

## **2.SEMESTERPRØVE**

### **Automatiseret læskedrikproduktion: Integration af Denso-robot, Festo-anlæg og Siemens PLC**

**Klasse:**       ATEK-LYG-E24C

**Navn:**         Min Xuan

**København, 8. august 2025**

## Indholdsfortegnelse

1. Indledning .....	5
2. Teori og metode.....	5
2.1. Projektplan og -faser .....	5
2.2. Programmeringsmetode .....	6
3. Analyse af problemstillingen.....	6
3.1. Funktionsbeskrivelse .....	6
3.1.1. Festo-forløbet – fra recirkulation til flaskepåfyldning .....	6
3.1.2. Robot-forløbet - fra depalletering til palletering .....	7
3.1.3. Kommunikation og systemintegration.....	7
3.1.4. RFID-anvendelse .....	8
3.2. Komponentvalg.....	9
3.2.1. Robotvalg.....	9
3.2.3. Sensorvalg.....	10
3.2.4. Transport efter påfyldning - Rundt rotationsbånd.....	11
3.3. Maskin- og robotsikkerhed.....	12
3.3.1. Systemintegratorens rolle.....	12
3.3.2. Risici ved robotarmen .....	12
3.3.3. Risici ved Festo-anlægget.....	13
3.4.4. Dokumentation og CE-krav .....	13
3.4. Komponentnavngivning og PI-diagram i henhold til DS 81346-2 og 62424.....	14
3.4.1. DS 81346-2 – Navngivning efter tre parallelle aspekter .....	14
3.4.2. DS 62424 – Symbolik og grafisk repræsentation.....	15
4. Systemdesign og programmering.....	15
4.1. Festo .....	16
4.1.1. Festo High Level Design .....	16
4.1.2. Festo-anlæggets HMI Guide og parameteropsætning .....	19
4.1.3. PlantControl-Blokken .....	20
4.1.4. Auto Sequence-blok.....	25
4.1.4.1. Procesbeskrivelse.....	25
4.1.4.2. Sekvensdiagram/GRAFCET jf. DS-60848 .....	27

4.1.4.3. PLC-kode .....	28
4.1.5. Pumpe .....	33
4.1.5.1. Pumpe Set/Reset .....	34
4.1.5.2. Pumpehastighed (pump speed) .....	35
4.1.5.3. Analog outputstyring af pumpe via PLC (KF1=1) .....	37
4.1.6. Varmelegeme med ON/OFF-regulering .....	38
4.1.6.1. Temperaturmåling via analogt input .....	38
4.1.6.2. On/Off-regulering af varmelegemet .....	38
4.1.6.4. Varmelegemet Set/Reset .....	40
4.1.7. Filling-funktion (påfyldning af flasker) .....	41
4.1.7.1. Volumenmåling via analogt input .....	42
4.1.7.2. Signal til robotarmen .....	42
4.1.7.3. RFID-identifikation og volumenvalg .....	43
4.1.7.4. Påfyldningsstart og -stop .....	44
4.1.7.5. Transport af flaske efter påfyldning .....	44
4.1.8. Ventilstyring ved MB2 solenoid-ventil med pneumatisk drev .....	45
4.1.9. Afvigelsesanalyse .....	46
4.2. DENSO-robot og WINCAPS-programmering .....	47
4.2.1. High-Level programstruktur og systemdesign .....	47
4.2.2. Makrodefinitioner (#Define) .....	48
4.2.2.1. Fælles parametre .....	48
4.2.2.2. Makroer for depalleteringsekvensen .....	48
4.2.2.3. Makroer for palleteringssekvensen .....	48
4.2.3. Depalleteringsprogram (2x2x2, top-down) .....	49
4.2.4. Palleteringsprogram (2x2x2, bottom-up, fra rundt rotationsbånd – først 4xA, derefter 4xB) .....	52
4.3. HMI og HMI-alarm .....	55
4.3.1 Hovedskærm og brugerinteraktion .....	56
4.3.3. Alarm .....	58
5. Factory Acceptance Test (FAT) .....	61
5.1. FAT af Festo-anlægget .....	61

5.2. FAT af DENSO .....	62
6.Læring og refleksion.....	64
Bilag.....	66
Bilag 1. Overensstemmelseserklæring .....	66
Bilag 2. Brugsanvisning uddrag .....	67
2.1. Advarsel og sikkerhedssymboler .....	67
2.2. Maskinens tilsigtede brug .....	67
2.3. Opstilling af maskinen.....	67
2.4. Elektriske specifikationer .....	67
2.5. Sikker anvendelse .....	67
2.6. Funktionsbeskrivelse .....	67
2.7. Betjening .....	67
2.8. Vedligeholdelse .....	68
2.9. Fejlfinding .....	68
2.10. Bortskaffelse.....	68
2.11. Garanti og ansvarsfraskrivelse .....	68
Bilag 3 Festo PI-diagram .....	69

# 1. Indledning

Dette er 2. semesterprøven på KEAs uddannelse som automationsteknolog. Opgaven tager udgangspunkt i en case stillet af det fiktive firma Kaiserliche Erfrischungs-Agentur (KEA), der ønsker at etablere en fuldautomatisk produktion af læskedrikke. Opgaven går ud på at designe, programmere og dokumentere et integreret automationsanlæg bestående af robotarm, Festo procesanlæg, Siemens PLC og HMI-panel.

Da projektdeltageren har arbejdet individuelt, har projektdeltageren haft ansvaret for hele opgaven. Opgaven skal ifølge kravene have et omfang på minimum 18 og maksimum 23 normalsider. Denne rapport indeholder i alt 45963 tegn og 18 figurer, hvilket svarer til 23 normalsider.

## 2. Teori og metode

### 2.1. Projektplan og -faser

Projektet opdeles i fire hovedfaser: idé- og målsætningsfasen, løsningsdesignfasen, implementeringsfasen og evalueringsfasen. Hver fase har klart definerede delopgaver og deadlines, som fremgår af projektets tidsplan. Denne plan anvendes som styringsværktøj gennem hele forløbet for at sikre, at alle elementer gennemarbejdes.

Fase	Periode	Opgave
Idé- og målsætning	16/05/25 – 18/05/25	Brainstorming og scope-formulering
Analyse og planlægning	19/05/25 – 25/05/25	Funktionsbeskrivelse og sekvensdiagram
Implementering	26/05/25 – 10/06/25	PLC-kode, HMI-udvikling, Wincaps robotprogram og test
Evaluering	11/06/25 – 13/06/25	Feedback, perspektivering, evaluering og aflevering

Projektet er udført iterativt med fokus på tidligt i processen at udvikle en løsning med enkel funktionalitet og derefter forbedre denne løbende. Derudover er projektet gennemført med en modulær tilgang, hvor systemet blev opdelt i selvstændige moduler: et Festo-modul og et Denso-robotmodul. Hver del er blevet udviklet og testet separat, hvilket har gjort det lettere at identificere og løse problemer undervejs. Til sidst blev de to moduler integreret i et samlet system, som blev testet på den fysiske maskine for at sikre korrekt kommunikation og funktionalitet på tværs af hele systemet.

## 2.2. Programmeringsmetode

PLC-programmeringen er opbygget med struktureret programmering som metode og er udviklet i Ladder Diagram. Sekvensopbygning og styring af procestrin er baseret på SFC (Sequential Function Chart). SFC er valgt for at sikre overblik og logisk processtyring. Koden er udarbejdet library-conformant, hvilket giver mulighed for skalering og genanvendelse i fremtidige versioner af systemet. Parameterstyring er foretaget via datablocks. Der er lagt vægt på genbrug af motor- og ventilblokke.

## 3. Analyse af problemstillingen

### 3.1. Funktionsbeskrivelse

Denne valgte tilgang implementeres ved en løsning, der består af en DENSO-robot og et Festo-procesanlæg, som styres af to separate Siemens PLC'er (S7-1215 og S7-1512) og overvåges via HMI.

#### 3.1.1. Festo-forløbet – fra recirkulation til flaskepåfyldning

Festo-anlægget håndterer recirkulation, opvarmning og flaskepåfyldning. Processen starter med, at vand i procestanken (B101) recirkuleres og opvarmes til et ønsket setpunkt via en on/off-regulator. Når setpunktet er nået, pumpes vandet til opbevaringstanken (B102). Herefter modtager anlægget signal fra robotten om, at en flaske er klar. Anlægget definerer en korrekt væskemængde baseret på RFID-

identificeret flasketype og påfylder flasken med denne væskemængde. Sekvensen gentages, indtil tanken er tom.

### 3.1.2. Robot-forløbet - fra depalletering til palletering

Processen begynder med, at flasker i tilfældig rækkefølge depalleteres af robotten fra indgangspallen. Flaskerne tages enkeltvis, og robotten aflæser RFID-tags for at identificere flasketypen som enten type A eller type B. Herefter placeres flasken på påfyldningspositionen. Når Festo-anlægget har fyldt flasken med korrekt væskemængde baseret på flasketypen, henter robotten flasken igen og palleterer den på udgangspallen i det definerede mønster: 4 x type B i nederste lag og 4 x type A i øverste lag.

### 3.1.3. Kommunikation og systemintegration

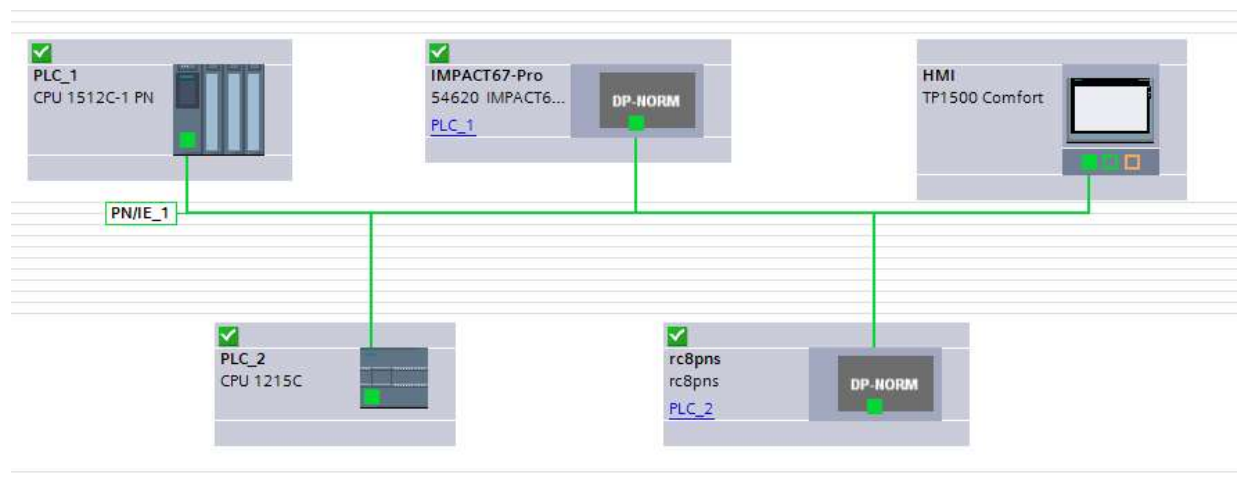
S7-1512 PLC styrer Festo-anlægget ved at varetage den sekventielle styring af procesforløbet, herunder recirkulation, opvarmning og påfyldning. PLC håndterer også analog styring af pumpen (AO), ON/OFF-regulering af varmelegemet, niveaumåling via analog input og validering af Manuel/Auto-mode. RFID-modulet er direkte koblet til PLC, hvorfra RFID-tags aflæses for at identificere flasketype og overføre relevant procesinformation. PLC kommunikerer også med robotten om flaskestatus.

S7-1215 PLC håndterer kommunikationen mellem DENSO-robotens program i WINCAPs og det øvrige system. PLC styrer robotarmens bevægelser i depalletering, palletering, gribefunktion. PLC sender også flaskestatus og kommandoer til DENSO-robotten.

De to PLC'er er forbundet via en S7-forbindelse, hvor Festo-PLC'en sender data, og robot-PLC'en læser disse via GET-instruktioner. GET er valgt frem for PUT, da det giver en mere sikker kommunikationsform og minimerer risikoen for utilsigtet overskrivning af data.

Hele anlægget overvåges og betjenes via et HMI Comfort Panel, hvor operatøren kan skifte mellem manuel og automatisk drift, justere parametre og se alarmer og processtatus. Der er implementeret rolle/rettighedsstyring, så kun autoriserede brugere kan starte anlægget eller ændre parametre.

