

Treball final de grau

Estudi: Grau en Enginyeria Electrònica Industrial i Automàtica

Títol: Automatització d'una embotidora contínua al buit amb mà automàtica.

Document: 1.Memòria

Alumne: Eduard Berenguer Brujats

Tutor: Joaquim Melendez Frigola

Departament: EEEA

Àrea: Enginyeria de Sistemes i Automàtica

Convocatòria (mes/any) setembre /2022

ÍNDEX

1. INTRODUCCIÓ	3
1.1 Antecedents.....	3
1.2 Objecte	3
1.3 Especificacions i abast.....	4
2. EMBOTIDORA.....	5
2.1 Història	5
2.2 Embotidora Contínua.....	6
2.2.1 Tremuja	7
2.2.2 Rotor	7
2.2.3 Mà automàtica	8
3. ELEMENTS PRINCIPALS	9
3.1 Actuadors	9
3.1.1 Servosistema del Rotor	9
3.1.2 Servosistema de la Mà automàtica.....	10
3.1.3 Bomba de buit	11
3.1.4 Ventilador extractor	11
3.2 Sensors	12
3.2.1 Sensor de la genollera.....	12
3.2.2 Sensor de la tremuja.....	12
3.2.3 Sensor del filtre de buit	13
3.2.4 Sensor del nivell d'oli	13
3.3 Seguretat.....	13
3.4 Alimentació	14
3.5 PLC	14
3.5.1 Entrades.....	16
3.5.2 Sortides	16
3.6 Pantalla HMI	17
4. PROGRAMACIÓ DEL PLC.....	18
4.1 Variables globals	18
4.1.1 Variables de pantalla	19

4.1.2 Variables de sistema	21
4.2 Programa principal.....	24
4.3 Alarmes	25
4.4 Automàtic	25
4.4.1 Mode 1	27
4.4.2 Mode 2	28
4.4.3 Mode 3	28
4.4.4 Mode 4	29
4.4.5 Mode 5	29
4.4.6 Mode 6	30
4.5 Manual.....	31
4.6 Temporitzadors.....	31
4.7 Càlculs.....	32
4.8 Sortides	33
5. PROGRAMACIO HMI	34
5.1 Variables	34
5.2 Receptes	34
5.3 Alarmes	35
5.4 Usuaris	36
5.5 Pantalles.....	36
6. PARAMETRITZACIÓ DELS SERVO-ACCIONAMENTS.....	45
7. RESUM DEL PRESSUPOST.....	46
8. CONCLUSIONS	47
9. RELACIÓ DE DOCUMENTS	48
10. BIBLIOGRAFIA.....	49
11. GLOSSARI	50
A. PROGRAMA	51

1. INTRODUCCIÓ

La indústria càrnia, com la majoria dels sectors industrials, vol ser cada vegada més competitiva, però per poder aconseguir-ho, ha d'augmentar la producció ajustant la relació de cost-benefici sense generar pèrdues.

La producció càrnia a nivell global augmenta anualment i la incorporació de la maquinària amb tecnologia més avançada permet assolir més fàcilment els objectius de venda, per aquest motiu, aquesta indústria té un gran potencial per la contínua innovació tècnica.

1.1 Antecedents

Finova és una empresa especialitzada en el disseny i realització de maquinària per a la indústria càrnia. Aquesta té una diversitat de models com per exemple màquines per a la maceració, per a la injecció de can, per a l'elaboració i llescat d'embotits, i també inclou la part de cocció a partir de forns i altres dispositius.

El continu avenç tecnològic genera que els elements elèctrics i electrònics, que incorporen les màquines, es quedin obsolets i es vagin descatalogant. Les contínues millores permeten la creació de dissenys, més eficaços i de més bona qualitat, de maquinària amb les característiques més òptimes per garantir tant una millora de producció com d'eficiència energètica.

Per aquest motiu, podem dir que les empreses que fabriquen maquinària, han d'anar actualitzant els models per incorporar les millores tecnològiques necessàries, i així, complir amb les demandes del mercat.

1.2 Objecte

En el present projecte es realitza una actualització i millora d'una de les màquines que es fabriquen a l'empresa, anteriorment esmentada, concretament de l'embotidora al buit amb mà automàtica.

La màquina consta de dos eixos, el rotor i la mà automàtica, als quals s'incorporaran dos servomotors per poder realitzar el control de moviment. D'aquesta manera s'aconseguirà una millora de la dinàmica i de la precisió a les porcions.

En el projecte es defineixen els diferents elements elèctrics i electrònics per realitzar el control de la màquina, així com la realització de la programació del PLC i dels càlculs necessaris per controlar correctament els servomotors. També es creen les pantalles HMI amb les que el client podrà fer, guardar i posteriorment escollir les receptes segons el producte que vulgui produir.

1.3 Especificacions i abast

L'abast d'aquest projecte serà l'automatització i control de l'embotidora contínua al buit amb mà automàtica. Per poder assolir-ho, es realitzarà el disseny de la part elèctrica i electrònica de la màquina on és crearan els esquemes amb tots els elements necessaris per poder construir el quadre elèctric. També es farà la programació del PLC necessària per a controlar els moviments dels servomotors i la resta d'actuadors.

Finalment és realitzarà la programació de l'HMI que permetrà que l'operari pugui interactuar de la manera més senzilla possible amb la màquina.

2. EMBOTIDORA

Una embotidora és una màquina que introdueix una massa, ja sigui de carn o no, dins d'un envàs natural o artificial. Quan es parla d'envàs natural, es fa referència a un budell d'origen animal, en el cas de l'artificial, seria un budell creat a partir de col·lagen, cel·lulosa, plàstic o també podria ser un recipient que posteriorment es segella amb una tapa amb la finalitat de que l'aliment es conservi durant més temps.

2.1 Història

Al principi, les primeres màquines eren de pistó simple (Figura 1). El funcionament del qual era un èmbol que impulsava la carn a través d'un embut de forma manual mitjançant una palanca o un sistema de manovelles. Les porcions eren desiguals, ja que es realitzava a mà, i una vegada s'acabava la carn, s'havia de moure l'èmbol a la posició inicial per tornar a carregar-la.

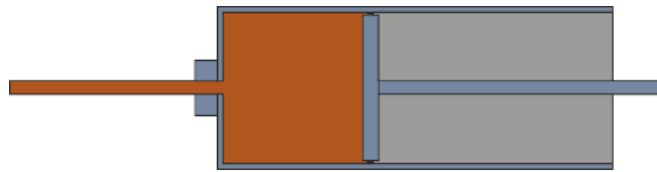


Figura 1. Embotidora de pistó.

A mesura que la tecnologia va anar avançant, la intenció d'industrialitzar la màquina, va fer que es canviés el sistema manual per un de pneumàtic. Tot i això, al augmentar les proporcions, la força necessària per moure l'èmbol era superior i es va haver d'incorporar un sistema hidràulic, el qual és el més utilitzat en la fabricació d'embotidores de pistó.

Anys més tard i amb la intenció d'augmentar la producció i automatitzar el procés, es va veure que es destinava molt temps en carregar la màquina de carn, ja que s'havia de retornar l'èmbol a la posició inicial, obrir la màquina, carregar-la i finalment tornar a muntar-la. Per tal d'optimitzar aquests processos, va sorgir el concepte d'embotidora contínua.

2.2 Embotidora Contínua

El concepte d'embotidora contínua a diferència del sistema de pistó, és una màquina que s'alimenta contínuament sense haver de parar la producció, fet que optimitza el temps de càrrega, per tant, hi ha un augment la producció. També permet realitzar un millor control de les porcions, i això permet la incorporació d'una mà automàtica a la màquina.

No tot són avantatges, el preu de la màquina serà més elevat ja que el sistema, tant mecànic com elèctric, és molt més sofisticat i avançat tecnològicament. Un altre inconvenient és que l'augment de producció incrementa la pressió de la carn, generant més fricció i alhora una pujada de la temperatura. Aquest fet pot produir la ruptura de cèl·lules grasses i com a conseqüència la carn es torna de color més pàl·lid, amb un aspecte més greixós i el producte perd homogeneïtat, també afecta al tems d'assecat de l'embotit alentint-lo.

Hi ha diferents tipus d'embotidores continues, aquestes es diferencien segons el sistema utilitzat per bombejar el producte. La més semblant a l'embotidora de pistó tradicional és la que utilitza múltiples pistons en paral·lel. També n'hi ha que utilitzen un sistema de vis sense fi i d'altres un d'engranatges, tot i que el sistema més utilitzat al sector és el d'un rotor amb paletes.

L'embotidora de paletes consta de: una tremuja, un rotor, una bomba de buit i opcionalment una mà automàtica. La tremuja porta una hèlix que ajuda a empènyer la carn avall. El rotor que succiona la carn, la compacta i l'empeny direcció la sortida en mode continu o realitzant porcions. La bomba de buit que ajuda a la succió del producte i extreu tot l'aire perquè una vegada embotit no quedin bombolles que puguin oxidar el producte. I finalment la mà, que es podrà acoblar a la sortida del rotor i ens farà el nus entre les porcions.



Figura 2. Embotidora Contínua de paletes.

2.2.1 Tremuja

És la part on es carrega el producte, hi caben aproximadament 250 litres de carn. Dins la tremuja hi ha una hèlix (a) amb un rascador (b) que gira solidàriament amb el rotor de la màquina i gràcies a un trencador (c), que està al centre. Aquests elements ajuden a fer baixar la carn a l'entrada del rotor.



Figura 3. Tremuja.

Per un òptim funcionament de la màquina s'ha de realitzar una alimentació contínua de la tremuja per evitar que aquesta arribi a estar buida. Si baixa molt el nivell de carn, les porcions a la sortida de la màquina variaran molt de pes i no s'ajustaran a la consigna desitjada.

2.2.2 Rotor

El rotor és la part principal i més important de la màquina. Aquest s'encarrega de succionar, comprimir i, al final, empènyer el producte en direcció a la sortida (embut) que és on hi haurà el budell o recipient del producte. Com s'ha esmentat anteriorment, és un rotor de paletes, on hi haurà des de 10 a 14 paletes depenent del tipus de producció que es vol fer.



Figura 4. Rotor de 10 paletes.

El material del que estaran fetes dels paletes dependrà del tipus de producte a treballar. Si aquest és poc viscos, podran ser d'un plàstic especial. Al contrari, si és un producte molt dens o abrasiu, hauran de ser d'una aliatge de bronze. Les paletes de plàstic no desgasten tant el cos del rotor, per tant sempre que es pugui s'intentarà utilitzar-les en comptes de les de bronze.

Complementant el rotor tenim el sistema de buit, aquest consta d'una bomba que mitjançant un circuit de conductes s'encarrega de fer el buit dins el rotor. D'aquesta manera ajudem a succionar el producte i que l'espai que hi ha entre paleta i paleta s'empleni uniformement. Gràcies això no queda cap bombolla d'aire dins al producte una vegada embotit, així no hi haurà problemes d'oxidació del producte final. Per poder graduar el buit hi ha una aixeta d'escapament.

2.2.3 Mà automàtica

La mà automàtica, que va conjuntament amb el retorcedor, és la part final de l'embotidora. La seva finalitat és realitzar el nus entre porcions, per nus entenem que dona certes voltes al budell.

Va muntada a la sortida del rotor. Com que només s'utilitza en cas de fer un producte en el que es vol realitzar un nus entre porcions, és una part fàcilment desmuntable.

