UN   "M481.1 com.in alto svasatriceSX"
74     U    "M480.1 svasatrice SX in basso"
75 // CAMBIO FASE
76     R    "M482.1 fase in basso svasatrice"
77     S    "M482.0 fase in alto svasatrice"
78 // RESET CONSENSO START MOTORE SVASATRICE
79     R    "M443.6 consenso start motore svasatriceSX (da foratrice SX)"
80 //*****
81 g001: NOP 0

```

CODICE 7 - SEGMENTO FUNZIONAMENTO AUTOMATICO/BIMANUALE ST.06

- **Segmento di COPIA USCITE**

In questo segmento vengono copiati tutti i dati utilizzati internamente alla funzione (FC) della stazione, negli indirizzi delle uscite che andrà a comandare il PLC.

```
1 //***** TRAMOGGIA EVACUAZIONE TRUCIOLI *****
2
3 // COM.MOTORE TRAMOGGIA EVAC.TRUCIOLI
4     U     "M501.0 com.motore tramoggia evac.trucioli"
5     =     "M501.3 com.motore tramoggia evac.trucioli"
6 //*****
7
8 //***** POMPE REFRIGERANTE *****
9
10 // COM.POMPA ALTA PRESSIONE
11     U     "M501.1 com.pompa alta pressione"
12     =     "A12.3 com.pompa 1 alta pressione"
13 // COM.POMPA BASSA PRESSIONE
14     U     "M501.2 com.pompa bassa pressione"
15     =     "A12.4 com.pompa 2 bassa pressione"
16 //*****
17
```

CODICE 8 - SEGMENTO COPIA USCITE ST.07

6. CONCLUSIONI

Lavorare a questo progetto mi ha permesso di interfacciarmi per la prima volta con un cliente, capendone le necessità, così da affinare le mie abilità di problem solving. Il macchinario è stato consegnato entro le tempistiche, rispettando in particolar modo le milestones relative alla qualità del prodotto finale e dei tempi ciclo di funzionamento. Un aspetto fondamentale durante la fase di progettazione software è stato il confronto con le figure senior all'interno dell'azienda, che, appartenendo ai vari dipartimenti (meccanico, elettrico, ecc.), mi hanno fornito un quadro completo su cui basare il futuro sviluppo del codice. L'architettura software implementata nella Foratrice si è rivelata solida e stabile nel tempo, al punto che, dopo un periodo iniziale di calibrazione dei parametri di funzionamento, non si è reso necessario nessun tipo di intervento manutentivo.