PROFINET er valgt som kommunikationsprotokol, da det er en industriel Ethernet-standard med høj hastighed, og nem integration. PROFINET gør det muligt at overføre data mellem PLC'erne uden behov for ekstern hardware.



### 3.1.4. RFID-anvendelse

RFID-teknologien anvendes til at sikre sporbarhed, fleksibilitet og procesovervågning. Hver flaske er udstyret med en RFID-chip, som muliggør både automatisk læsning og skrivning af data gennem hele produktionsforløbet. Chippen kan rumme data som flasketype (A eller B), fyldestatus og flaskens aktuelle lokation i systemet (på robotarm, ved påfyldning, på udgangspallen). Derudover kan der være data om fyldemængde, tidspunkt for fyldning, operatørens ID, udløbsdato, temperaturer. Disse oplysninger danner grundlag for intelligent styring og sikrer samtidig præcis dokumentation, som kan anvendes til kvalitetskontrol og vedligeholdelsesplanlægning.



Samtidig kan RFID-chippen løbende opdateres med nye informationer, som eksempelvis ændret status eller operatørdato, hvilket ikke er muligt med statiske strekkoder. Dette gør RFID langt bedre egnet til proceskontrol og dynamisk produktsporing, hvilket er vigtigt i fødevareproduktion, hvor der stilles høje krav til dokumentation og sporbarhed.

## 3.2. Komponentvalg

### 3.2.1. Robotvalg

Til projektet er der valgt en articulated 6-akset industrirobot fra DENSO's VMB-serie, nærmere bestemt modellen VMB-2518. Valget er baseret på en teknisk vurdering af systemets behov for lang rækkevidde, som gør den velegnet til opgaver som palletering og de-palletering<sup>1</sup>. I modsætning til SCARA-robotter, der primært bevæger sig i vandret plan, giver en 6-akset robot fuld frihed til bevægelser i tre dimensioner, herunder rotation og vinkling af griberen. Dette er nødvendigt i projektet, hvor flasker skal håndteres fra forskellige højder og placeres nøjagtigt i et lagdelt pallemønster.

Robotten har en rækkevidde på 1804 mm, hvilket gør det muligt at dække hele arbejdsområdet – fra flaskens pick-up position til drop-off på pallen. Den længere rækkevidde er afgørende i dette projekt, da flasker skal placeres i forskellige højder og positioner i et lagdelt pallemønster. VMB-2518 har en payload på 25 kg, hvilket er mere end tilstrækkeligt til dette projekt. De enkelte flasker vejer maksimalt 1 kg. Robotten har en repeatability på  $\pm 0,05$  mm, hvilket sikrer præcis placering ved gentagne pick-and-place-opgaver.

Da robotten anvendes i et fødevareorienteret miljø, er der valgt en version med IP67-beskyttelse. Det betyder, at robotten tåler regelmæssig afvaskning og kan indgå i en ren zone uden behov for ekstra kapsling.

---

<sup>1</sup> <https://www.densorobotics.com/products/5-6-axis/> besøgt 1/6/2025

### 3.2.3.Gribervalg

Til håndtering af flaskerne i projektet er der valgt en OnRobot Soft Gripper<sup>2</sup>, som er en fleksibel og skånsom griberløsning specielt designet til fødevareindustrien. Softgriberen anvender fleksible silikonefingre, der automatisk tilpasser sig emnets form og sikrer en stabil fastholdelse uden at beskadige plastflaskerne. I modsætning til vakuumbaserede gribere, som kan have vanskeligheder med buede eller fugtige overflader, yder en softgriber en pålidelig, mekanisk kontakt og kræver ingen særlige overfladebetingelser. OnRobot Soft Gripper er kompatibel med en række flasketyper. Griberen er fremstillet i fødevaregodkendt silikone og er let at rengøre, hvilket gør den velegnet til applikationer i forbindelse med drikkevarer. Da griberen ikke er vakuumbaseret, kræves der heller ingen ekstern luftforsyning, hvilket forenkler installation og vedligeholdelse.

### 3.2.3.Sensorvalg

Til detektion af flaskernes tilstedeværelse ved påfyldningsstationen er der valgt en Pepperl+Fuchs R201 retroreflektiv sensor i stedet for en almindelig diffus refleksionssensor. Dette skyldes, at flaskerne er fremstillet af transparent materiale (f.eks. PET eller glas), hvilket gør det vanskeligt for en diffus sensor at opfange objektet pålideligt. I stedet anvendes en retroreflektiv sensor i kombination med en reflektor placeret bag flasken. Når en flaske bevæger sig ind i lysstrålens bane, afbrydes signalet mellem sensoren og reflektoren, hvilket muliggør pålidelig detektion – selv ved høj hastighed og lav kontrast. Sensoren har en detektionsafstand på op til 200 mm, IP67-beskyttelse og en robust konstruktion.

I pallerteringsdelen af systemet anvendes der ligeledes sensorer til at sikre en pålidelig og fejlfri drift. Først placeres en fotoelektrisk sensor ved pallepositionen for at registrere, om en palle er korrekt placeret og klar til at modtage flasker. Dette forhindrer robotten i at aflevere flasker til en tom eller forkert position. Derudover kan der monteres en

---

<sup>2</sup> <https://onrobot.com/en/products/soft-gripper> besøgt 1/6/2025

ultralydssensor oven over pallen for at registrere, hvor mange lag der er stablet, og om maksimal højde er nået. Disse sensorer er ikke absolut nødvendige for systemets basisfunktion, men kan implementeres som forbedring af robusthed og diagnostik.

Derudover anvendes en FlexiForce A301-sensor, monteret i softgriberen på DENSO-robotten. Dette er en ultratynd trykfølsom film, der registrerer kontaktryk ved grebning af flasker. Ved at måle den fysiske kraft under gribebevægelsen kan systemet verificere, om en flaske er grebet korrekt. Denne funktion forbedrer både sikkerhed og driftssikkerhed, især ved håndtering af flasker med forskellig geometri eller glatte overflader. FlexiForce-sensoren fungerer som et analogt trykinput, og signalet kan bruges til at udløse fejlmeddelelser, hvis griberen lukkes uden at have fået fat i en flaske (tomgribning).

Et alternativ til denne løsning kunne være et visionsystem som OnRobot Eyes. OnRobot Eyes muliggør visuel identifikation og placering af objekter i 3D-rummet, hvilket potentielt fjerner behovet for både tryk- og nærhedssensorer. Systemet kan identificere forskellige flasketyper, positionere dem præcist og sende koordinaterne direkte til robotten. Dette visionsystem tilbyder høj fleksibilitet og fuld integration med OnRobots produkter, men medfører også en højere pris og mere arbejdskrævende opsætning og kalibrering. Af denne grund er valget faldet på den mere enkle og økonomiske FlexiForce A301-sensor.

#### 3.2.4 Transport efter påfyldning - Rundt rotationsbånd

Efter påfyldning transporteres flaskerne til et rundt rotationsbånd, hvor de samles. Denne roterende platform bringer flaskerne frem til robotten, der er placeret ved en fast pickup position. Båndet har et fast udgangspunkt, som robotten orienterer sig efter. Valget af et rundt bånd er truffet ud fra ønsket om at skabe et kompakt system, hvor flaskerne bevæger sig i en forudsigelig bane uden behov for bufferzoner. Tager robotten ikke en flaske på et givet tidspunkt, kører flasken blot en omgang mere, før den

igen passerer pick-up positionen. Dette kan for eksempel ske hvis flasken ikke matcher den ønskede flasketype. Det sker for eksempel hvis flasken er type B, mens den næste palleteringsposition er beregnet til en flaske af type A. I så fald roterer båndet automatisk videre, indtil en flaske af type A er udfor pickup positionen.

### 3.3. Maskin- og robotsikkerhed

Projektet er udført under hensyntagen til gældende sikkerhedsstandarder og arbejdsmiljøkrav, og projektdeltageren har i rollen som systemintegrator haft det samlede ansvar for, at løsningen opfylder kravene til maskinsikkerhed. Da anlægget skal anvendes i et EU-land, nemlig Danmark, er det underlagt kravene i Maskindirektivet, der blandt andet omhandler CE-mærkning og dokumentation.

#### 3.3.1. Systemintegratorens rolle

Systemintegratoren er ansvarlig for, at de forskellige delsystemer – herunder DENSO-robot, Festo-procesanlæg, PLC'er, HMI og kommunikation – fungerer som en samlet og sikker helhed. Dette indebærer både teknisk integration og overholdelse af maskinsikkerhedsstandarder som:

- DS/EN ISO 12100: Risikovurdering og risikoreduktion
- DS/EN ISO 10218-2: Sikker integration af robotceller

Under projektets afsluttende fase er der gennemført FAT (Factory Acceptance Test), hvor bl.a. nødstop, adgangsstyring og alarmhåndtering er blevet testet.

#### 3.3.2. Risici ved robotarmen

DENSO-robotten udfører automatiserede bevægelser med høj hastighed. Der er opsat advarselsskilte i hele arbejdsområdet. Dette udgør en potentiel fare for kollision med personer, der imødegås på to måder. For det første sikres det, at ingen kan befinde sig i cellen under automatisk kørsel. Det sker ved at indkapsle robotcellen i et mekanisk sikkerhedshegn. Porten til dette hegn er forsynet med et sikkerhedsrelæ. Når porten åbnes, aktiveres relæets nødstopfunktion, som straks afbryder strømmen til robotten og

forhindrer videre drift. For det andet er der defineret en Auto-mode. Her er robottens hastighed begrænset til 20 % af maximum. En anden risiko er, at robotten kan vælte under drift. Derfor er alle maskinkomponenter i installationen, herunder DENSO-robotten og Festo-anlægget er fastmonteret til gulvet.

### 3.3.3. Risici ved Festo-anlægget

Festo-anlægget arbejder med opvarmning og væskebehandling. Det medfører følgende risici:

-Varme: Procestanken (B101) opvarmer vandet, og der er risiko for at operatør kan komme i kontakt med varme rør eller overflader. Der skal være advarselsskilte.

-Glatte gulve: Spildt væske eller kondens ved fyldepositionen kan give risiko for faldulykker. Derfor anbefales skridsikre gulve og tydelig afmærkning af farezoner samt anvendelse af sikkerhedssko.

### 3.4.4. Dokumentation og CE-krav

Det følger af Maskindirektivet, at der skal derfor foreligge CE-mærkning og tilhørende dokumentation. Maskindirektivet stiller overordnede krav til sikkerhed, sundhed og teknisk dokumentation, hvilket er blevet imødekommet i projektets design, programmering og systemopbygning. Der kræves også en Overensstemmelseserklæring, der er vedlagt som Bilag 1.

Når løsningen har opnået CE-mærkning skal efterfølgende ændringer i proces eller komponentvalg vurderes og dokumentationen skal opdateres. Der skal ske løbende opdatering af sikkerhedstiltagene. Dette skal sikre, at gældende lovgivning og standarder overholdes.

Det er en forudsætning for CE-mærkning, at løsningen skal have en brugsanvisning, der er udført i overensstemmelse med maskindirektivet 1.7.4.2. og Dansk standard DS/EN ISO 20607.2019. Et uddrag af brugsanvisningen ses i Bilag 2.

### 3.4. Komponentnavngivning og PI-diagram i henhold til DS 81346-2 og 62424

I dette projekt er komponentnavngivning og dokumentation udarbejdet i overensstemmelse med de internationale standarder DS 81346-2 og DS 62424, som danner grundlaget for entydig strukturering og forståelse af automatiseringssystemer.

#### 3.4.1. DS 81346-2 – Navngivning efter tre parallelle aspekter

Standarden DS 81346-2 foreskriver, at komponenter bør identificeres ud fra tre samtidige aspekter:

+ Placering: Hvor komponenten fysisk er monteret (f.eks. =S1:Festo, = S2:DENSO)

= Funktion: Den funktionelle rolle komponenten spiller i processen

(f.eks. =F1: opvarmning, =F2: fyldning, =F3: transport)

- Produkt: Komponentens type og individuelle identitet (f.eks. motor, føler, ventil)

Dette gør det muligt at identificere komponenter entydigt, på tværs af både el-diagrammer, PI-diagrammer og PLC/HMI-programmering.