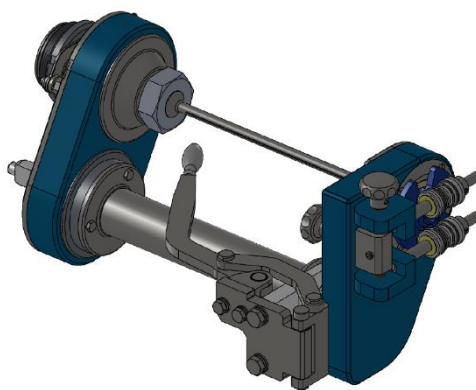


Figura 5. Mà automàtica.

3. ELEMENTS PRINCIPALS

En aquest capítol, s'exposaran els elements que tenen més rellevància al realitzar l'automatització de la màquina. Aquests seran els que es tindran en compte a l'hora de dissenyar el quadre elèctric.

3.1 Actuadors

Els actuadors seran els dispositius que ens permetran actuar sobre el procés. Aquests seran escollits per poder complir amb les especificacions finals desitjades de la màquina.

3.1.1 Servosistema del Rotor

La producció de la màquina depèn de la dinàmica del rotor, ja que és el que realitza les porcions. Per tant, per augmentar la producció de la màquina, necessitem una dinàmica molt alta ja que quan es fan porcions, el rotor ha d'engegar i parar constantment segons el pes de la porció. Per realitzar el moviment s'utilitza un servomotor que ens permet realitzar un bon control dels moviments.



Figura 6. Driver i servomotor Panasonic Minas A5

Les potències necessàries venen definides per el departament mecànic de l'empresa. Per realitzar el càlcul han tingut en compte tant el parell màxim necessari per moure la càrrega final, que serà d'uns 250Nm amb algun possible pic a 320Nm, com la inèrcia, que no serà mai deu vegades superior a la inèrcia del rotor del servomotor.

S'ha de tenir en compte la velocitat màxima del rotor que per realitzar la producció serà aproximadament d'unes 75 rpm i si es compta una velocitat nominal del motor de 3000 rpm, s'ha calculat que es pot incorporar un reductor amb una relació $i=40$ que ens permetrà trobar un servo-motor d'una potència més petita i treballar utilitzant tot el rang de velocitat. Per tant, es necessitarà un servomotor amb una velocitat nominal de 3000 rpm i amb un parell nominal de 6.25 Nm amb pics de 8Nm.

El servomotor utilitzat és un servomotor de baixa inèrcia de 2kW de potència de la marca Panasonic amb la referència MSME204G1G. Aquest té una velocitat nominal de 3000rpm i una màxima de 5000. Dona un parell nominal de 6.37 Nm i 19.1 de màxim en moments puntuals. La inèrcia del rotor és de $3.68 \times 10^{-4} \text{Kg} \cdot \text{m}^2$ i el fabricant recomana que la inèrcia de la càrrega no sigui més de 15 vegades superior a la del rotor.

Aquest és controlat per un servo accionament MEDHT4430 amb alimentació a 400VAC trifàsica, també de la marca Panasonic, que és el definit per la marca per poder controlar-lo correctament.

3.1.2 Servosistema de la Mà automàtica

En el cas de la mà automàtica, com que voldrà realitzar el moviment el més ràpid possible per augmentar els cicles de la màquina i la velocitat està limitada pel producte, es buscarà que els temps d'acceleració i desacceleració siguin tan curts com sigui possible. Per dur a terme aquests moviments controlats on els canvis de velocitat seran constants també s'hi ha incorporat un servo-motor.

El parell necessari moure la mà automàtica i fer el nus és de 9 Nm. S'ha incorporat un sistema de transmissió mitjançant politges amb una relació de reducció $i=3$. Per tant, es necessitarà un servo-motor amb un parell de 3Nm.

En aquest cas serà un servomotor MSME104G1G de baixa inèrcia amb una potència d'1kW, de la marca Panasonic. Aquest té una velocitat nominal de 3000rpm i una màxima de 5000. Dona un parell nominal de 3.18 Nm i 9.55 Nm de màxim en moments puntuals. La inèrcia del rotor és de $2.03 \times 10^{-4} \text{Kg} \cdot \text{m}^2$ i el fabricant recomana que la inèrcia de la càrrega no sigui més de 15 vegades superior a la del rotor.

Aquest és controlat per un servo accionament MEDHT4430 amb alimentació a 400VAC trifàsica, també de la marca Panasonic, que és el definit per la marca per poder controlar-lo correctament.

3.1.3 Bomba de buit

Per realitzar el buit al rotor serà necessari una bomba de buit. El caudal d'aspiració necessari de la bomba calculat pel departament mecànic i que ens permetrà realitzar el buit correctament és aproximadament de $17\text{m}^3/\text{h}$. La bomba utilitzada és una bomba BECKER amb referència U 4.20, aquesta té un caudal nominal de $18\text{m}^3/\text{h}$ i una potència elèctrica de 0.66kW .



Figura 7. Bomba de buit

3.1.4 Ventilador extractor

Quan tenim la bomba de buit i els servomotors treballant en plena càrrega, aquests arriben a agafar temperatures elevades, sumat a que la màquina té un disseny molt compacte, pot comportar problemes de sobreescalfament. S'ha incorporat un ventilador extractor a l'interior, ubicat a la part de superior, per poder extreure l'aire calent i no tenir problemes d'escalfament dels motors.

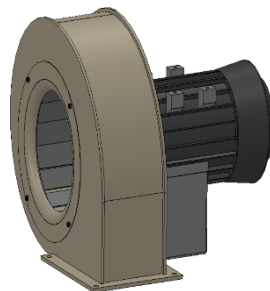


Figura 8. Ventilador extractor 90W.

3.2 Sensors

Els sensors seran els encarregats de rebre totes les informacions físiques de la màquina i convertir-les en informació elèctrica per poder-la interpretar al PLC.

3.2.1 Sensor de la genollera

És el sensor que detecta la posició de la genollera, aquesta és la part de la màquina que utilitza l'operador per iniciar o finalitzar el procés de realitzar porcions.

Per tenir un rang de detecció més precís s'ha utilitzat un sensor inductiu NC enrasat de la marca OMRON. A diferència dels sensors amb caputxó el rang de detecció és més ajustat. La referència del sensor és E2BS08KS02MCB2.



Figura 9.Sensor inductiu OMRON.

3.2.2 Sensor de la tremuja

És el sensor que ens permet detectar que tenim la tremuja en posició correcte. Forma part del circuit de seguretat. Per tant, s'ha utilitzat un final de carrera de la marca Schneider, concretament el model XCKM110.



Figura 10.Final de carrera de la tremuja.

3.2.3 Sensor del filtre de buit

S'ha incorporat un filtre de vas amb un sensor per protegir la bomba en cas de que entres producte dins el circuit de buit. Si el producte precipita i fa que hi hagi conductivitat entre els dos elèctrodes donarà senyal al PLC avisant de que hi ha líquid dins el circuit.



Figura 11. Filtre de vas amb sonda.

3.2.4 Sensor del nivell d'oli

La bomba porta incorporat un sensor d'oli que ens indicarà quan hi hagi un nivell insuficient d'aquest que la pugui malmetre.

3.3 Seguretat

La màquina té un rotor que gira i en el cas que vulguem realitzar un producte amb un nus, també tindrem la mà automàtica. Per tant, s'ha de disposar de una parada d'emergència que sigui completament accessible des de la zona de treball. També hi haurà un sensor a la tremuja, aquest serà un final de carrera mecànic, per tant si aquesta no està tancada no podrem rearmar la màquina.



Figura 12. Mòdul de seguretat, CS AR-02V024.

Aquests aniran connectats a un mòdul de seguretat que serà l'encarregat de gestionar que una vegada paro d'emergència i el sensor de la Tremuja estiguin en posició correcta, al prémer el polsador de rearmament la màquina entri en seguretat.

3.4 Alimentació

Per alimentar tots els dispositius de CC de la màquina (PLC, sensors, servodrivens...) s'utilitzarà una font d'alimentació amb una entrada de 400VAC i una sortida de 24VDC. Per dimensionar-la, s'ha tingut en compte la intensitat demandada per tots els dispositius de contínua. El model seleccionat és el S8VK-T12024 de la marca OMRON. Aquesta té una potència de 120W i una intensitat de sortida de 5A.



Figura 13. Font d'alimentació OMRON.

3.5 PLC

Per poder realitzar l'automatització de la màquina es necessita escollir un PLC amb les especificacions òptimes per realitzar un bon control. En el cas d'aquest projecte s'ha optat per un PLC de la marca Panasonic concretament el model FP0HC32EP.



Figura 14. PLC FP0H

Aquest PLC incorpora una CPU d'alta velocitat amb una capacitat de processament de 10ns per pas de programa i té una capacitat de programa de fins a 64k passos. Té una capacitat de 16 entrades i 16 sortides digitals ampliables amb expansions fins a un total de 384, aquestes expansions també donen la opció de connectar entrades i sortides analògiques.

També hi ha la opció d'incorporar una expansió de posicionament RTEX, aquesta permet controlar els servomotors Panasonic. Al utilitzar el bus RTEX el cablejat necessari per realitzar el control és inferior reduint les hores de feina i errors de cablejat. Mitjançant aquesta expansió es poden controlar fins a 16 eixos i contempla les funcions d'engrenatge electrònic, embragatge i lleva electrònica (CAM). Tot i els avantatges que ofereix, augmentaria el preu del projecte per tant s'ha decidit utilitzar les pròpies sortides de polsos del PLC per tal de controlar els servomotors.

En tema comunicacions incorpora dos ports Ethernet, que són compatibles amb EtherNet/IP, Modbus-TCP i MC protocol que permet connectar fàcilment amb altres dispositius, o PLC inclús amb l'ordinador per realitzar la programació tant de la pantalla (si la tenim connectada per Ethernet) com del PLC. Incorpora també un port RS232C, i un port USB que és el que utilitzarem per realitzar la primera programació del PLC i ens permetrà definir els paràmetres de comunicació per més endavant. Finalment podrem posar un mòdul que ens permetrà implementar la comunicació sèrie RS485.

Element	Especificacions
Nº d'entrades/ Sortides	16 entrades, 16 sortides (màx. 384 amb expansions) a transistor.
Comptador d'alta velocitat	4 canals monofàsics (màx. 100kHz) o 2 canals doble fase (màx. 50kHz)
Entrada d'interrupció	8 entrades (amb comptador d'alta velocitat)
Sortida de polsos	4 canals (màx. 100kHz per eix).
Sortida PWM	4 sortides
Ports incorporats	2 ports Ethernet, 1 port RS232C, 1 port USB
Targeta de memòria	Tipo SDHC
Velocitat de procés	10ns (fins a 10k passos)
Capacitat de programa	64k / 40k / 32k / 24k
Registre de dades	12k / 24k / 32k / 64k
Funció calendari/rellotge	Integrada

Taula 1. Resum d'especificacions PLC

Permet implementar també expansions d'altres models de Panasonic com l'FP0R o FPSigma, per tant, és molt versàtil i en cas de necessitar més prestacions es molt fàcil poder incorporar-les.

3.5.1 Entrades

Per realitzar l'elecció correcta del PLC i dels mòduls d'expansió en cas que siguin necessari, necessitarem saber les entrades. En aquest projecte seran necessàries 13 de digitals, i no en necessitarem cap d'analògica ja que totes les magnituds que s'han d'adquirir son tot o res.