Eksempler fra projektet:

Komponent	Placering	Funktion	Produkt	Samlet navn
Pumpe til recirkulation	+S1	=F1	-MA1	+S1=F1-MA1
Varmelegeme	+S1	=F1	-EB4	+S1=F1-EB4
Transportbåndsmotor	+S2	=F3	-GL1	+S2=F3-GL1
RFID-læser	+S2	=F2	-BY1	+S2=F2-BY1

### 3.4.2.DS 62424 – Symbolik og grafisk repræsentation

Standarden DS 62424 har til formål at sikre entydig grafisk kommunikation mellem teknikere, ingeniører og operatører gennem strukturerede PI-diagrammer (Piping and Instrumentation Diagrams). Her anvendes standardiserede symboler og PCE-koder (Process Control Engineering) til at repræsentere komponenter og deres funktion.

Eksempel fra projektets PI-diagram:

På PI-diagrammet ses komponenten med identifikationen BG14.



Den funktionelle kode L henviser til en niveau-relateret funktion (Level), og tillægget SH angiver en "High Level Switch". Dette betyder, at komponenten overvåger væskenniveauet i tanken og aktiverer et signal, når niveauet overstiger en foruddefineret grænse. Signal sendes videre til PLC'en, hvor det indgår i styringen og evt. udløser alarmer eller stopfunktioner.

Flere komponenter og deres grafiske symboler er dokumenteret i Bilag 3, med reference til både 81346-navngivning og 62424-symbolik.

## 4.Systemdesign og programmering

Systemdesignet er modulært, hvor hver delkomponent håndterer en specifik funktion, men fungerer i tæt samspil som ét samlet automationssystem. PLC-, HMI- og kommunikationskonfigurationen udføres i Siemens TIA Portal, mens robotstyringen programmeres i WINCAPS.

## 4.1. Festo

### 4.1.1. Festo High Level Design

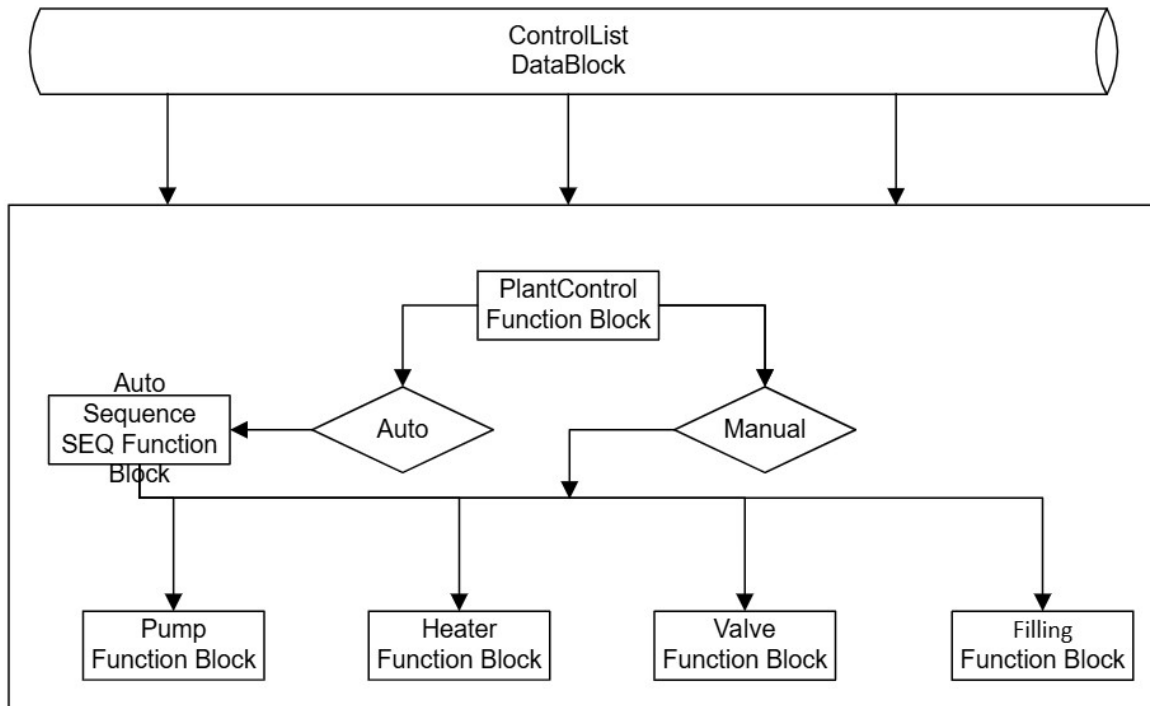
Systemet er opbygget efter principperne om struktureret og modulær automation, hvor hver komponent og procesfunktion er kapslet i egne funktionsblokke (FB) og datastrukturer. Dette giver et skalerbart og vedligeholdelsesvenligt system, der understøtter både automatiseret og manuel drift.

Kernen i styringen er PlantControl Function Block, som vurderer om anlægget er i Auto- eller Manuel-mode.

- I Auto-mode aktiveres sekvensstyring via en SEQ Function Block, som styrer procesrækkefølgen sammen med øvrige funktionsblokke.
- I Manual-mode får operatøren direkte adgang til at styre individuelle komponenter (pumpe, varmelegeme, ventil og påfyldning) via HMI.

Alle komponenter – Pump, Heater, Valve og Filling – er implementeret som funktionsblokke med egne kontrol- og statusstrukturer. Diagrammet illustrerer tydeligt denne opdeling og giver et overblik over den interne logik.





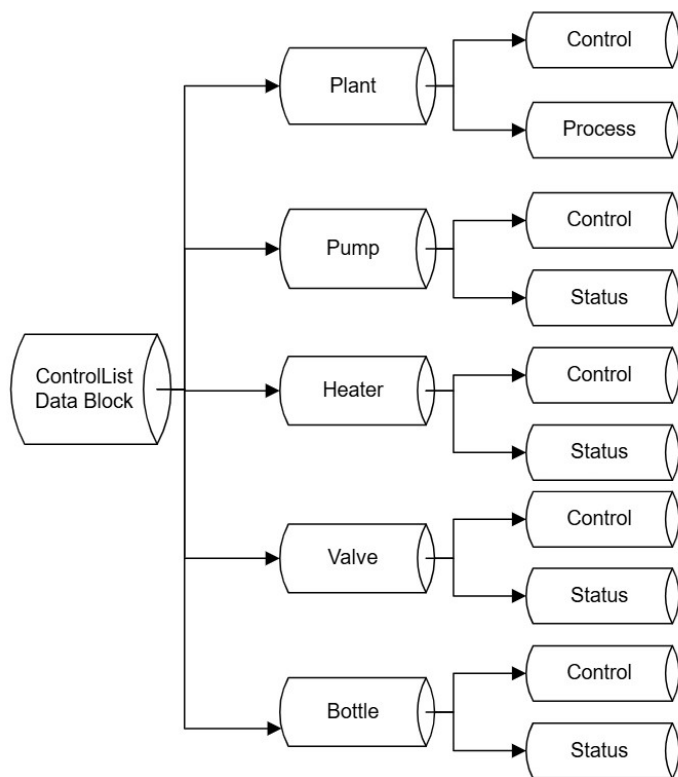
Alle funktionsblokke kobles op mod en fælles ControlList DataBlock, som indeholder instanser for både kontrol- og statusdata. Hver af de fire komponenter Pump, Heater, Valve og Filling modtager to dedikerede datastrukturer:

- Control: Her modtages kommandoer fra operatøren eller fra sekvensstyringen.
- Status: Her rapporterer komponenten sin aktuelle tilstand tilbage til systemet og HMI'en.

For Plant anvendes i stedet følgende strukturer:

- Control: Operatørens input (f.eks. AUTO, START, RESET)
- Process: systemets aktuelle styringssignaler

Denne ensartede struktur gør det muligt at genbruge programlogik på tværs af enheder og opretholde tydelig separation mellem styring og statusovervågning.



Type_Plant				
	Name	Data type	Default value	Ac
1	▼ Process	Struct		
2	OFF	Bool	false	
3	ON	Bool	false	
4	AUTO	Bool	false	
5	MANUAL	Bool	false	
6	STOP	Bool	false	
7	START_SQ	Bool	false	
8	STOP_SQ	Bool	false	
9	EMG_STOP	Bool	false	
10	RESET	Bool	false	
11	DISP1	Bool	false	
12	STOP_CYCLE	Bool	false	
13	DISP2	Bool	false	
14	DISP3	Bool	false	
15	DISP4	Bool	false	
16	DISP5	Bool	false	
17	DISP6	Bool	false	
18	CurrentMode	Int	0	
19	CurrentState	Int	0	
20	▼ Control	Struct		
21	OFF	Bool	false	
22	ON	Bool	false	
23	AUTO	Bool	false	
24	MANUAL	Bool	false	
25	STOP	Bool	false	
26	HOLD	Bool	false	
27	START_SQ	Bool	false	
28	EMG_STOP	Bool	false	
29	RESET	Bool	false	
30	RESET_5S	Bool	false	
31	WARNING	Bool	false	
32	ALARM	Bool	false	
33	READY	Bool	false	
34	DISP	Bool	false	
35	DISP1	Bool	false	
36	DISP2	Bool	false	

#### 4.1.2. Festo-anlæggets HMI Guide og parameteropsætning

For at støtte operatøren under opstart og opsætning af maskinen er der udviklet en interaktiv guide (wizard), der gør det muligt at konfigurere nødvendige parametre for centrale komponenter såsom pumpe, varmelegeme, ventil og påfyldning. Guiden er tilgængelig via en slide-in menu fra HMI'ens højre side. Designvalget om at placere guiden i en slide-in menu giver operatøren fleksibilitet og kontrol. Erfarne brugere kan

vælge at springe guiden over og gå direkte til den manuelle parameteropsætning. Nye brugere kan anvende guiden til at sikre, at opsætningen gennemføres korrekt.

#### 4.1.3.PlantControl-Blokken

PlantControl er en central funktionsblok, der koordinerer hele anlæggets driftstilstand og processtatus baseret på operatørens input. Blokken skelner klart mellem kontrolkommandoer (input fra HMI og knapper) og processtatus (aktuel styringsstatus) via en struktureret opdeling i:

- Control-struktur (ControlList.Plant.Control.\*) modtager kommandoer som AUTO, MANUAL, START, STOP, START\_SQ, EMG\_STOP, RESET, HOLD.
- Process-struktur (ControlList.Plant.Process.\*) kommunikerer systemets aktuelle status såsom AUTO, STOP\_CYCLE, EMG\_STOP og START\_SQ. Derudover indgår CurrentMode og CurrentState udtrykt som numeriske værdier.

## Aktivering af Auto-mode/Manuel-Mode

- Auto-mode kan kun aktiveres, når følgende betingelser er opfyldt:
  - Operatørens nøgle KEY står i Auto-position.
  - Alle relevante komponenter (pumpe, ventil, varmelegeme) er sat i Auto-tilstand.
  - Nødstop ikke aktiveret
  - STOP-status ikke aktiveret

Når disse betingelser er opfyldt, sættes Auto via en Set/Reset-latch og Plant.Process.AUTO bliver TRUE.

Manuel tilstand kan aktiveres ved:

- At KEY står i Manuel-position.
- At anlægget ikke er i Auto

Når dette er opfyldt, sættes Plant.Process.MANUAL = TRUE

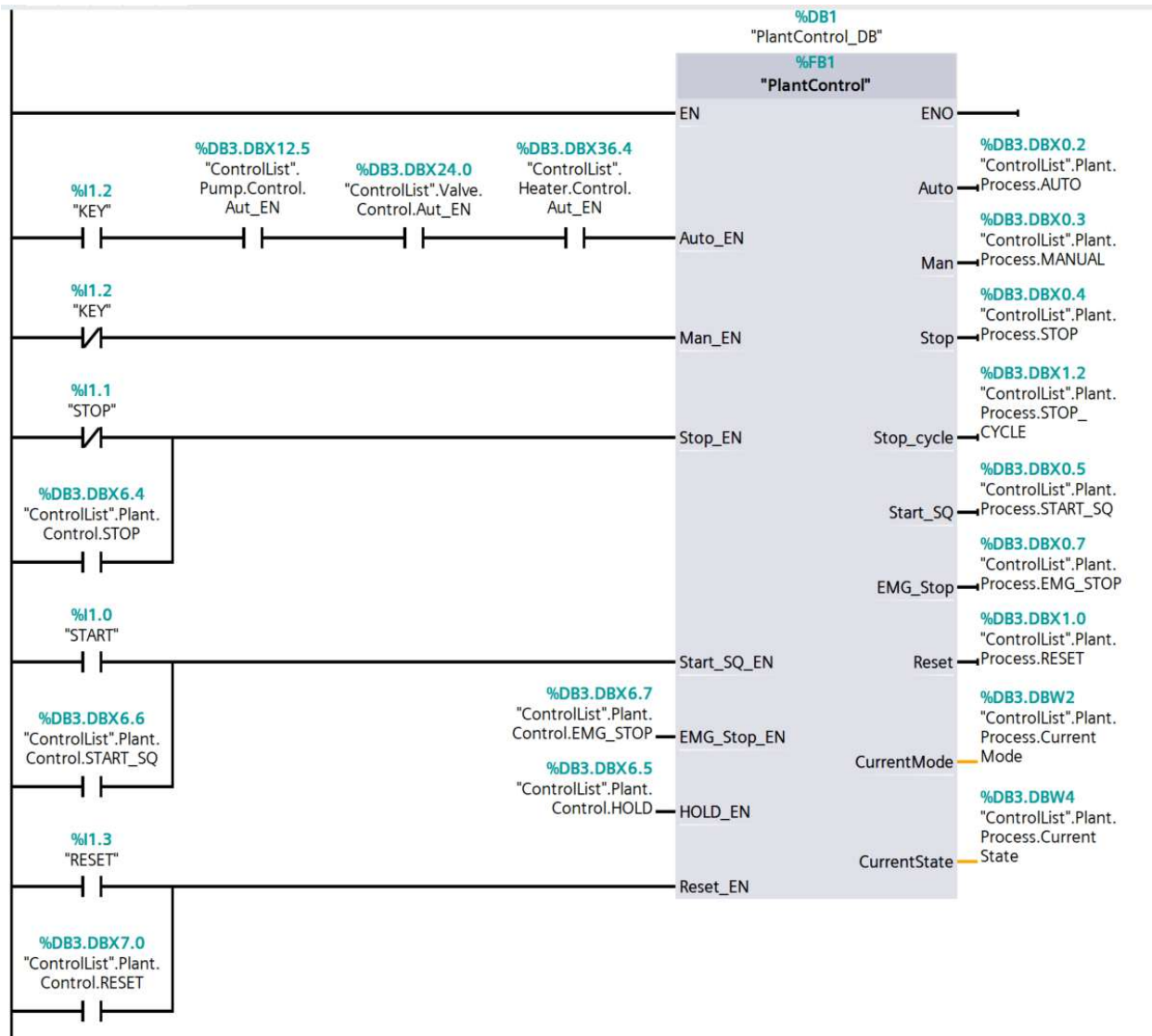
## Hold-funktion

HOLD/STOP\_CYCLE anvender også SR-latch-logik og fastholder produktionsstop på operatørens anmodning. Når STOP\_CYCLE er aktiv, sættes HMI-status Currentstate til f.eks. Paused.

## Status til HMI

CurrentMode: 0: Undefined; 1: AutoMode; 2: ManualMode

CurrentState: 0: Undefined; 1: Production; 2: Startup; 3: Paused; 4: Stopped;



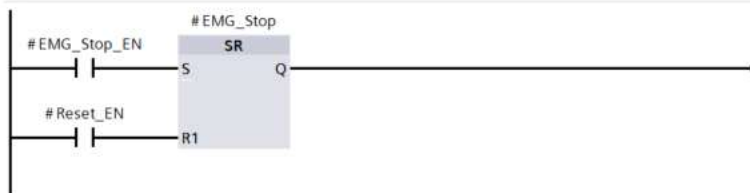
▼ **Network 1: Reset**

Comment



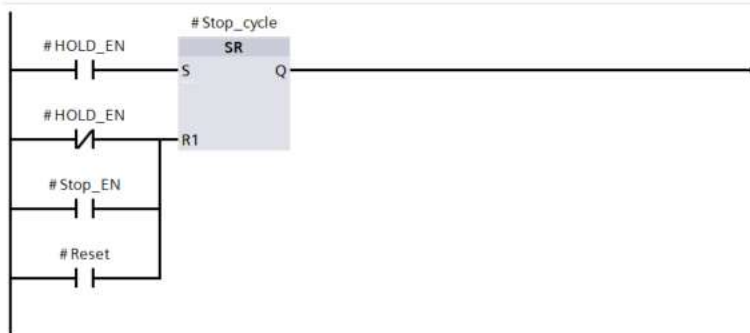
▼ **Network 2: Reset Emergence Stop**

Comment



▼ **Network 3: Hold/Unhold Set/Reset**

Comment



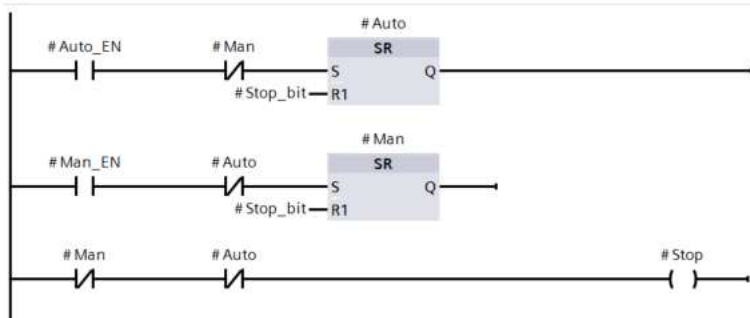
▼ **Network 4: Event that stop the auto mode**

Comment



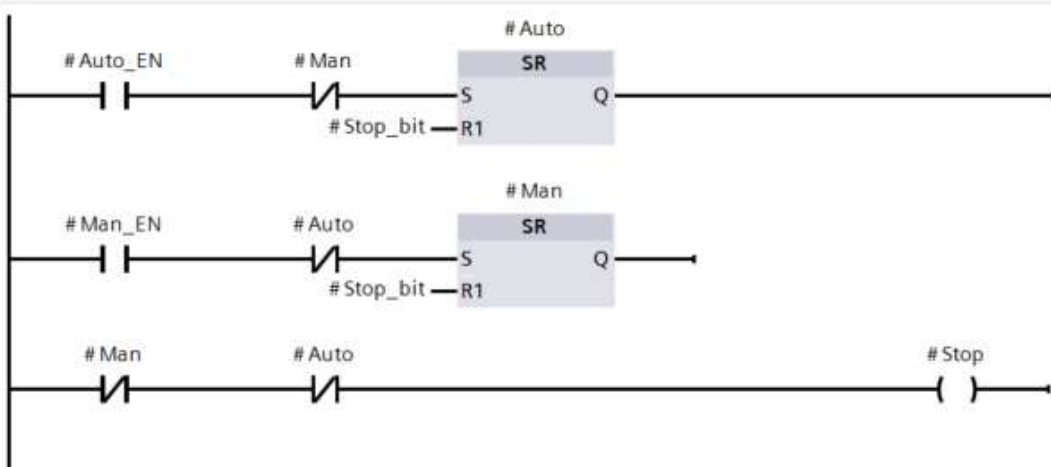
▼ **Network 5: Control auto/man or stop**

Comment



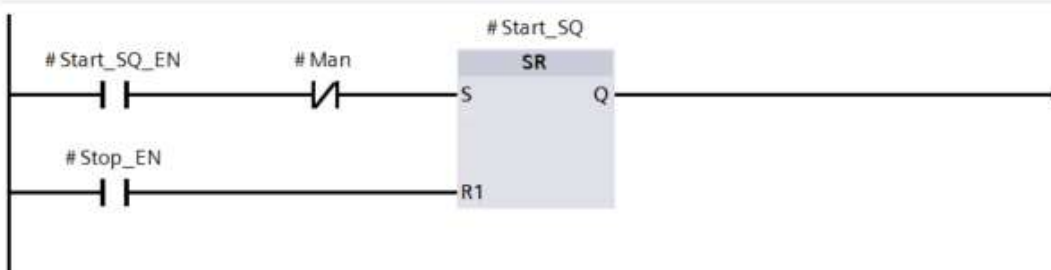
### Network 5: Control auto/man or stop

Comment



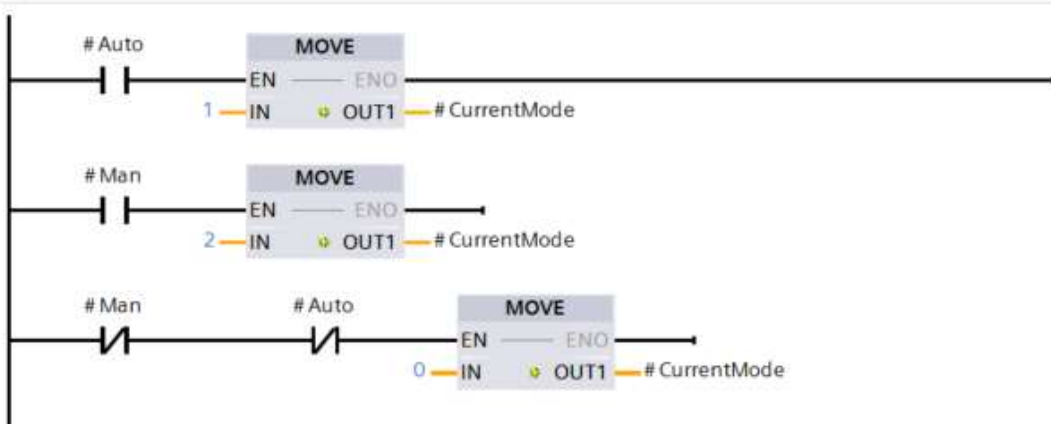
### Network 6: Start SQ Set/Reset

Comment

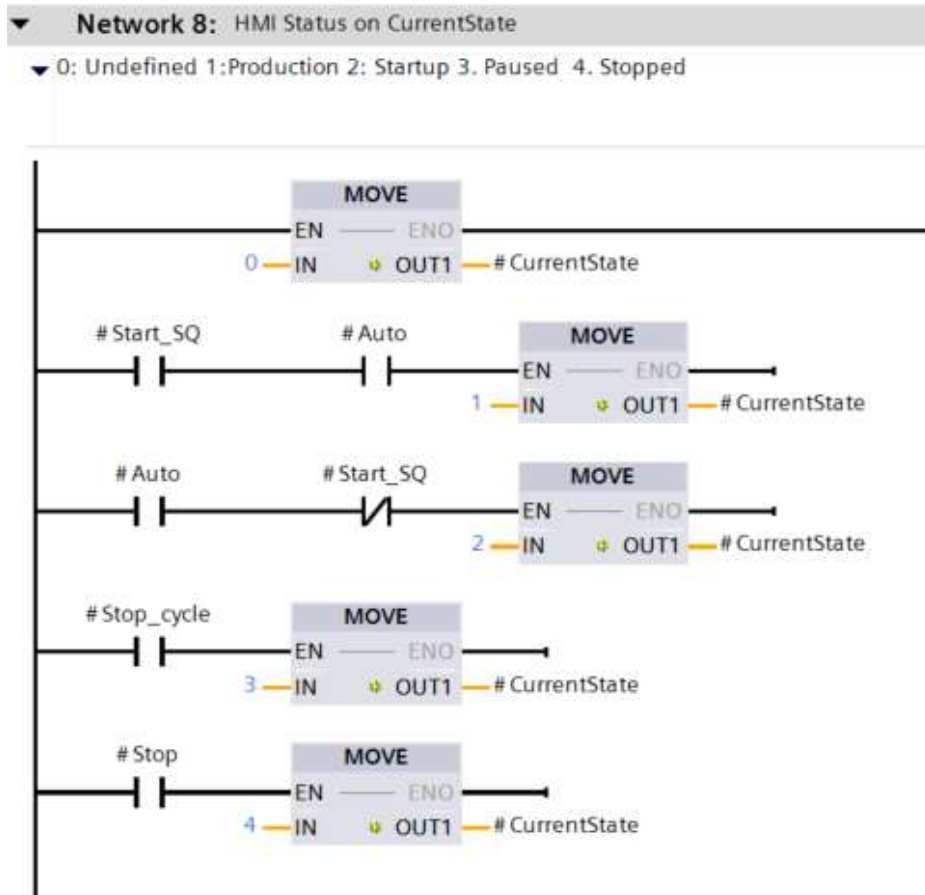


### Network 7: HMI Status on CurrentMode

0: Undefined, 1: AutoMode, 2: Manual Mode







#### 4.1.4. Auto Sequence-blok

##### 4.1.4.1. Procesbeskrivelse

Step 0: Start af cyklus

Når Start\_SQ aktiveres, begynder sekvensen automatisk fra Step 0.

Step 1: Bekræftelse af recirkuleringsventil

Operatøren guides via HMI Notification 1 til at sikre, at den manuelle ventil for recirkulation er korrekt positioneret. Først når dette er bekræftet, fortsætter sekvensen.