Nom	Descripció	Direcció
g_blnKneepad	Sensor de la genollera	%IX0.0
g_blnHopper	Sensor de tremuja en posició	%IX0.1
g_blnVacuumFilter	Sensor del filtre de buit	%IX0.2
g_blnRotthermal	Contacte auxiliar magneto tèrmic del rotor.	%IX0.3
g_blnRetthermal	Contacte auxiliar magneto tèrmic de la mà automàtica.	%IX0.4
g_blnVaccthermal	Guarda motor del buit	%IX0.5
g_blnFanthermal	Guarda motor del ventilador	%IX0.6
g_blnEmergency	Emergència	%IX0.7
g_blnPolycclipActivation	Marxa externa	%IX0.8
g_blnRotDiverAlarm	Senyal d'alarma del servo accionament del rotor	%IX0.9
g_blnRetDiverAlarm	Senyal d'alarma del servo accionament de la mà automàtica	%IX0.10
g_blnRearme	Polsador de rearmament	%IX0.11
g_bOilVacuumAlarm	Sensor de l'oli de la bomba de buit	%IX0.12

Taula 2. Entrades del PLC

3.5.2 Sortides

Per poder actuar sobre el procés necessitarem diferents sortides, en aquest cas, 6 de digitals i dos de polsos. Les sortides digitals seran sortides de transistor PNP amb un comú a 24VDC.

Les sortides de polsos són les que s'utilitzaran per comunicar amb els servo-accionament. El control entre el PLC i el servo-accionament serà un control en llaç obert. Des del PLC tindrem el control dels polsos enviats al servo-accionament i aquest serà l'encarregat de realitzar el

moviment i controlar la posició del servomotor dins un marge d'error. Si es supera aquest marge d'error de posició, el servo-accionament entrarà en alarma i ens donarà un error.

Nom	Descripció	Direcció
Sortida Canal0	Sortida de polsos Rotor	%QX0.0 %QX0.1
g_bOutRotEnable	Activació servo accionament del Rotor	%QX0.2
Sortida Canal1	Sortida de polsos mà automàtica	%QX0.3 %QX0.4
g_bOutRetEnable	Activació servo accionament de la mà automàtica	%QX0.5
g_bOutPolyclip	Senyal de final de porció	%QX0.8
g_bOutVaccum	Activació bomba de buit	%IX0.5
g_bOutFan	Activació ventilador d'extracció	%IX0.6
g_bOutRearm	Reset d'alarmes	%IX0.7

Taula 3. Sortides del PLC

3.6 Pantalla HMI

La màquina incorporarà una pantalla HMI. Aquesta permetrà que l'usuari pugui interactuar-hi. S'ha escollit una pantalla Panasonic model HMe07. És una pantalla TFT de 7 polzades amb format 16:9 i una resolució de 800x480



Figura 15. Pantalla HMe07.

4. PROGRAMACIÓ DEL PLC

Per realitzar la programació del PLC s'utilitzarà el software de Panasonic FPWINPRO. Aquest és un programa específic de Panasonic per programar els seus autòmats, no és un programa basat en CODESYS, però sí que té algunes similituds que permetrà que la programació sigui senzilla. Amb ell es podrà programar tota la gamma de PLC excepte l'últim model, concretament el GM1, que sí que han fet un nou programari basat en CODESYS per realitzar la programació.

En aquest apartat s'explicarà com s'ha pensat el programa i l'estructura, per poder entendre com s'ha realitzat la programació i també el procés de la màquina sense la necessitat de mostrar el codi o blocs.

El software permet la programació en diferents llenguatges, en aquest projecte s'ha utilitzat el text estructurat. El programa estarà estructurat per diferents POU's, aquesta es defineix com a unitat d'organització que pot ser un programa, bloc de funcions o funció. Això permetrà realitzar un programa el més ordenat i entenedor possible. En el cas del present projecte s'ha utilitzat 7 POU's.

4.1 Variables globals

Les variables globals són les que seran accessibles des de qualsevol de les POU's. Aquestes es diferenciarien de les locals perquè incorporaran el prefix "g_...". En tindrem de diferents tipus, les que tenen assignades entrades o sortides, les que tindran assignada una memòria concreta i les que el mateix PLC assignarà una memòria al iniciar-se.

També dins les variables globals podrem trobar variables retentives. Aquestes variables mantenen el seu valor en cas de perdre l'alimentació del PLC o inclús si commutem el selector de mode PROG a mode RUN. Aquestes variables seran les utilitzades per guardar valors de configuració que no volem que una vegada s'apaga la màquina i s'eliminin.

A part de les variables d'entrada que s'han descrit a l'apartat d'entrades del PLC i les que s'han descrit a l'apartat de sortides, s'han utilitzat altres variables globals necessàries per realitzar el control de la màquina.

4.1.1 Variables de pantalla

Aquestes variables són les que ens permetran interactuar amb la pantalla. Per poder realitzar la comunicació necessitarem que siguin variables de classe global i que tinguin una direcció de memòria concreta.

Nom	Tipus	Direcció	Comentari
g_HMIbAlarmRotorPos	BOOL	%MX0.1.1	Alarma de posició del Rotor
g_HMIbEmergency	BOOL	%MX0.0.15	Emergència
g_HMIbFanManualOnOff1	BOOL	%MX0.0.14	Ventilador manual
g_HMIbFanThermAlarm	BOOL	%MX0.0.13	Alarma tèrmic ventilador
g_HMIbHopperAlarm	BOOL	%MX0.0.12	Alarma tremuja
g_HMIbMode7Continuous	BOOL	%MX0.1.12	Mode 7 continu
g_HMIbOilVacuumAlarm	BOOL	%MX0.2.5	Alarma oli de buit
g_HMIbPulseVacummRestore	BOOL	%MX0.2.4	Restablir temps de buit
g_HMIbResetActualPortions	BOOL	%MX0.1.3	Restablir porcions actuals
g_HMIbResetPortions	BOOL	%MX0.1.4	Restablir porcions
g_HMIbResetTotalPortions	BOOL	%MX0.1.2	Restablir porcions totals
g_HMIbRetDrivAlarm	BOOL	%MX0.0.11	Alarma Servo Mà automàtica
g_HMIbRetForw	BOOL	%MX0.2.1	Mà automàtica endavant
g_HMIbRetMovError	BOOL	%MX0.2.0	Error de moviment Mà automàtica
g_HMIbRetRev	BOOL	%MX0.1.15	Mà automàtica endarrere
g_HMIbRetThermAlarm	BOOL	%MX0.0.10	Alarma tèrmic ma automàtica
g_HMIbRotDrivAlarm	BOOL	%MX0.0.9	Alarma Rotor
g_HMIbRotorForw	BOOL	%MX0.0.8	Rotor endavant
g_HMIbRotorMovError	BOOL	%MX0.1.14	Error de moviment rotor
g_HMIbRotorRev	BOOL	%MX0.0.7	Rotor endarrere
g_HMIbRotThemAlarm	BOOL	%MX0.0.6	Alarma tèrmic rotor
g_HMIbStart	BOOL	%MX0.0.5	Polsador d'Inici
g_HMIbStop	BOOL	%MX0.0.4	Polsador de parada
g_HMIbVaccThermAlarm	BOOL	%MX0.0.3	Alarma tèrmic de Buit
g_HMIbVaccumCicleOnOff	BOOL	%MX0.1.0	Buit Si /No
g_HMIbVaccumManualOnOff	BOOL	%MX0.0.1	Buit ON/OFF
g_HMIbVacFilterAlarm	BOOL	%MX0.1.13	Alarma Filtre de Buit
g_HMIIdiMaxRotAutAcc	DINT	%MD5.14	Acceleració màxima del rotor
g_HMIIdiMaxRotAutDecc	DINT	%MD5.12	Desacceleració màxima del rotor
g_HMIliCutTimeMod7	REAL	%MD5.17	Temps de tall en mode 7
g_HMIliDrivePulseTwistMot	INT	%MW5.1	Polsos per volta de servomotor de la mà automàtica

Taula 4. Variables globals amb direcció fixa de pantalla.

Nom	Tipus	Direcció	Comentari
g_HMIiFirstPort	INT	%MW5.6	Pes primera porció
g_HMIiInitStairs	INT	%MW5.5	Escales d'inici
g_HMIiLastPort	INT	%MW5.4	Pes última porció
g_HMIiModo	INT	%MW5.3	Mode de funcionament
g_HMIiPortCounter	DINT	%MD5.30	Comptador de porcions
g_HMIiPortCounterMod7	INT	%MW5.0	Comptador mode 7
g_HMIiPortGram	INT	%MW5.11	Pes porció
g_HMIiPortion	UINT	%MW5.19	Restablir temps de buit
g_HMIiStairsPercent	INT	%MW5.2	Tant per cent d'escales
g_HMIManualPage	BOOL	%MX0.0.0	Pàgina manual
g_HMIPortion	DINT	%MD5.7	Porció
g_HMIRotorRecoil	REAL	%MW5.16	Retrocés del rotor
g_HMISignalTime	REAL	%MD5.9	Temps de senyal
g_HMISignMarkTimeMod7	REAL	%MD5.22	Temps de marca 7
g_HMITotPortions	UDINT	%MD5.20	Porcions totals
g_HMIVaccCountReset	BOOL	%MX0.2.2	Restablir comptador de Buit
g_HMIWaitLongTime	REAL	%MD5.26	Temps total d'espera
g_HMIWaitSignalTime	REAL	%MD5.24	Temps d'espera abans de la senyal
g_HMIWaitTime	REAL	%MD5.28	Temps d'espera

Taula 4. Variables globals amb direcció fixa de pantalla.

Hi haurà variables de pantalla que faran referència a variables de la part de configuració, aquestes seran variables globals però retentives, ja que aquestes un cop configurada la màquina durant la posada en marxa no voldrem que perdin el seu valor.

Nom	Tipus	Direcció	Comentari
g_HMIbKneepadNONC	BOOL	%MX0.504.1	Sensor genollera NO/NC
g_HMIbPolyNONC	BOOL	%MX0.504.0	Entrada auxilia NO/NC
g_HMIbRetYesNo	BOOL	%MX0.504.2	Mà automàtica SI/NO
g_HMIiDrivePulseRotMot	DINT	%MD5.32464	Polsos per volta de rotor
g_HMIiRotAutAcc	DINT	%MD5.32462	Acceleració en automàtic del Rotor
g_HMIiRotAutDecc	DINT	%MD5.32460	Desacceleració en automàtic del Rotor
g_HMIiRotManAcc	DINT	%MD5.32458	Acceleració en manual del Rotor
g_HMIiRotManDecc	DINT	%MD5.32456	Desacceleració en manual del Rotor
g_HMIiTurnGramRotor	DINT	%MD5.32466	Grams per volta de rotor
g_HMIiTwistAutAcc	DINT	%MD5.32474	Acceleració en automàtic mà automàtica

Taula 5. Variables globals retentives de pantalla.

Nom	Tipus	Direcció	Comentari
g_HMIiTwistAutDecc	DINT	%MD5.32472	Desacceleració en automàtic mà automàtica
g_HMIiTwistManAcc	DINT	%MD5.32470	Acceleració en manual ma automàtica
g_HMIiTwistManDecc	DINT	%MD5.32468	Desacceleració en manual mà automàtica
g_HMIiTwistTurns	REAL	%MD5.32489	Voltes de mà automàtica
g_HMIiVacMaintDay	INT	%MW5.32484	Dies de manteniment Buit
g_HMIiVacMaintHour	INT	%MW5.32483	Hores de manteniment Buit
g_HMIiVacMaintMili	INT	%MW5.32482	Mili-segons de manteniment Buit
g_HMIiVacMaintMin	DINT	%MW5.32481	Minuts de manteniment Buit
g_HMIiVacMaintSec	INT	%MW5.32480	Segons de manteniment Buit
g_HMIMachineTotalTime	TIME	%MW5.32506	Temps total de maquina
g_HMIrInitRetPercent	REAL	%MD5.32487	Tan per cent per iniciar mà automàtica
g_HMIrInitRotPercent	REAL	%MD5.32485	Tan per cent per iniciar rotor
g_HMIrRetAutSpeed	REAL	%MD5.32478	Velocitat automàtic mà automàtica
g_HMIrRetManSpeed	REAL	%MD5.32476	Velocitat manual mà automàtica
g_HMIrRotAutSpeed	REAL	%MD5.32452	Velocitat automàtic rotor
g_HMIrRotManSpeed	REAL	%MD5.32450	Velocitat manual rotor
g_HMIrRotorReductor	REAL	%MD5.32454	Reductor del rotor
g_HMIrTwistReductDen	TIME	%MD5.32518	Dents politja 1
g_HMIrTwistReductNom	TIME	%MD5.32516	Dents politja 2
g_HMITimeVacuumRevision	TIME	%MW5.32491	Temps de revisió Buit
g_HMITimeVacuumToRev	TIME	%MW5.32501	Temps per revisió del Buit
g_HMIOnInactTime	TIME	%MW5.32511	Temps d'espera automàtic
g_HMITotalTimeVaccPump	TIME	%MW5.32496	Temps total bomba de buit

Taula 5. Variables globals retentives de pantalla.