Step 2: Recirkulation aktiveres

Pumpen startes automatisk (Pump\_Auto\_Start\_1 = TRUE), forudsat at der er tilstrækkelig vand i procestanken B101 (lav-niveau føler BG13 er TRUE).

#### Step 3: Opvarmning og temperaturkontrol

Når recirkulation er i gang, aktiveres varmelegemet (Heater\_Auto\_Start = TRUE).

Processen fortsætter først, når temperaturen har nået setpunktet og har holdt dette i 10 sekunder.

#### Step 4: Bekræftelse af overføringsventil

HMI Notification 2 aktiveres og operatøren instrueres i at bekræfte, at manuelle ventiler er indstillet korrekt for overførsel fra B101 til B102.

#### Step 5: Overførsel til B102

Den næste pumpe (Pump\_Auto\_Start\_2) startes, og vandet overføres. Processen fortsætter, indtil B101 registrerer lavt niveau (BG13=FALSE).

#### Step 6: Bekræftelse af påfyldningsventil

Når tank B101 er tom, aktiveres HMI Notification 3, og operatøren bliver bedt om at åbne den manuelle ventil til flaskepåfyldning.

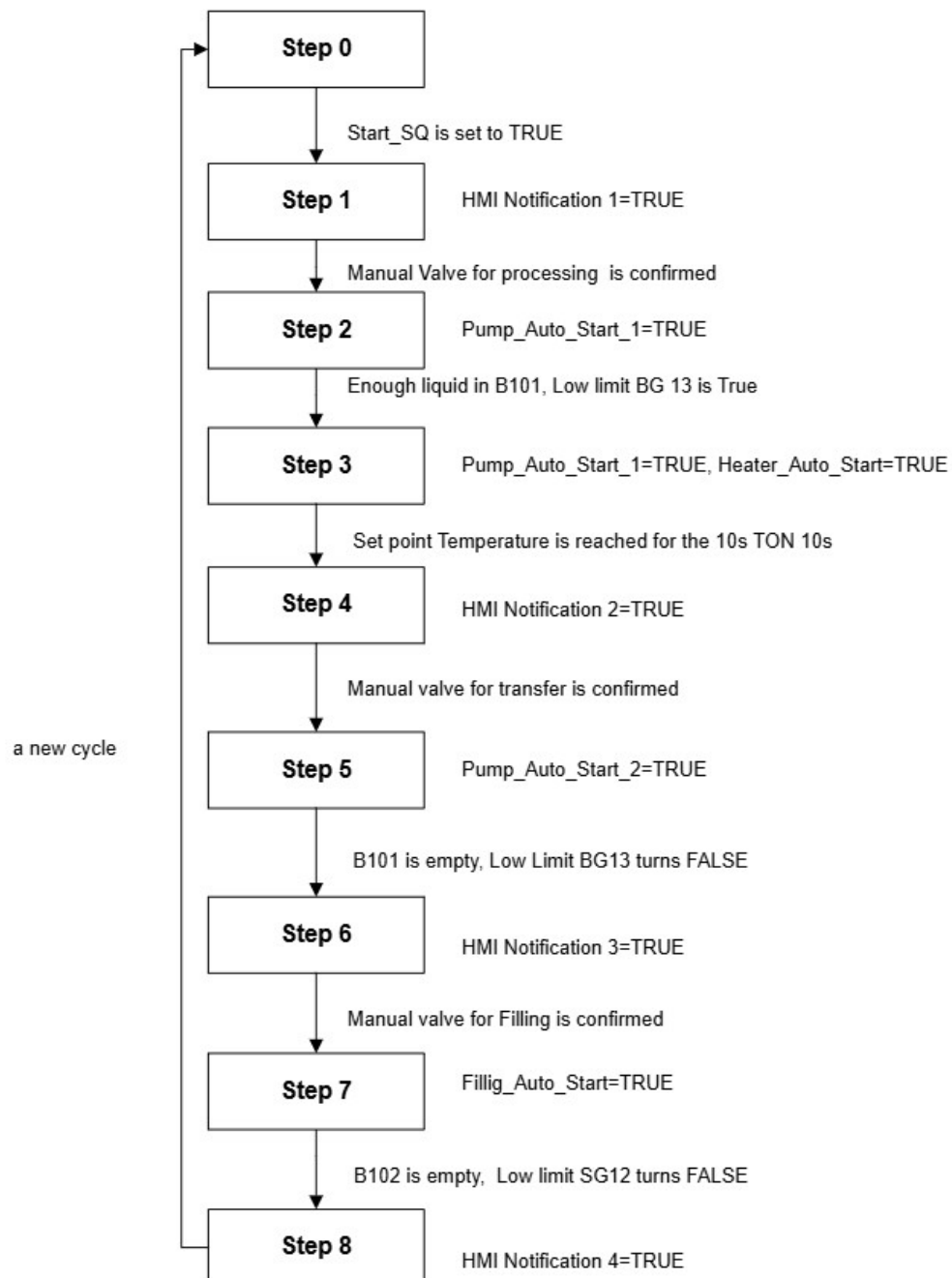
#### Step 7: Påfyldning af flasker

Når ventilen er bekræftet, aktiveres Filling\_Auto\_Start, og påfyldningsprocessen begynder automatisk. Processen fortsætter, indtil tank B102 er tom.

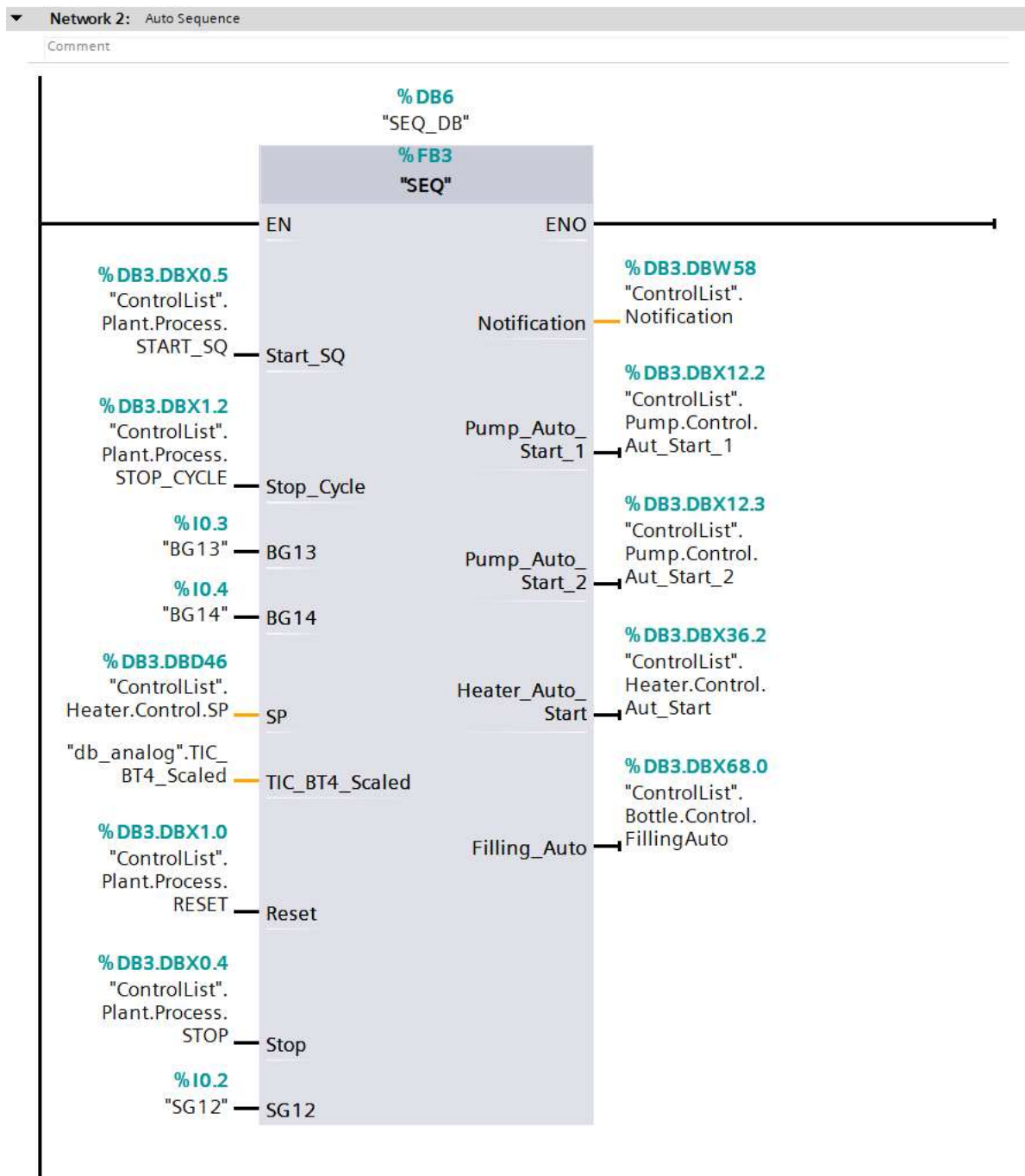
#### Step 8: Afslutning og ny cyklus

Når B102 er tom, aktiveres HMI Notification 4. Systemet går derefter tilbage til Step 0 og er klar til at starte en ny cyklus.

#### 4.1.4.2. Sekvensdiagram/GRAFCET jf. DS-60848

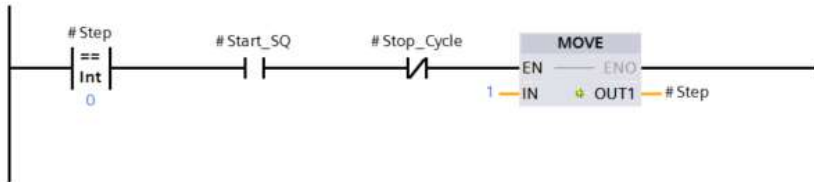


#### 4.1.4.3. PLC-kode



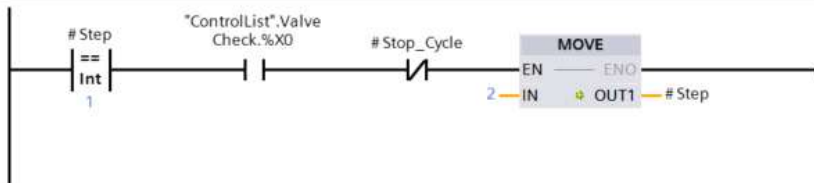
▼ **Network 1:** Step1: Start\_SQ is set to True

Output : HMI Notification 1 on manual valve



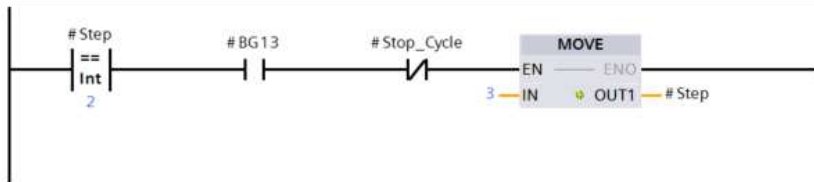
▼ **Network 2:** Step2: when the manual Valve 1 is confirmed

Output: Pump starts



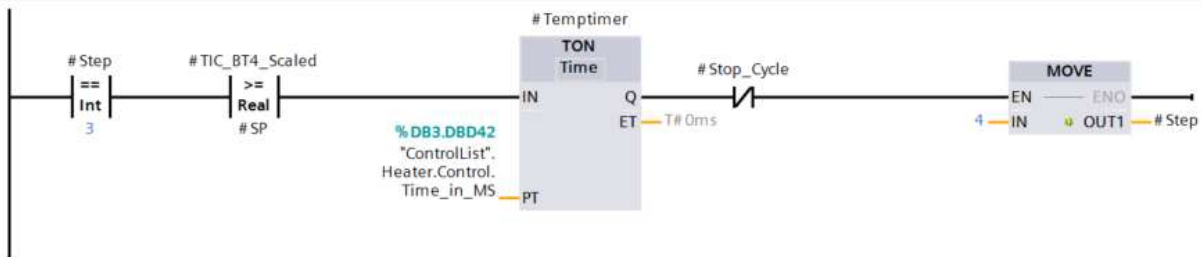
▼ **Network 3:** Step 3: when there is enough water in B101, Low limit is True