4.1.2 Variables de sistema

Són les variables utilitzades internament en el PLC. Aquestes són variables resultants de càlculs interns o còpies de bits interns que es necessiten a més d'una de les POU's, per tant, en comptes de crear variables locals es creen globals.

Aquestes també es creen per tal d'accionar una sortida des d'automàtic i des de manual, d'aquesta manera s'aconsegueix no doblar la crida de les sortides al programa.

Nom	Tipus	Comentari
g_tVacummPumpTotalTime	TIME	Temps total de bomba de buit
g_tTimeVacumToRevision	TIME	Temps a revisió de la bomba de buit
g_tTimeVacumRevision	TIME	Temps de revisió bomba de buit
g_tTimeVaccRevActual	TIME	Temps actual a revisió bomba de buit
g_tTimeTotalMachine	TIME	Temps total de màquina
g_rTurnRotorPulse	REAL	Polsos per volta de rotor
g_rRotStairSpeed	REAL	Velocitat de escales de rotor
g_rRotManSpeed	REAL	Velocitat de manual rotor
g_rRotManDecc	REAL	Desacceleració de manual rotor
g_rRotManAcc	REAL	Acceleració de manual rotor
g_rRotAutSpeed	REAL	Velocitat automàtic rotor
g_rRotAutDecc	REAL	Desacceleració automàtic rotor
g_rRotAutAcc	REAL	Acceleració automàtic rotor
g_rRetStairSpeed	REAL	Mà automàtica velocitat escales
g_rRetManSpeed	REAL	Mà automàtica velocitat manual
g_rRetAutSpeed	REAL	Ma automàtica velocitat automàtic
g_rPulsexGram	REAL	Polsos per gram
g_rPulseTurnRotor	REAL	Polsos per volta de rotor
g_rGramosVuelta	REAL	Grams per volta de rotor
g_rGramosPosicion	REAL	Posició grams
g_iWaitTime	INT	Temps d'espera
g_iWaitSignalTime	INT	Temps de d'espera abans de senyal
g_iWaitLongTimeMod7	INT	Temps espera llarg 7
g_iStairsCounter	INT	Comptador d'escales
g_iSignalTime	INT	Temps de senyal
g_iSignalMarkTimeMod7	INT	Temps de marcar 7
g_iMachinestate	INT	Estat de màquina
g_iContador_Porcions_Maximas	INT	Comptador de porcions màximes
g_iContadorPorciones	DINT	Comptador de porcions
g_diTwistPulsxTurn	DINT	Mà automàtica polsos per volta
g_diTwistManDecc	DINT	Desacceleració manual ma automàtica
g_diTwistManAcc	DINT	Acceleració manual ma automàtica
g_diTwistAutDecc	DINT	Desacceleració automàtic ma automàtica
g_diTwistAutAcc	DINT	Acceleració automàtic ma automàtica
g_diSetBackRotPosition	DINT	Posició de retrocés rotor
g_diRotManDecc	DINT	Desacceleració de manual rotor
g_diRotManAcc	DINT	Acceleració de manual rotor
g_diRotInitPulse	DINT	Polsos d'inici rotor
g_diRotAutDecc	DINT	Desacceleració automàtic rotor
g_diRotAutAcc	DINT	Acceleració automàtic rotor
g_diRetManDecc	DINT	Desacceleració manual ma automàtica

Taula 6. Variables de sistema.

Nom	Tipus	Comentari
g_diRetInitPulse	DINT	Polsos d'inici mà automàtica
g_diPulsosSalida	DINT	Polsos de sortida
g_diPulseTurnTwist	DINT	Polsos per volta de mà automàtica
g_diPositionTwistForward	DINT	Posició de retrocés mà automàtica
g_diOutRotPulse	DINT	Polsos de sortida Rotor
g_diOutRetPulse	DINT	Polsos de sortida mà automàtica
g_diLastRotPortPosition	DINT	Última posició de rotor
g_dilnitRot	DINT	Inici de rotor
g_dilnitRetPercent	DINT	Tant-per-cent d'inici de mà automàtica
g_dilnitRet	DINT	Inici de mà automàtica
g_diFuncRotVel	DINT	Velocitat a la funció de moviment rotor
g_diFuncRotPosition	DINT	Posició a la funció de moviment rotor
g_diFuncRotAutDecc	DINT	Desacceleració a la funció de moviment rotor
g_diFuncRotAcc	DINT	Acceleració a la funció de moviment rotor
g_diFuncRetVel	DINT	Velocitat a la funció de moviment mà automàtica
g_diFuncRetTwist	DINT	Posició a la funció de moviment mà automàtica
g_diFuncRetAutDecc	DINT	Desacceleració la funció de moviment mà automàtica
g_diFuncRetAcc	DINT	Acceleració a la funció de moviment mà automàtica
g_diFunc	DINT	Funció
g_diForwRotPosition	DINT	Posició retrocés rotor
g_diForwRetTwist	DINT	Posició retrocés mà automàtica
g_diFirstRotPortPosition	DINT	Primera porció rotor
g_diFinalRetPercent	DINT	Tant-per-cent d'inici de rotor
g_bVacummPumpMan	BOOL	Bomba de buit manual
g_bVacummPumpAut	BOOL	Bomba de buit automàtic
g_btOnInactOut	BOOL	Parar automàtic per temps
g_bSalidaPulsos1_ON	BOOL	Sortida de polsos 1 activa
g_bSalidaPulsos0_ON	BOOL	Sortida de polsos 0 activa
g_bRotMovPort	BOOL	Moure porció de rotor
g_bRotMoveRev	BOOL	Inici moviment retrocés
g_bRotMoveRet	BOOL	Inici moviment retorcedor
g_bRotMovePort	BOOL	Moure porció rotor
g_bRotMoveManForw	BOOL	Moure rotor manual
g_bRotMoveCont	BOOL	Moure rotor continu
g_bRotForwRev	BOOL	Sentit de gir del rotor
g_bRotEnable	BOOL	Habilitar rotor
g_bRetMoveRev	BOOL	Moure mà automàtica al revès
g_bRetMoveManForw	BOOL	Moure mà automàtica endavant
g_bRetMove	BOOL	Moure mà automàtica
g_bRetinmove	BOOL	Mà automàtica en moviment

Taula 6. Variables de sistema.

Nom	Tipus	Comentari
g_bRetForwRev	BOOL	Sentit de gir de la mà automàtica
g_bRetEnable	BOOL	Habilitar mà automàtica
g_bPolyMod6	BOOL	Senyal externa
g_bMaquinaOK	BOOL	Màquina apunt per automàtic
g_bInicioCiclo	BOOL	Cicle iniciat
g_bFinish	BOOL	Parar cicle
g_bFanMan	BOOL	Ventilador amb manual
g_bFanAut	BOOL	Ventilador amb automàtic
g_bErrorPosicionRotor	BOOL	Error de posició rotor
g_bEjecutarRetroseso_Modo3	BOOL	Executar retrocés en el mode 3
g_bEjecutarRetroseso	BOOL	Executar retrocés en els altres modes
g_bEjecutarPosicionamiento	BOOL	Executar posicionament
g_bEjecutarMovimientoContinu	BOOL	Executar moviment continu
g_bCicleStart	BOOL	Cicle iniciat
g_bAlarm	BOOL	Alarma activa

Taula 6. Variables de sistema.

4.2 Programa principal

S'ha realitzat una POU principal que s'encarregarà de gestionar l'estat general de la màquina. Al iniciar la màquina mitjançant el bit de primer escaneig, primer s'inicialitza les variables que es necessitin inicialitzar en algun valor en concret i comprovem que no hi hagi cap alarma activa.

Tot seguit tenim la màquina d'estats, aquesta consta de cinc estats són els que es pot trobar la màquina. Tenim l'estat 0 o d'espera aquest només s'executa la primera vegada quan s'encén la màquina i durant el l'escaneig inicial si no hi ha cap alarma. Per sortir d'aquest estat s'ha de prémer el polsador de rearmament,

L'estat 1 és el següent, és l'estat Iniciada, aquest seria l'estat normal de la màquina una vegada s'ha inicialitzat i no hi ha cap alarma activa. Des d'aquest estat s'accedirà a l'estat 2 d'automàtic en el cas de que es polsi el polsador d'inici de cicle des de la pantalla d'automàtic o a l'estat 3 de manual en el cas que accedim a la pantalla de manual.

L'estat 2 és l'estat d'automàtic, una vegada s'ha iniciat no es pot sortir a no ser que es pressioni el polsador de parada de la pantalla. Aquest estat ens activa un bit g_MaquinaOK, que permetrà iniciar els modes d'automàtic.

L'estat 3 és l'estat de manual, en aquest estat es podrà realitzar tots els moviments manuals permesos des de la pantalla de manual. Si es surt de la pàgina de manual es tornarà a l'estat 1 de màquina iniciada.

En qualsevol dels estats, en el cas que s'activi una alarma (bit g_bAlarm), s'anirà a l'estat 4 que és l'estat d'alarma. D'aquest estat només es sortirà si desapareix l'alarma i es polsa el polsador de rearmament de la màquina.

4.3 Alarmes

Les alarmes són una part important del procés ja que ens permetran parar la màquina i evitar que pugui haver-hi cap incidència laboral, o en cas que sigui un tema d'emergència o desperfectes a la pròpia mecànica de la màquina en cas que sigui un altre tipus d'alarma.

Aquestes també ens serviran per saber informació sobre quin és el problema que tenim en aquell instant. Per tant, en aquesta POU es gestionarà el bit d'alarma general g_bAlarm que farà que en qualsevol instant del procés la màquina entri en estat d'alarma. També es gestionaran els bits d'informació de les alarmes que han d'anar a la pantalla.

4.4 Automàtic

Per accedir al mode automàtic de la màquina s'haurà d'anar a la pàgina d'automàtic de l'HMI. Allà hi haurà el polsador d'Inici de Cicle que activarà el bit d'inici del mode automàtic, també hi trobarem el polsador de Paro per finalitzar el cicle automàtic.

Iniciar el cicle automàtic significa que la màquina s'engegarà el ventilador extractor, en el cas que per recepta tinguem seleccionat bomba de buit aquesta també s'activarà, però fins que no es polsi la genollera no s'iniciarà cap moviment ni del rotor ni si és el cas de la mà automàtica.

Per seguretat que no pugui quedar la màquina en estat automàtic durant molt de temps s'ha afegit un temporitzador que al cap de dos minuts, si no s'ha iniciat cap moviment, la màquina para automàticament el cicle automàtic.