Output: Heater starts



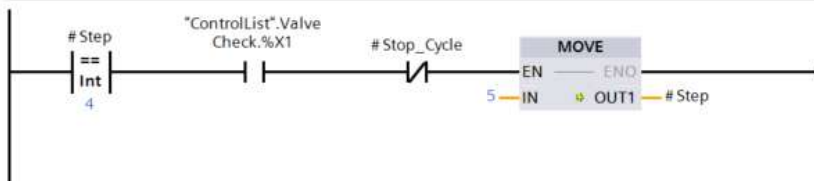
▼ **Network 4:** Step 4: when the temperature is reached for the defined time

Output: Pump and Heater stop, HMI Notification 2 (Processing Finished and prepare for manual valve for transfer)



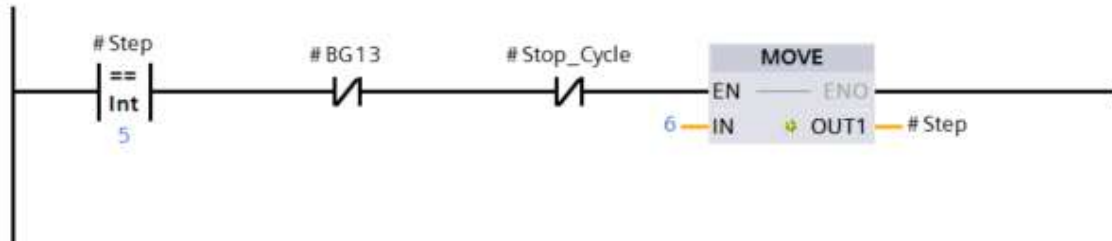
▼ **Network 5:** Step 5: when the manual valve for tranfer is confirmed

Output: Pump starts



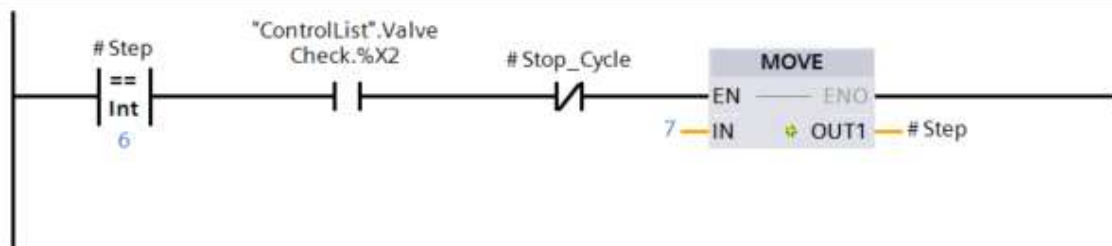
▼ **Network 6:** Step6: When B101 is empty, BG13 turns False

Output: Pump stops and HMI Notification 3 (Transfer Finished and prepare for manual valve forfilling)



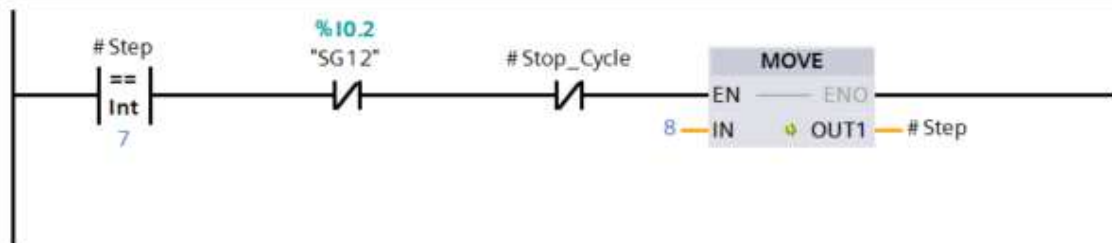
▼ **Network 7:** Step7 : when the manual valve for filling is confirmed

Output: Filling starts



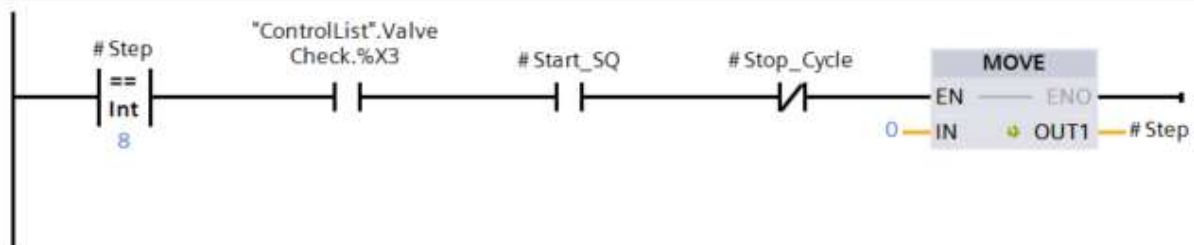
▼ **Network 8:** Step 8: When B102 is empty, SG12 turns False

Output: Filling stops and HMI Notification 3 (Filling Finished and prepare for a new cycle)



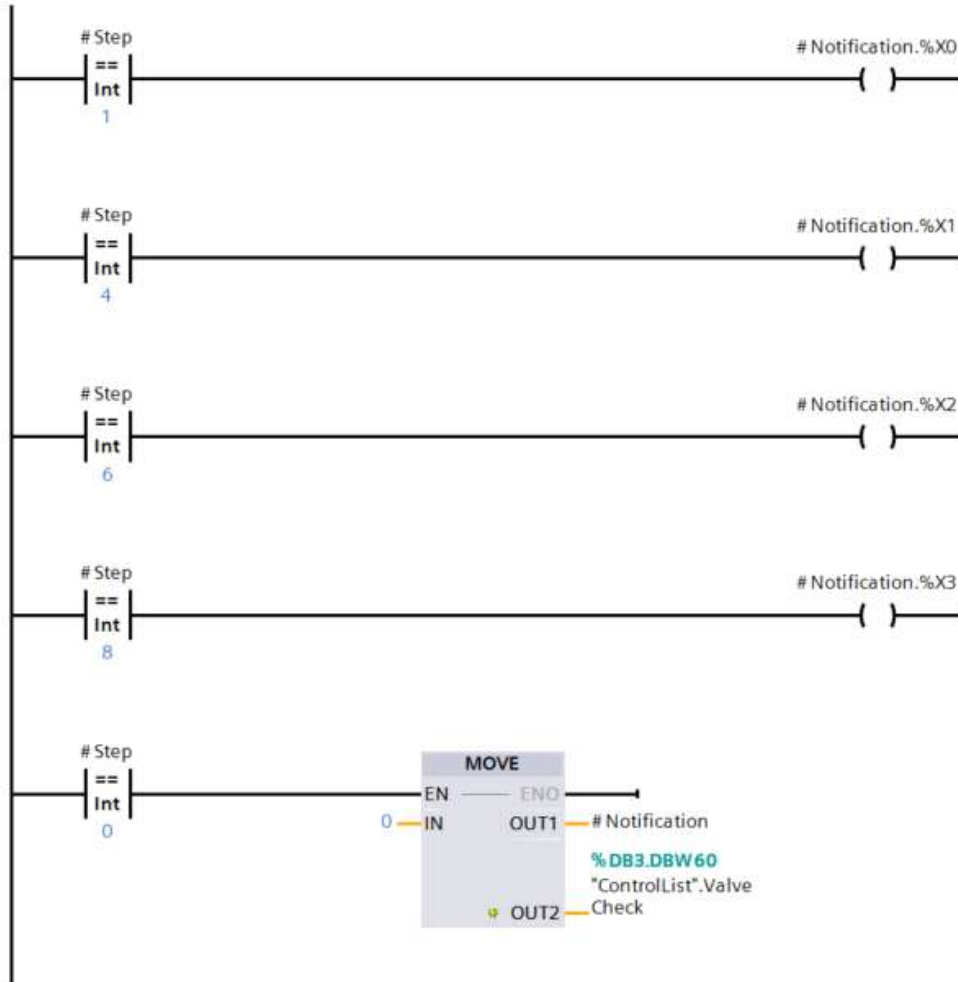
▼ **Network 9:** After the confirmation, a new cycle starts

Comment



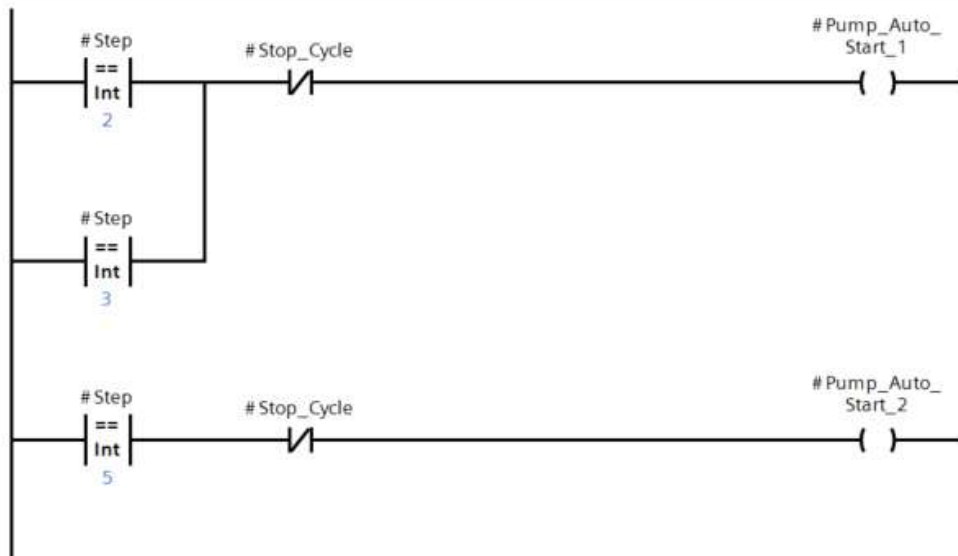
▼ **Network 10:** Output for Notification