Aquesta màquina té diferents tipus de mode automàtic i per seleccionar entre els modes s'ha realitzat amb una estructura CASE, aquesta mitjançant la variable `iWorkMode`, que és una còpia d'una variable que ve de pantalla i depenent del mode seleccionat per la recepta s'activarà un mode o un altre.

Els modes 1 i 2 són els que només s'ha de controlar la velocitat, per tant es realitzarà un control de velocitat. Per tal de realitzar el control s'utilitzarà una instrucció del propi FPWINPRO específica de JOG, concretament s'utilitzarà la `PulseOutput_Jog_FB`.

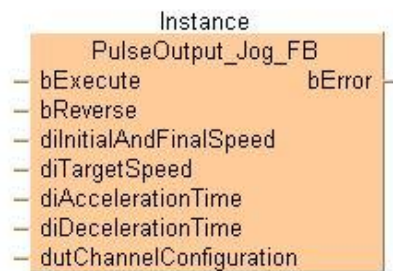


Figura 16. Bloc de la Funció `PulseOutput_Jog_FB`.

En el programa s'ha utilitzat la instrucció en text estructurat, però el bloc ens dona una idea de les entrades i sortides. Com es pot observar s'ha de donar una velocitat de consigna, aquesta serà el valor de freqüència de polsos, també hi ha un temps d'acceleració i desacceleració, aquests seran mili-segons. També tenim l'entrada on s'especificarà el canal i la seva configuració, ha de ser una variable de tipus DUT, s'utilitzarà una que incorpora l'FPWINPRO, `PulseOutput_Channel_Configuration_DUT`.

Per realitzar el moviment, s'haurà de donar un TRUE o FALSE a l'entrada `bReverse` depenent del sentit de gir desitjat i mantenir un TRUE a `bExecute`. En cas de produir-se un error en l'execució de la instrucció s'activarà la sortida `bError`.

Els modes 3, 4, 5 i 6 seran els modes on es realitzaran porcions, aquests en comptes de realitzar un control de velocitat es realitzarà un control de posició. És un moviment trapezoidal per tant s'ha utilitzat la funció específica que incorpora l'FPWINPRO per realitzar de forma automàtica un control trapezoïdal, `PulseOutput_Trapezoidal_FB`.

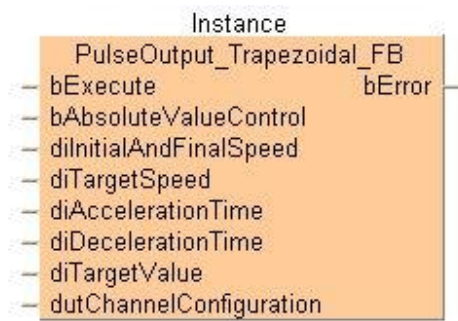


Figura 17. Bloc de de Funció , PulseOutput_Trapezoidal_FB

Aquesta, per una part, incorpora les mateixes entrades ja descrites a la funció de JOG anterior, a més a més s'ha de definir el valor de posició a moure's. Aquesta serà en polsos i es podrà triar si volem treballar amb posicions absolutes o incrementals. En el cas de l'embotidora, al ser un moviment circular al s'anirà sumant posició, treballarem amb moviments incrementals. A diferència de la funció de JOG aquesta treballa per flanc, per tant, s'executarà cada vegada que rebí un impuls a l'entrada de bExecute.

4.4.1 Mode 1

És el mode més simple, a la es doni senyal a la màquina amb la genollera o mitjançant l'entrada d'activació externa el rotor anirà girant a la velocitat seleccionada per recepta. A la que es deixi de donar senyal el rotor realitzarà el retrocés seleccionat per pantalla i es parará.

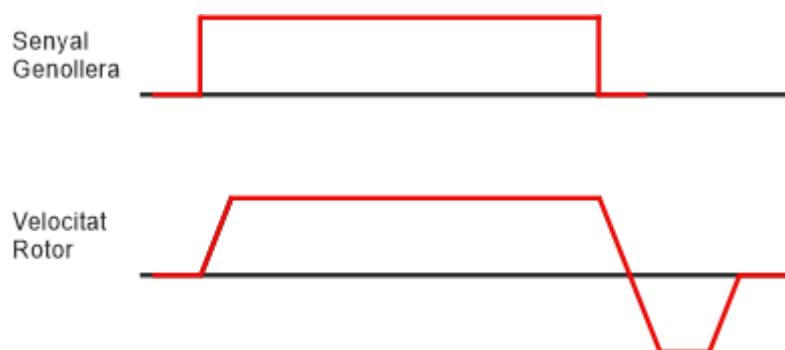


Figura 18. Representació del funcionament del Mode1.

4.4.2 Mode 2

En aquest mode per iniciar i finalitzar el moviment s'utilitzarà el flanc de pujada de la senyal de la genollera o de la senyal externa. Com en el mode 1 el rotor girarà a la velocitat seleccionada per recepta i al finalitzar el moviment es realitzarà el retrocés introduït.

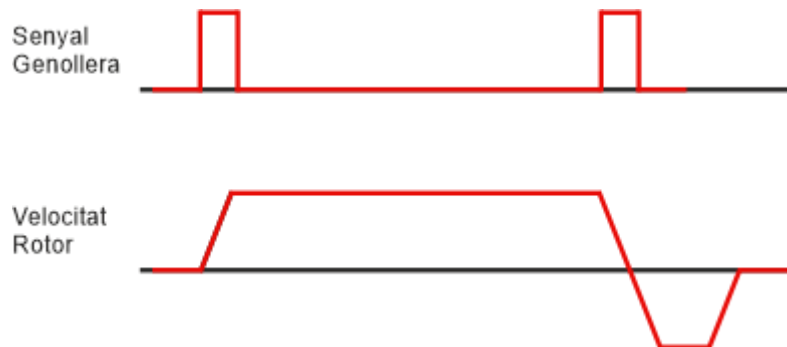


Figura 19. Representació del funcionament del Mode 2.

4.4.3 Mode 3

Aquest mode a partir del flanc de pujada de la genollera o de l'entrada d'activació externa es realitzarà una porció del pes que s'ha especificat a la recepta. Una vegada s'ha realitzat la porció també es realitza el retrocés. La velocitat la qual es realitzarà el moviment també serà seleccionada per recepta.

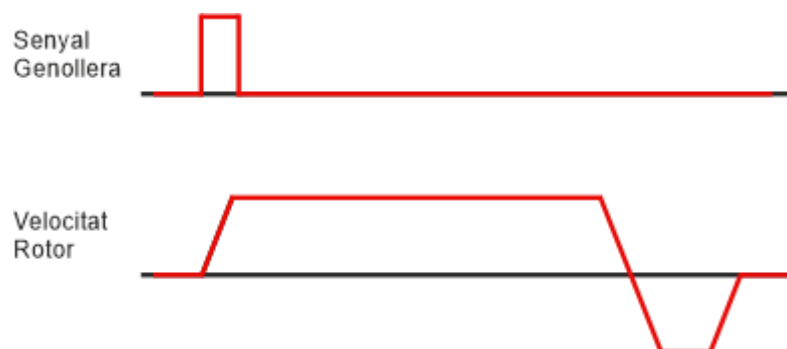


Figura 20. Representació del funcionament del Mode3.

4.4.4 Mode 4

Aquest ja serà un mode continu de funcionament, el qual quan es rebí l'impuls de la genollera es realitzaran porcions del pes seleccionat per recepta de manera contínua. Entre porció i porció es realitzarà el temps de pausa seleccionat per recepta. Per finalitzar el mode continu s'haurà donar un impuls amb la genollera i es realitzarà el retrocés.

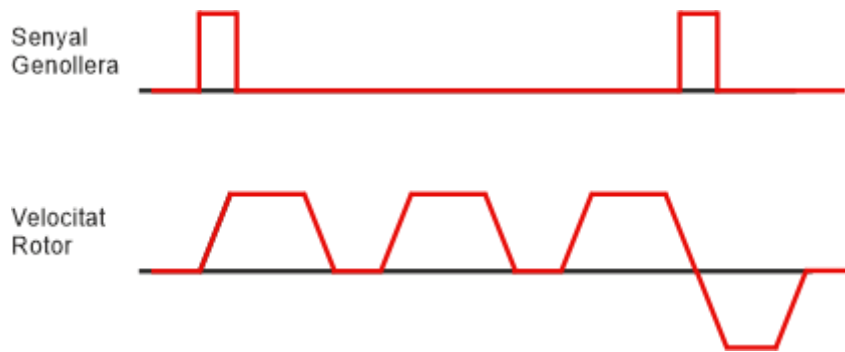


Figura 21. Representació del funcionament del Mode 4.

4.4.5 Mode 5

El mode 5 és el mode exprés per treballar amb mà automàtica, per tant és l'únic mode en que funcionarà. El funcionament serà el següent, amb un impuls de genollera s'iniciarà el moviment del rotor, aquest realitzarà la porció que s'ha introduït per recepta a la velocitat també introduïda. Una vegada el rotor ha finalitzat el moviment s'iniciarà el moviment de la mà automàtica, aquesta realitzarà les voltes introduïdes i una vegada ha finalitzat s'iniciarà una altra vegada el cicle. Per finalitzar s'haurà de donar un impuls a la genollera i es realitzarà el retrocés.

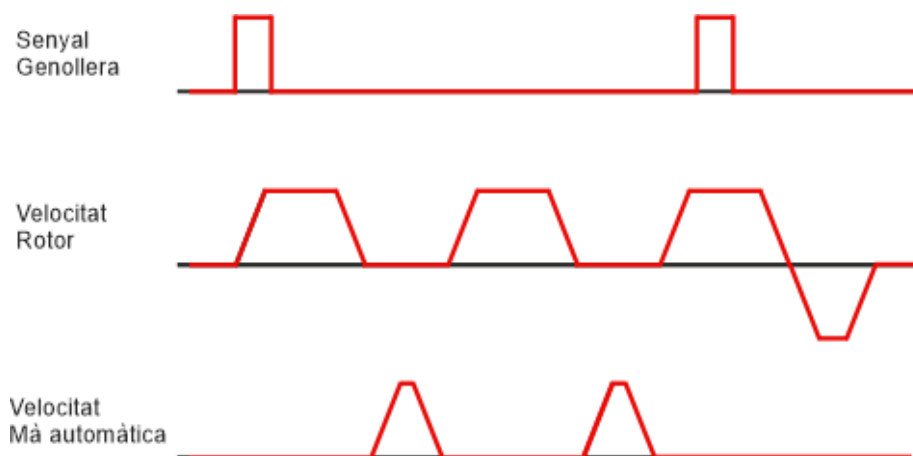


Figura 22. Representació del funcionament del Mode 5.

En el cas que es vulgui incrementar la producció de la màquina i el producte ho permeti, el programa s'ha realitzat per poder encavalcar els moviments de rotor i retorcedor. Per tant, des de configuració es podrà introduir a partir de quin tant per-cent del moviment del rotor es vol que s'iniciï el moviment de la mà automàtica i també quin tant per-cent de moviment de la mà automàtica es vol iniciar el moviment del rotor.

Per facilitar el treball de l'operari a l'hora d'iniciar l'embotició sobretot quan es treballa amb budell natural, a l'inici es podrà seleccionar un escalat de velocitat.

Degut a que treballant amb la mà automàtica a vegades la primera i última porció queden un pèl més petites, es podrà seleccionar un valor de grams que és sumaran a la primera porció i un altre que és sumaran a l'última porció, d'aquesta manera quedaran totes les porcions de la mateixa mida.

4.4.6 Mode 6

L'embotidora és una màquina que es pot integrar fàcilment a una línia de producció on es necessiti dosificar un producte. Aquest mode s'ha creat pensant en donar una senyal d'un temps concret al finalitzar cada porció.