Comment



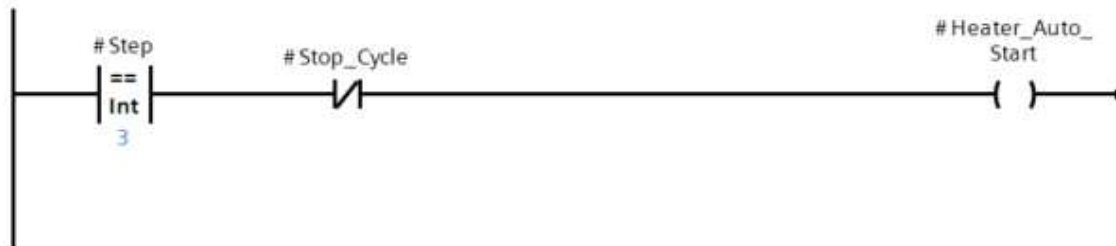
▼ **Network 11:** Output for Pump

Comment



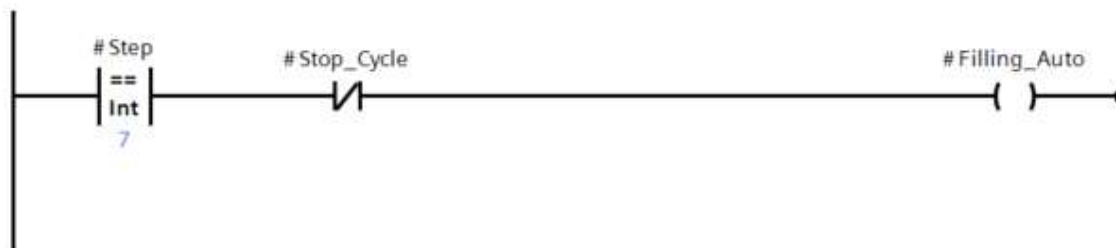
▼ **Network 12:** Output for Heater

Comment



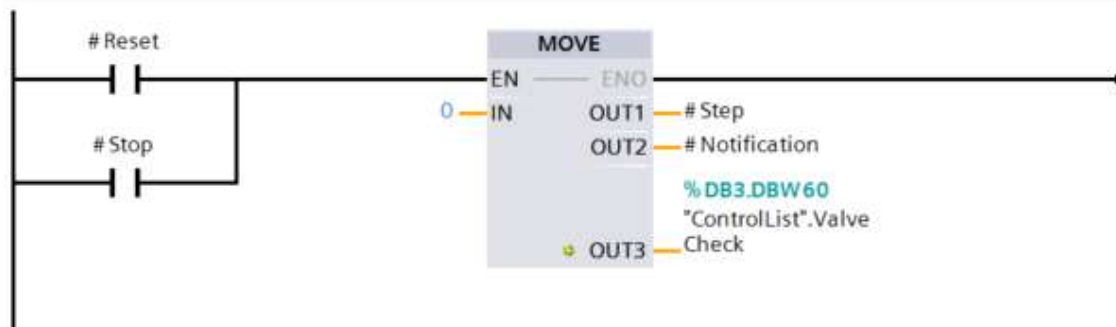
▼ **Network 13:** Output for Filling

Comment

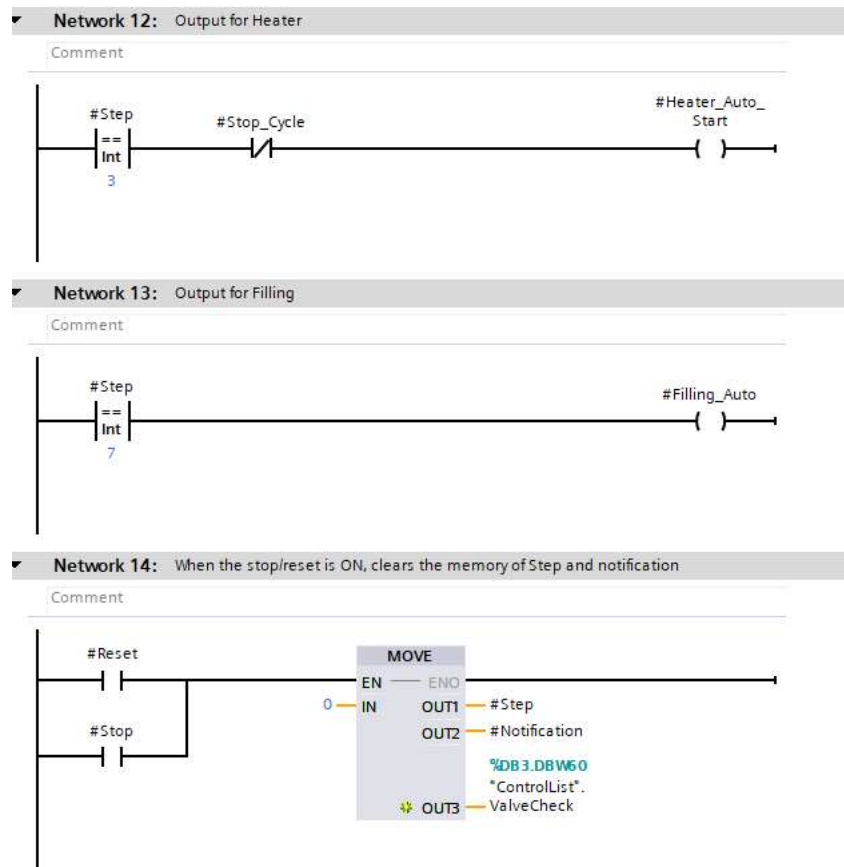


▼ **Network 14:** When the stop/reset is ON, clears the memory of Step and notification

Comment

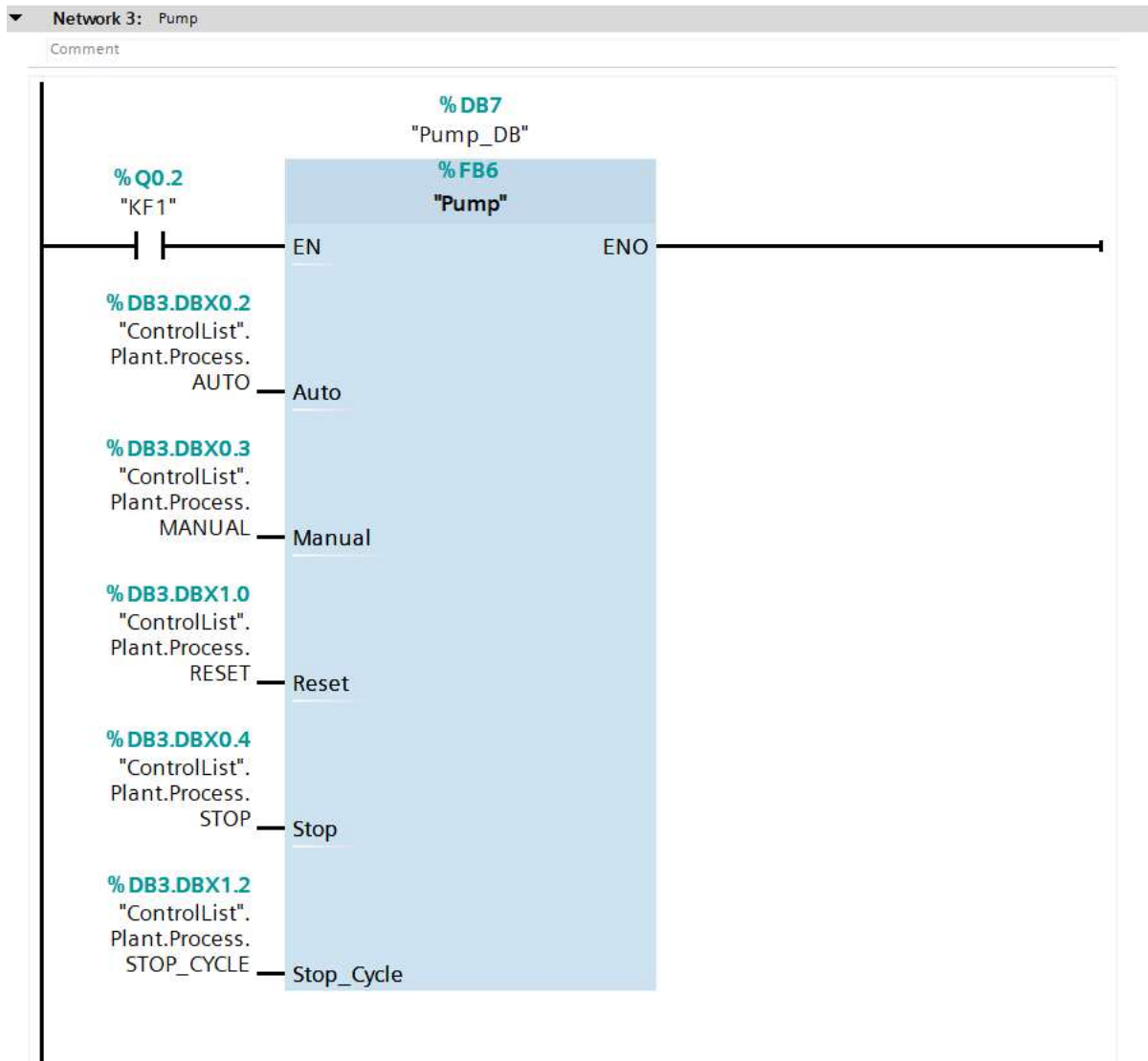






#### 4.1.5. Pumpe

Pumpens styring er realiseret med en struktureret og fleksibel funktionsblok, som muliggør både automatisk og manuel drift.



#### 4.1.5.1. Pumpe Set/Reset

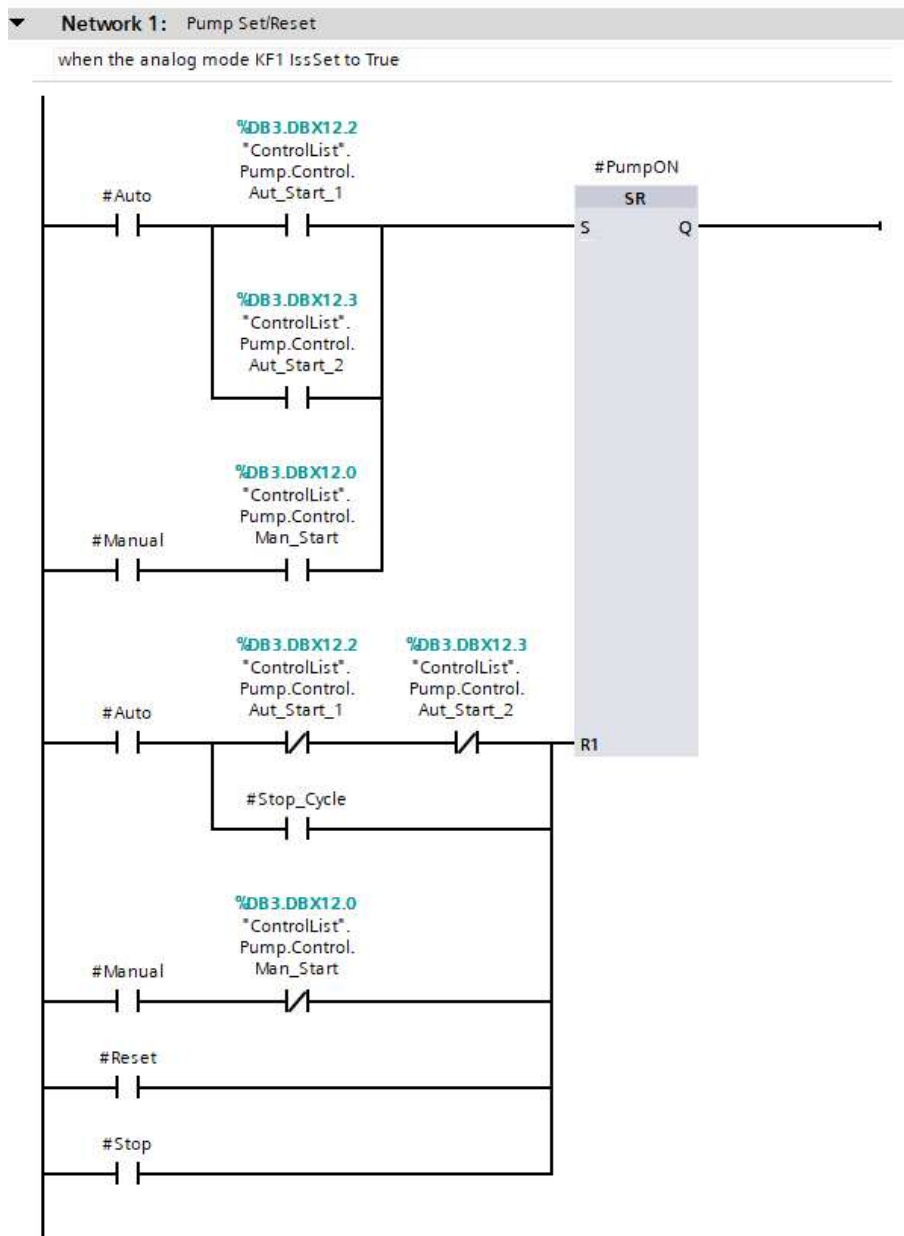
Pumpen aktiveres gennem en Set/Reset-latch (#PumpON), som kan sættes ud fra:

- Automatisk sekvens (f.eks. Aut\_Start\_1 og Aut\_Start\_2)
- Manuel kommando (Man\_Start)

Reset-siden af latchen aktiveres af følgende betingelser:

- Auto-sekvensbetingelser ikke længere opfyldt
- Manuel kommando (Manual = TRUE og Man\_Start= FALSE)
- Stop\_Cycle aktiveret