El funcionament serà el següent, al donar senyal amb la genollera o des de l'entrada de senyal externa es realitzarà una porció. Una vegada finalitzada la porció es realitzarà un temps de pausa que es podrà seleccionar per recepta. Dins aquest temps de pausa s'activarà una senyal conforme s'ha realitzat la porció. Es diu dins del temps de pausa ja que es podrà triar per recepta un temps d'espera entre que s'acaba la porció i s'activa la senyal. També és triarà el temps de duració de senyal.

En el cas que necessitem una senyal tipus un FlipFlop que cada vegada que acabem la porció canviï l'estat es posarà al temps de senyal 0 segons.

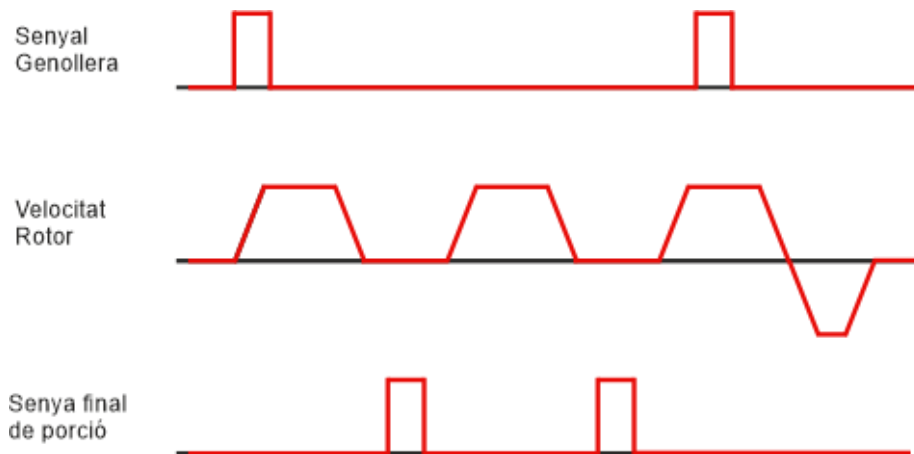


Figura 23. Representació del funcionament del Mode 6.

4.5 Manual

Aquesta màquina els moviments en manual no són molt necessaris, però tot i així, de cara a que el personal de manteniment pugui realitzar proves s'han incorporat. S'ha realitzat una POU on amb els bits de pantalla és realitzarà la còpia a bits de manual. D'aquesta manera es podran posar algunes restriccions necessàries a l'activació dels bits de sortida per no malmetre cap part mecànica.

4.6 Temporitzadors

Cada cert temps s'han de realitzar manteniments a la màquina. Perquè l'operari o el personal de manteniment pugui gestionar correctament aquests, s'ha incorporat uns temporitzadors que permetran tenir controlat els temps de funcionament totals de la màquina.

En el cas de la bomba de buit és important cada cert temps realitzar el canvi d'oli, així que s'ha fet una petita part de programa on es controlarà el manteniment i ens avisarà quan toqui fer-lo. Una vegada realitzat el manteniment es podrà restablir el temps.

A part del temps de parada per inactivitat en el que s'utilitzarà un temporitzador TON, en els altres casos com que no ha de ser tampoc un temps molt precís, s'utilitzarà una variable de temps que mitjançant el bit de sistema sys_bPulse1s es farà un sumatori.

4.7 Càlculs

Per poder realitzar el control dels moviments s'hauran de realitzar una sèrie de càlculs que permetran convertir els valors de les variables a valors necessaris per realitzar els moviments.

En el cas del rotor l'operador treballa amb grams, per tant, per realitzar un moviment de certs grams, s'haurà de realitzar els càlculs per convertir els grams als polsos. D'aquesta manera s'obtidran els polsos que s'hauran d'enviar al servo-accionament perquè realitzi el moviment desitjat.

Així s'haurà de trobar la relació de polsos/gram ($g_rPulsexGram$). Per trobar-la es necessita els polsos que s'han d'enviar al servo-accionament perquè el servomotor realitzi una volta ($g_HMliDrivePulseRotMot$), la relació de reducció entre el servomotor i el rotor ($g_HMliRotorReductor$) i finalment els grams per volta de motor ($g_HMliTurnGramRotor$).

$$g_rPulsexGram = \frac{g_HMliDrivePulseRotMot * g_HMliRotorReductor}{g_HMliTurnGramRotor} \quad (\text{Eq 1})$$

Aquest serà el factor necessari, per exemple, per calcular els polsos ($g_diForwRotPosition$) d'una porció ($g_HMliPortGram$) de certs grams.

$$g_rPulsexGram = g_diForwRotPosition * g_HMliPortGram \quad (\text{Eq 2})$$

Per la velocitat des de l'HMI es treballa amb tant-per-cent per convertir-ho a freqüència de sortida es realitzarà mitjançant una funció d'escalat. On s'introduiran els límits d'entrada de 0 a 100 i els límits de 0 als polsos màxims necessaris de sortida.

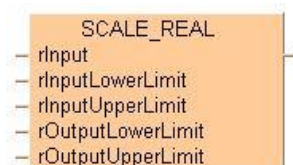


Figura 24. Bloc de de Funció , PulseOutput_Trapezoidal_FB

Els càlculs per la mà automàtica seran molt semblants adaptats al moviment la mà automàtica, on en comptes de grams finals s'obtidran voltes per realitzar el nus. Per la velocitat realitzarem el mateix tipus d'escalat.

En aquesta POU també gestionarem l'enviament de les dades a les funcions de moviment depenen del mode, de si tenim l'escalat inicial activat, de si estem a la primera o última porció en el cas del mode 5 o si hem de realitzar el retrocés.

4.8 Sortides

Per tal de no duplicar cap crida a les variables de sortida, s'ha creat una POU on s'agruparan totes aquestes i utilitzant les diverses variables de manual i automàtic, s'activen les sortides. També hi haurà les funcions de les sortides de polsos, les de JOG i les Trapezoidals tan del rotor com de la mà automàtica.

5. PROGRAMACIO HMI

Per realitzar la programació de la pantalla s'utilitzarà el software específic de Panasonic anomenat HMWIN Studio. És un software molt intuïtiu que permet la realització d'interfícies gràfiques molt complexes de la manera més senzilla possible.

El que fa que sigui senzill és que utilitza un sistema "d'arrossegar i deixar anar", això vol dir que tens una columna a la part dreta amb tots els elements que permet introduir el programa. D'aquesta manera pots introduir des d'imatges, pulsadors, visors numèrics i fins i tot visors de PDF.

5.1 Variables

Per poder realitzar la comunicació amb el PLC s'haurà d'importar les variables amb direcció de pantalla. Des del programa del PLC s'exportaran en format .xml, d'aquesta manera es podran importar fàcilment dins el projecte de l'HMI.

Primer s'haurà de definir el protocol de comunicació a través del que es comunicarà amb la pantalla, en aquest cas, s'utilitzarà el protocol propi de Panasonic FP/FP. Un cop s'ha definit el protocol, s'hi podran assignar les variables.

5.2 Receptes

Les receptes són un conjunt de variables que actuen sobre el procés i depèn del producte que es vol realitzar, varien el seu valor. Per no haver d'estar ajustant cada vegada els valors quan es realitzen canvis de format aquests són guardats en forma de receptes.

El programa HMWIN ens permet una gestió molt senzilla de les receptes, per tant, les receptes les gestionarem des de l'HMI. S'haurà de crear una recepta a la carpeta de Receptes i introduir les variables que i formaran part. Aquesta recepta tindrà diferents "Set" que seran els diferents tipus de productes que es realitzaran.

index	Element Name	Tag	1-MANUAL
0	Mode	g_HMIiModo	1
1	Rotor Speed	g_HMIrRotAutSpeed	50.000000
2	Portion Gram	g_HMIiPortGram	625
3	Pause Time	g_HMIiWaitTime	1.000000
4	Rotor Recoil	g_HMIrRotorRecoil	0
5	Polyclip Time	g_HMIiSignalTime	0.000000
6	Number of Portions	g_HMIiPortion	0
7	Vacuum On-Off	g_HMIbVaccumCicleOnOff	1
8	Numero Porciones	g_HMIiTotPortions	0
9	Initial stairs	g_HMIiInitStairs	0
10	Percentage increase per step	g_HMIiStairsPercent	0
11	Wait signal	g_HMIiWaitSignalTime	0.000000
12	Twist Speed	g_HMIrRetAutSpeed	50.000000
13	Twist truns	g_HMIiTwistTums	1.000000

Figura 25. Bloc de de Funció , PulseOutput_Trapezoidal_FB

5.3 Alarmes

Les diferents alarmes que s'han incorporat ajudaran a detectar el més ràpid possible quin és el problema de la màquina, d'aquesta manera, es podran realitzar les operacions necessàries per solucionar-lo i reiniciar la producció.

El projecte de la pantalla porta incorporat un sistema de gestió de les alarmes on s'han introduït els bits activats des de la POU d'Alarmes del PLC. Per tant, en el cas que s'activi l'alarma apareixerà a la pantalla d'alarmes.

Name	Groups	Enable	Ack	Trigger	Tag	Action	Description
Alarm1		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	bitMaskAlarm:0	g_HMIbEmergency		Parada de emergencia
Alarm2		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	bitMaskAlarm:0	g_HMIbAlarmRotorPos		Error de posición del rotor
Alarm3		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	bitMaskAlarm:0	g_HMIbFanThermAlarm		Fallo termico ventilador
Alarm4		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	bitMaskAlarm:0	g_HMIbHopperAlarm	ShowMessage	Tolva abierta
Alarm5		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	bitMaskAlarm:0	g_HMIbRetDrivAlarm		Error en Driver retorcedor
Alarm6		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	bitMaskAlarm:0	g_HMIbRetThermAlarm		Fallo termico retorcedor
Alarm7		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	bitMaskAlarm:0	g_HMIbRotDrivAlarm		Error en Driver rotor
Alarm8		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	bitMaskAlarm:0	g_HMIbRotThemAlarm		Fallo termico rotor
Alarm9		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	bitMaskAlarm:0	g_HMIbVaccThermAlarm		Fallo termico bomba de vacio
Alarm10		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	bitMaskAlarm:0	g_HMIbOilVacuumAlarm		Falta aceite en bomba vacio

Figura 26. Bloc de de Funció , PulseOutput_Trapezoidal_FB

5.4 Usuaris

Una part molt important són els usuaris, aquests permeten o restringeixen l'accés a realitzar diferents accions o fins i tot a certes pantalles. Hi ha certes accions com per exemple guardar les receptes, que només ho ha de poder fer algú amb certa responsabilitat. També hi ha la part de configuració interna, que només hi podrà entrar el personal de manteniment.

L'HMWINPRO permet una gestió molt completa d'usuaris. Es creen uns grups d'usuari amb certs permisos. En aquests permisos, es pot anar element per element del projecte de la pantalla i triar què pot realitzar cada grup d'usuari amb aquell element. Després es creen diferents usuaris, on cada un s'assignarà a quin grup forment part.

En el cas d'aquesta màquina s'han realitzat 3 usuaris. El Basic que és l'usuari amb menys permisos, aquest podrà seleccionar receptes, treballar amb la màquina, inclús modificar algun paràmetre de recepta mentrestant s'està treballant però no podrà guardar-ho. També podrà anar a veure les alarmes. L'usuari Operador ja podrà guardar les receptes. I finalment l'usuari ADMIN que podrà accedir a tota la pantalla.

5.5 Pantalles

La primera pantalla que apareix al iniciar la màquina és la pàgina principal, aquesta ens permetrà accedir o al mode automàtic o a la part d'ajustaments de la màquina.



Figura 27. Pantalla principal

Si es prem el pulsador dels engranatges s'anirà a la pantalla d'automàtic, aquesta serà una pantalla que depenent del mode que tinguem seleccionat apareixeran i desapareixeran certs elements. Aquests seran els elements que formen part del mode i que podran ser guardats a la recepta.

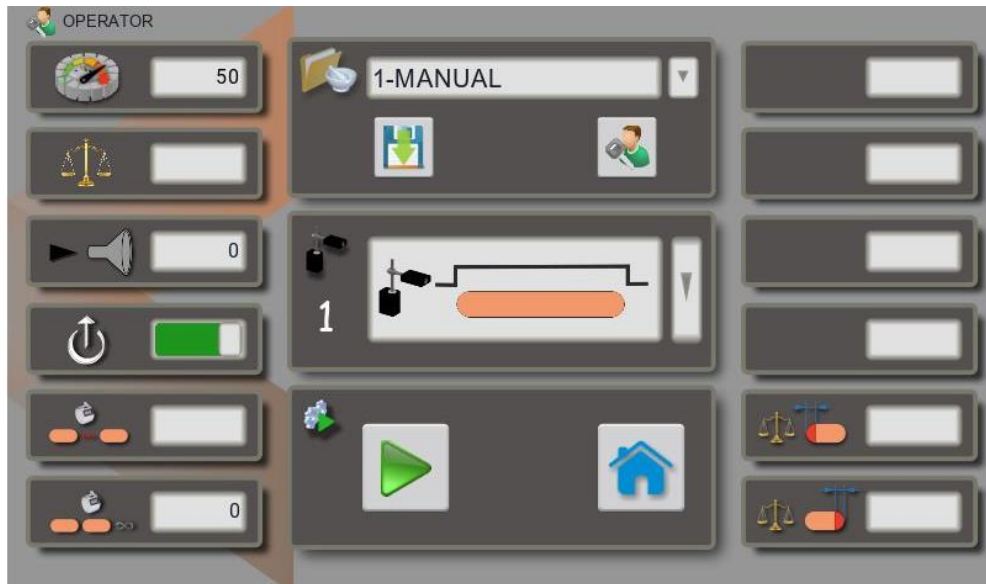


Figura 28. Pantalla automàtic mode 1 i 2

A la Figura 28 s'hi pot veure que a dalt a l'esquerra apareix el dibuix del rotor amb el símbol de velocitat, per tant, és on s'introdurpa la velocitat desitjada de rotor. Més avall tenim un embut amb una fletxa en direcció a l'embut, aquí s'hi posarà el retrocés amb grams. A sota del retrocés hi trobem el selector del buit, aquest ens permetrà activar o desactivar el buit a la recepta.

Si es vol canviar el mode s'haurà de pulsar sobre el dibuix on apareix la genollera i a la dreta la fletxa, que indica que és un desplegable (Figura 28). Apareixerà un diàleg extern on es poden veure tots els modes de funcionament incorporats (Figura 29).

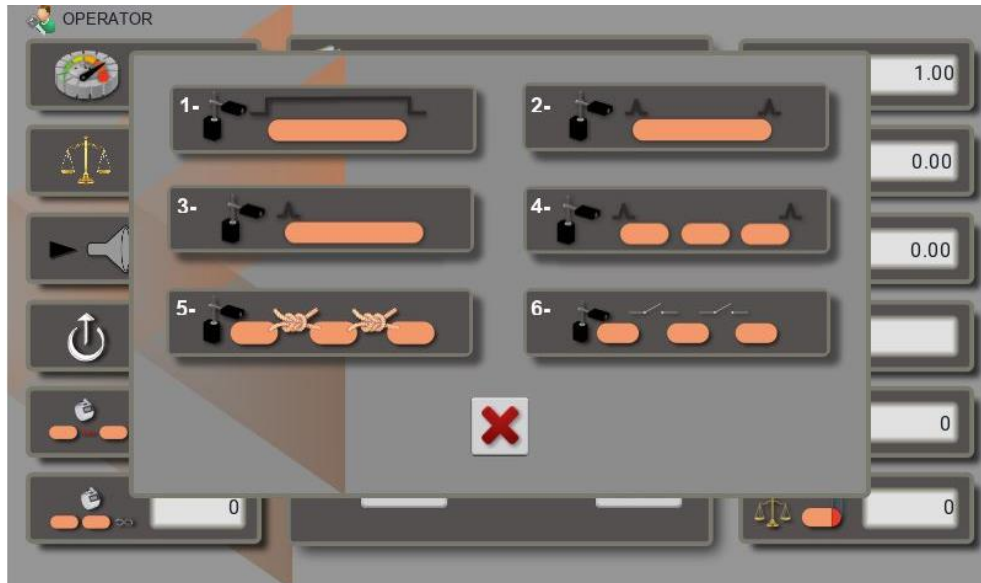


Figura 29. Selecció de mode.

Com es pot veure a la (Figura. 30) al seleccionar el mode 3, al ser el primer mode per realitzar porcions, ja ens apareix per poder posar un pes al símbol de la bàscula.

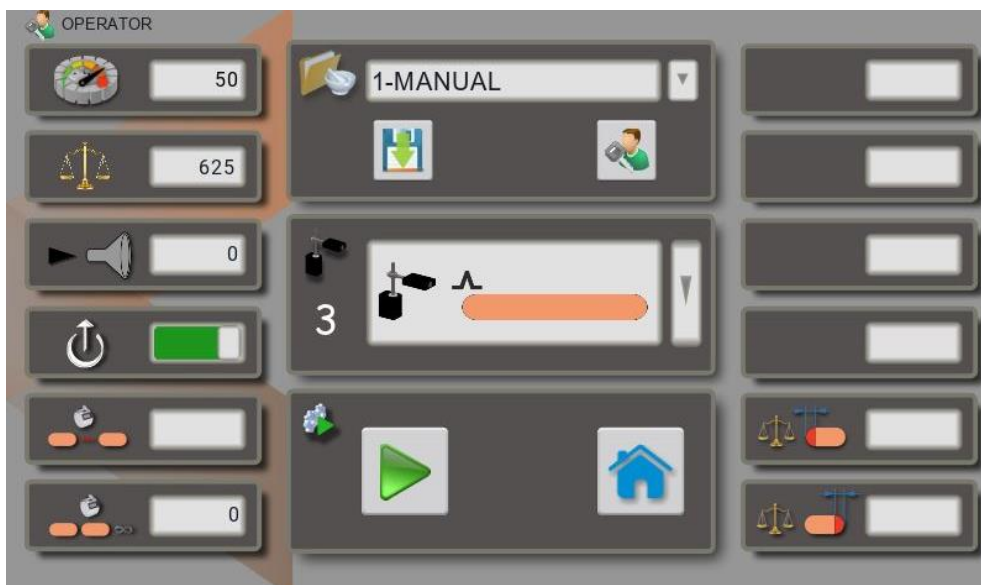


Figura 30. Pantalla automàtic Mode 3

Al mode 4 (Figura. 31) al ser el mode de realitzar porcions en continu a part de deixar seleccionar el pes, ens apareixerà per seleccionar el temps de pausa entre porció i porció, les unitats seran segons.

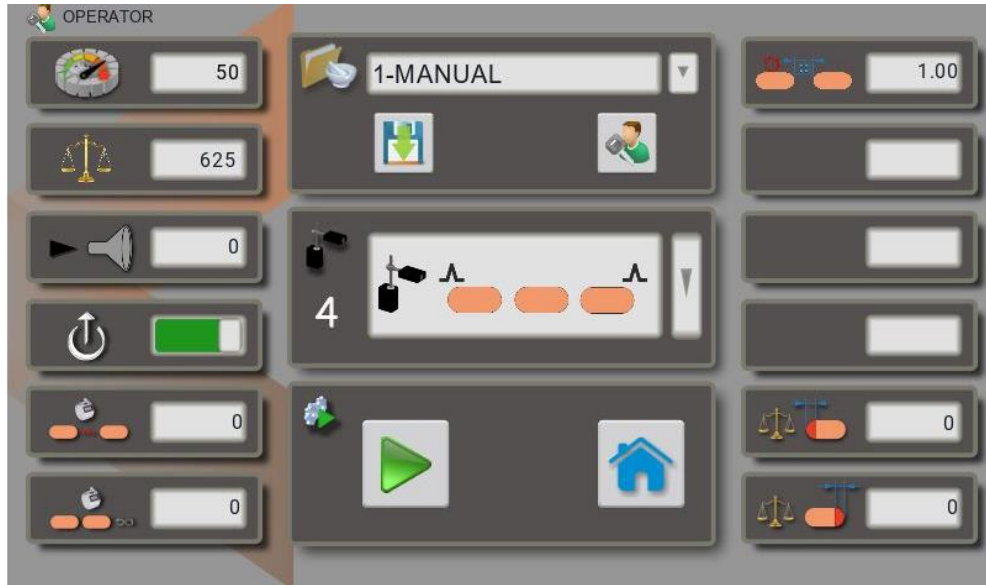


Figura 31. Pantalla automàtic Mode 4

El mode 5 és el mode en que a part del rotor s'utilitzarà la mà automàtica, per tant hi haurà els mateixos paràmetres de que al mode 4, però en comptes del temps de pausa com es pot observar a la Figura 32, a la part dreta ens apareixeran els paràmetres que fan referència a la ma automàtica. El primer serà la velocitat en que voldrem que realitzi el nus, el segon serà el número de voltes que volem i el tercer si el polem se'ns obrirà un diàleg on ens deixarà seleccionar el número d'escalons inicials i el tan per-cent de d'increment de velocitat per escaló (Figura 33).



Figura 32. Pantalla automàtic Mode 5



Figura 33. Dialog escaló inicial.

Finalment tindrem el mode 6, en aquest mode apareixeran a la part de dalt a la dreta els paràmetres per graduar el temps de pausa i de senyal. El primer que trobem és el temps de pausa total A sota d'aquest hi haurà el temps d'espera abans d'iniciar la senyal i finalment el temps de senyal. Totes les unitats de temps seran amb segons.



Figura 34. Pantalla automàtic Mode 5.

Si es prem a sobre on posa MANUAL (Figura 34) s'obrirà un diàleg on ens permetrà seleccionar la recepta desitjada. A la dreta si es pressiona el pulsador on apareix el cursor ens apareixerà un teclat que ens permetrà canviar-li el nom (Figura 35). Una vegada finalitzada la selecció, si es prem el "tick" verd carregarem la recepta a producció, en canvi si es prem la creu sortirem sense carregar-la.



Figura 35. Diàleg selecció de recepta.

Finalment a la pàgina d'automàtic també s'hi troba el pulsador d'inici de cicle representat per el símbol de "PLAY" i el símbol de la casa que ens permetrà tornar a la pàgina inicial.

Si tornem a la pantalla de la Figura 27 i es prem la clau anglesa s'anirà a la pantalla de la Figura 36, en aquesta pantalla es podrà accedir a la pantalla d'alarmes, a la d'entrades i sortides de la màquina, a la pantalla de manual, a la pantalla d'usuari i a la de configuració interna de la màquina, també es podrà accedir a la pantalla que permetrà canviar d'usuari. Finalment tindrem el pulsador que ens permetrà tornar a la pantalla d'inici.



Figura 36.Pantalla Configuració.

Si premem el pulsador amb el símbol d'una sirena s'anirà a la pantalla d'alarmes, en aquesta pantalla es podrà observar les alarmes que estigui actives en aquell moment. (Figura 37)

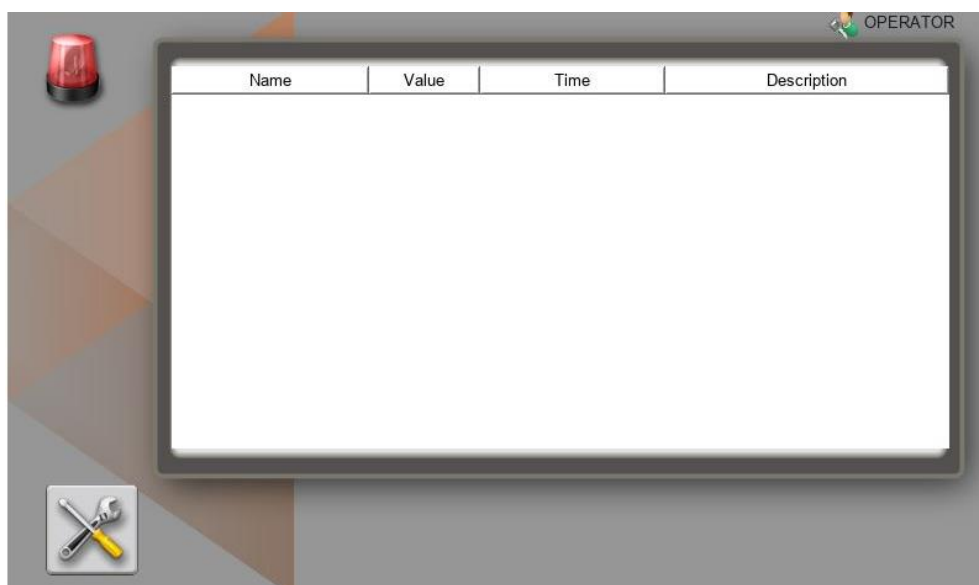


Figura 37.Pantalla d'alarmes.

El polsador amb el símbol d'un xip ens portarà a la pàgina d'entrades i sortides, en aquesta es podrà observar l'estat de les entrades i sortides. També es mostrarà el temps total que s'ha utilitzat la bomba de buit i el temps que queda per el manteniment. Si es prem el polsador amb la fletxa en forma de cercle es posa a 0 el comptador d'hores de manteniment.

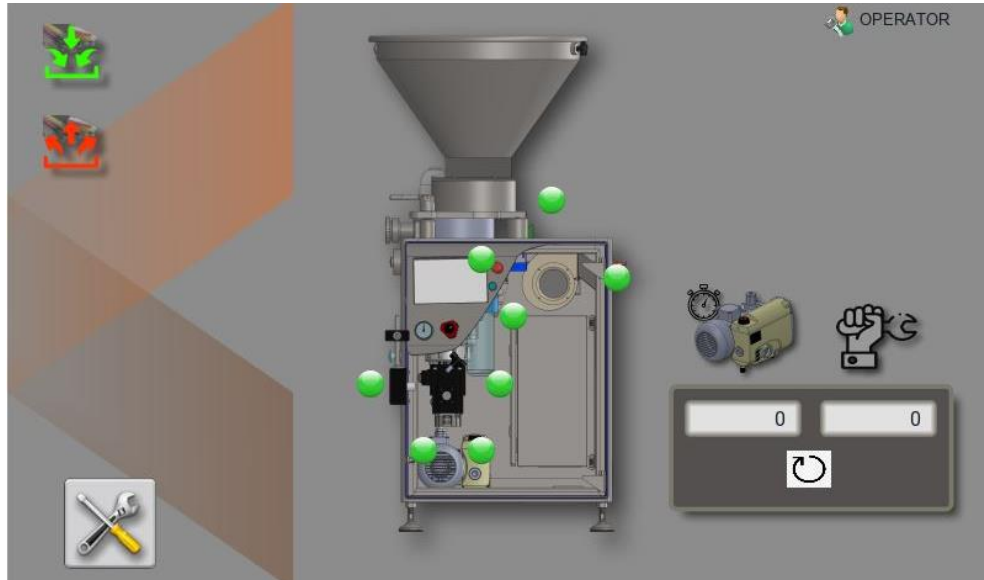


Figura 38. Pantalla d'entrades i sortides.

El polsador amb la mà ens portarà a la pàgina de manual, per accedir a aquesta pàgina es necessita l'usuari ADMIN. Aquesta permetrà accionar les sortides, i realitzar els moviments tant de rotor com de mà automàtica.

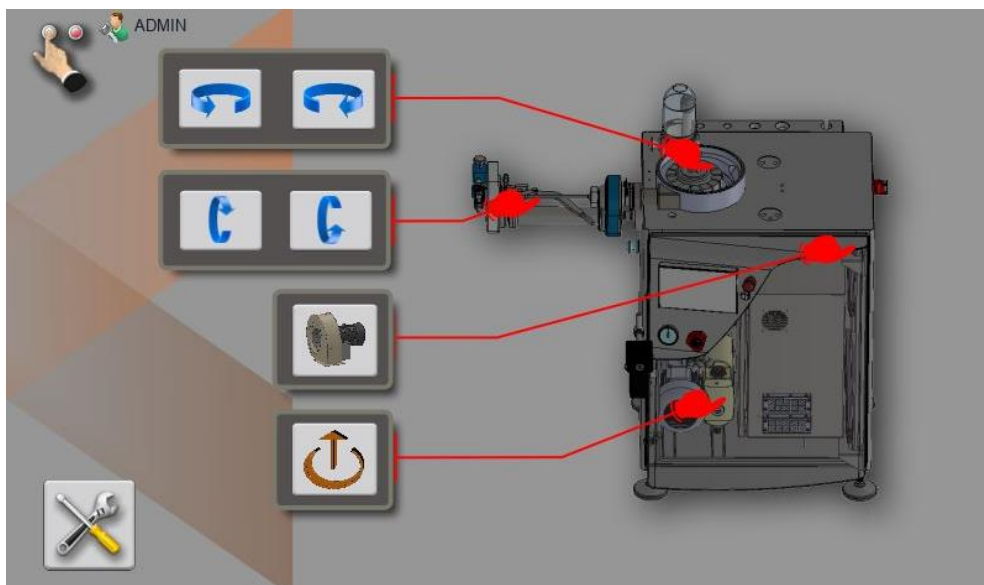


Figura 39. Pantalla de manual.

El següent polsador és el dels engranatges, aquest obrirà la pàgina d'usuari. En aquesta pàgina es podrà canviar l'hora i el dia i canviar l'idioma de la pantalla.



Figura 40. Pantalla d'usuari.

Finalment, hi ha l'accés a les pantalles de configuració interna, en aquestes pantalles es s'hi trobarà tota la configuració tant del rotor com de la mà automàtica.



Figura 41. Pantalles de configuració.

6. PARAMETRITZACIÓ DELS SERVO-ACCIONAMENTS

Els servo accionaments són els dispositius electrònics encarregats de realitzar el control del servomotor. Aquests es podrien considerar com el sistema central dels servomotor, i tenen molts paràmetres interns que es poden modificar depenent del servomotor i del mètode de control.

Al muntar tot el servo-paquet de Panasonic, el mateix servo accionament reconeix el motor i es parametriza sol. Per tant, només s'haurà de parametrizar el mètode de control que utilitzarem per controlar-lo (Figura 42). Com es pot veure s'han configurat els paràmetres que estan de color groc. S'ha posat en mode de control de polsos, amb 1000 polsos per volta de motor. Aquest paràmetre és el que s'utilitzarà per realitzar els càlculs de moviment.

00	001	Control mode setup	0-	6		---
00	005	Selection of command pulse ...	0-	1	0	---
00	006	Command pulse rotational di...	0-	1	1	---
00	007	Command pulse input mode ...	0-	3	1	---
00	008	Command pulse counts per ...	0-	1048576	1000	After multiplied by 4
00	002	Real-time auto tuning setup	0-	6	0	---
00	003	Machine stiffness at real-time...	0-	31	20	---

Figura 42. Parametres del servo.

Tant el rotor com la mà automàtica s'ha realitzat el mateix tipus de control amb els mateixos paràmetres.

Finalment una vegada parametrizat el servo-accionament i al realitzar la posada en funcionament es podrà realitzar un "Tuning" del motor per acabar d'ajustar el valor de Rigidesa a la mecànica.

7. RESUM DEL PRESSUPOST

El valor estimat de l'automatització d'una embotidora contínua al buit amb mà automàtica és de deu mil vuit-cents setanta-cinc euros amb cinquanta cèntims sense IVA.

8. CONCLUSIONS

S'ha canviat el sistema per un sistema amb dos servomotors, aquests permeten una major dinàmica tant del rotor com del retorcedor i mà automàtica, i també un control més precís dels moviments. Això es tradueix amb una millora significativa de la producció i també una millora en l'exactitud de les porcions.

S'ha utilitzat un PLC amb sortides de polsos connectades a les entrades del servoaccionament per realitzar el control dels servomotors. Així també s'ha fet el programa que permet controlar segons el mode de treball desitjat els moviments dels servomotors. S'han implementat els càlculs necessaris perquè els moviments siguin tan precisos com sigui possible i que en cas que mecànicament es modifiqui qualsevol relació mecànica canviant els valors des de la HMI s'ajustin els moviments.

Amb la implementació de la HMI també s'ha aconseguit una millora amb la interacció amb l'operari, aquests també podran realitzar receptes fent així que els canvis de format siguin més ràpids. També a la part de configuració es podrà modificar alguns ajustos de la màquina que permetrà que sigui més fàcil l'adaptació al producte.

Eduard Berenguer Brujats

Graduat en Enginyeria Electrònica Industrial i Automàtica

Girona, 01 de setembre de 2022

9. RELACIÓ DE DOCUMENTS

El projecte Automatització d'una embotidora contínua al buit amb mà automàtica consta dels documents següents: memòria, plànols, plec de condicions, estat d'amidaments i pressupost.

10. BIBLIOGRAFIA

OMRON. Font d'alimentació. (<https://industrial.omron.es/es/products/S8VK-T12024>, 19 de desembre de 2015).

PANASONIC. Pantalla HMI. (<https://industry.panasonic.eu/es/productos/elementos-y-soluciones-de-automatizacion/pantallas-tactiles-de-operacion/pantallas-tactiles-de-gama-alta/pantallas-tactiles-serie-hme>, 19 de desembre de 2015).

PANASONIC. PLC. (https://www3.panasonic.biz/ac/ae/search_num/index.jsp?c=detail&part_no=AFP0HC32EP, 19 de desembre de 2015).

PANASONIC. Servomotors I Servodrivens. (<https://www3.panasonic.biz/ac/ae/motor/fa-motor/ac-servo/a5/index.jsp>, 19 de desembre de 2015).

PIZZATO. Mòdul de seguretat. (<https://www.pizzato.com/es/catalogo/CSAR02V024.html>, 19 de desembre de 2015).

REBT. Reglament Electrotècnic per Baixa Tensió. Editorial Marcombo. Barcelona. 2011.

RS-ONLINE. Catàleg i preus. (<http://es.rs-online.com/web/>, 1 de desembre de 2015).

11. GLOSSARI

CC: Corrent Continu.

CPU: (Central Processing Unit) Unitat central de processament.

HMI: Interfície home màquina.

RTEX: (Realtime Express)

PLC: (Programmable Logic Controller) Controlador lògic programable.

A. PROGRAMA

El programa del PLC està adjunt dins la carpeta de programa en el format de projecte de FPWINPRO. També es guardarà el programa en format "pdf" d'aquesta manera es facilitarà la seva inspecció tot i no tenir el programari.

Adjunt també trobarem el projecte de la pantalla en format de Projecte d'HMWIN.