- Reset eller Stop-signal



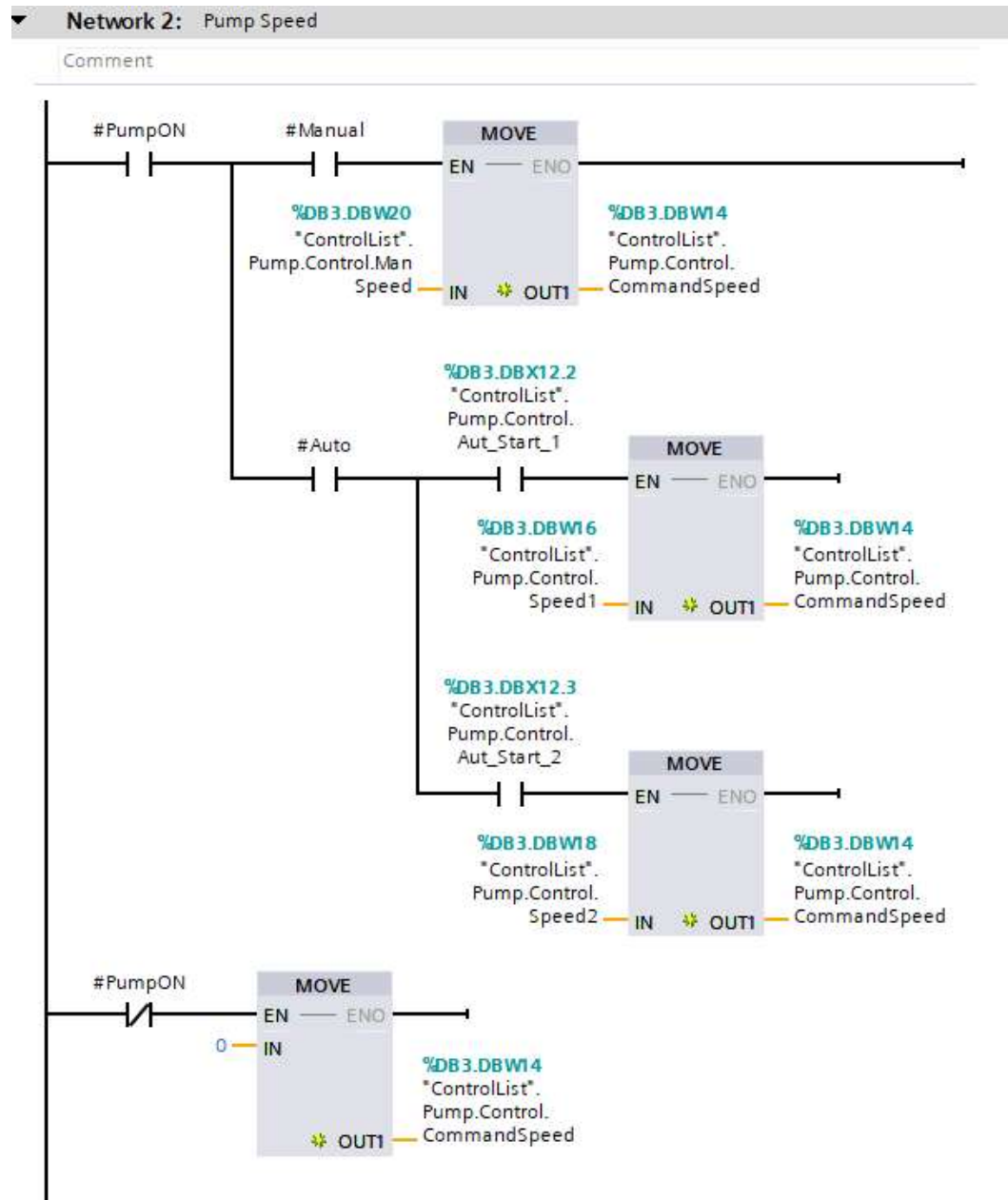
#### 4.1.5.2. Pumpehastighed (pump speed)

Når pumpen er aktiv (#PumpON), overføres den ønskede hastighed til CommandSpeed.

- Manuel mode: HMI-værdi (Man\_Speed) kopieres direkte til CommandSpeed

- Automode: Der vælges mellem Speed1 eller Speed2 afhængigt af om Aut\_Start\_1 eller Aut\_Start\_2 er aktiv

Hvis pumpen ikke er aktiv (NOT #PumpON), sættes CommandSpeed = 0.



#### 4.1.5.3. Analog outputstyring af pumpe via PLC (KF1=1)

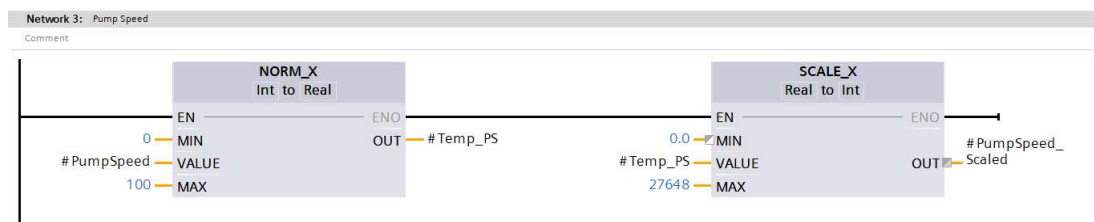
Pumpen i dette anlæg styres via analogt output, hvilket betyder, at pumpen kan reguleres kontinuerligt via elektrisk spænding, som sendes fra PLC til pumpens frekvensomformer. KF1 definerer styreformen:

- KF1 = 1: Pumpen er i analog mode – hastigheden bestemmes af en analog spændingsværdi (0–10 V)
- KF1 = 0: Pumpen opererer i digital mode, dvs. enten helt tændt eller helt slukket, baseret på et binært signal.

Når KF1 = 1, vil PLC sende en skaleret spænding baseret på operatørens input i procent (0–100%), som i programmet behandles via funktionerne NORM\_X og SCALE\_X. For eksempel konverteres en brugerindstilling på 70 % → til 7,0 V → der sendes ud via analogt output. Dette signal tolkes af frekvensomformeren som 70 % af maksimal hastighed. Dette gør det muligt at regulere pumpens output meget præcist – fx 70 % for recirkulation og 100 % ved overførsel mellem tanke.

Analog styring af pumpen giver en række væsentlige fordele sammenlignet med digital styring. Ved at regulere hastigheden kontinuerligt gennem en analog spænding fra PLC opnås en mere energieffektiv drift, da pumpen på ethvert tidspunkt kun arbejder med den nødvendige kapacitet i stedet for altid at arbejde med fuld effekt. En brugerdefineret procentværdi (0–100%) for pumpens ønskede hastighed skales:

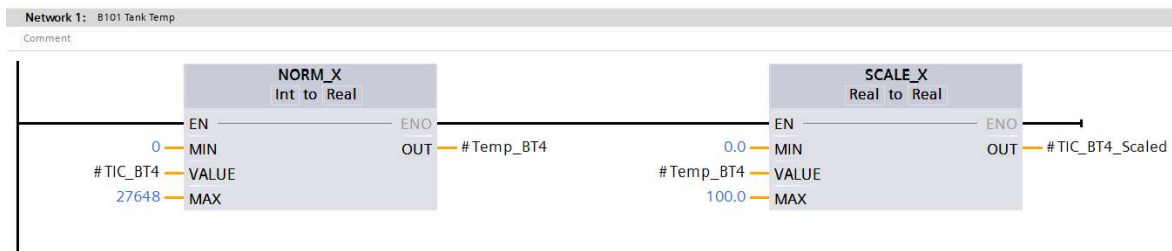
1. NORM\_X: Normaliserer procentværdi til 0.0–1.0 (Real)
2. SCALE\_X: Konverterer til et passende integer-output (0–27648), som matcher pumpens analoge udgang.



## 4.1.6. Varmelegeme med ON/OFF-regulering

### 4.1.6.1. Temperaturmåling via analogt input

Temperaturen i procestanken overvåges ved hjælp af en PT100 temperaturføler (-50, ..., +150 °C), som er udstyret med en integreret måleomformer, der konverterer målingen til et 0–10 V signal inden for området 0–100 °C. Føleren er tilsluttet PLC's analoge input-modul (AI), hvor spændingssignalet aflæses som en råværdi (typisk 0–27648). PLC omregner denne råværdi til °C. Eksempelvis: 0 V → 0 °C; 5 V → 50 °C; 10 V → 100 °C. Den omregnede værdi bruges som input til varmelegemets regulator, hvor den sammenlignes med setpunktet for at afgøre, hvorvidt varmelegemet skal aktiveres.



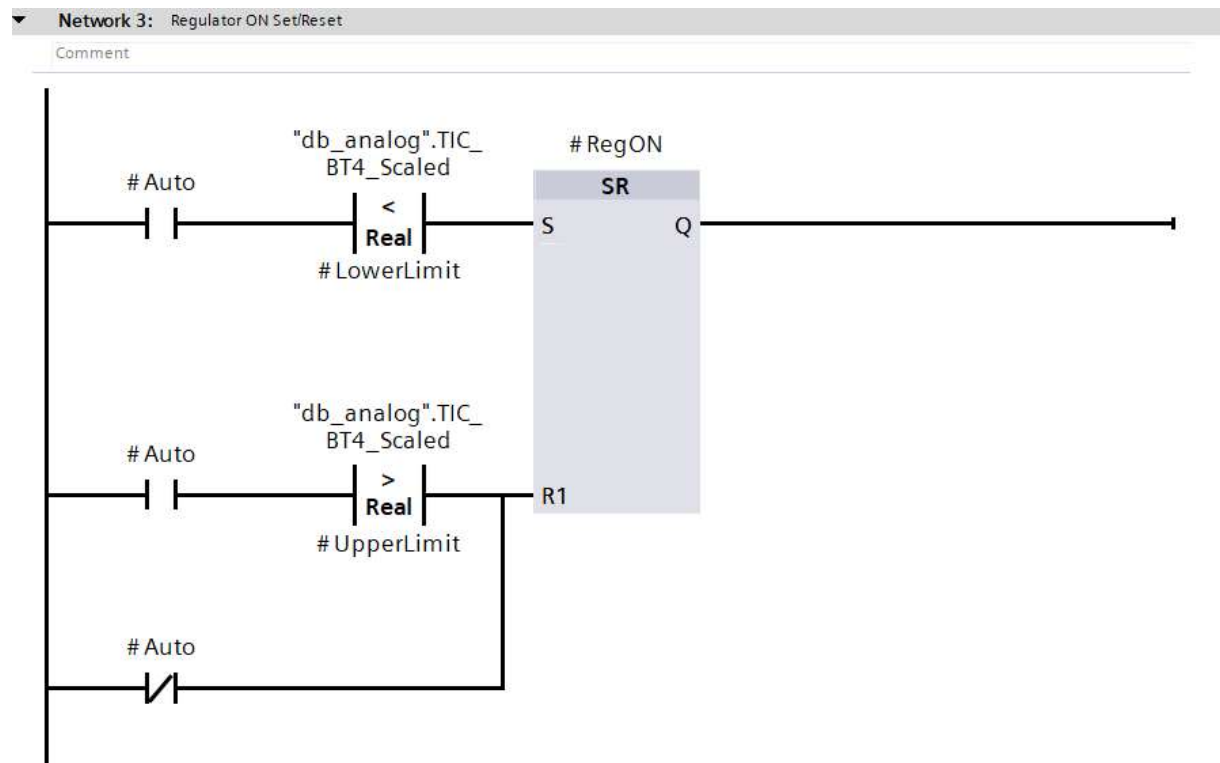
### 4.1.6.2. On/Off-regulering af varmelegemet

On/Off-regulering er en metode, hvor varmelegemet enten er tændt eller slukket afhængigt af, om temperaturen er under eller over et defineret setpunkt.

Temperaturværdien aflæses fra analogt input (BT4\_Scaled) og sammenlignes med grænserne. Hvis værdien er under den nedre grænse, aktiveres regulatoren (RegON). Hvis den overstiger øvre grænse, deaktiveres regulatoren. Denne form for regulering mindsker risiko for et fænomen der betegnes som cykling i grænseområdet. Dette fænomen indebærer, at varmelegemet konstant skifter tilstand omkring setpunktet, hvilket kan føre til unødvendigt slid, energitab og ustabil drift. I On/Off-regulering med hysteresis defineres øvre og nedre grænser. Hvis setpunktet eksempelvis er 30 °C indebærer hysteresis på ±1 °C, at varmelegemet først tændes ved 29 °C, og at det først slukkes igen ved 31 °C. Denne løsning forhindrer systemet i gentagne gange at aktivere

og deaktivere varmelegemet, når temperaturen svinger naturligt omkring setpunktet. Derved sikres, at væskemassen opvarmes og temperaturen fastholdes over tid uden cykling i grænseområdet.

Setpunktet (SP) og hysteresegrænserne (H+, H-) defineres fra HMI via datablokken Heater.Control. Øvre og nedre grænse beregnes internt i funktionsblokken med betegnelsen SP + H+ for den øvre grænse og betegnelsen SP – H- for den nedre grænse.



Ud over den normale varmebaserede regulering kan systemet udbygges med kølefunktion ("inverse"). Her aktiveres regulatoren når temperaturen overstiger den øvre grænse, og den deaktiveres, når temperaturen falder under den nedre grænse. Denne tilgang anvendes typisk i applikationer, hvor der er behov for at bringe temperaturen

ned til det ønskede setpunkt, for eksempel hvis tappeanlægget står i et land med et varmt klima.

- Øvre grænse =  $SP + H+$
- Nedre grænse =  $SP - H-$

Den aktuelle temperaturværdi læses fra en analog indgang (f.eks. # BT4\_Scaled) og evalueres løbende:

- Hvis temperaturen overstiger den øvre grænse, aktiveres kølingen
- Hvis temperaturen falder under den nedre grænse, deaktiveres kølingen

#### 4.1.6.4. Varmelegemet Set/Reset

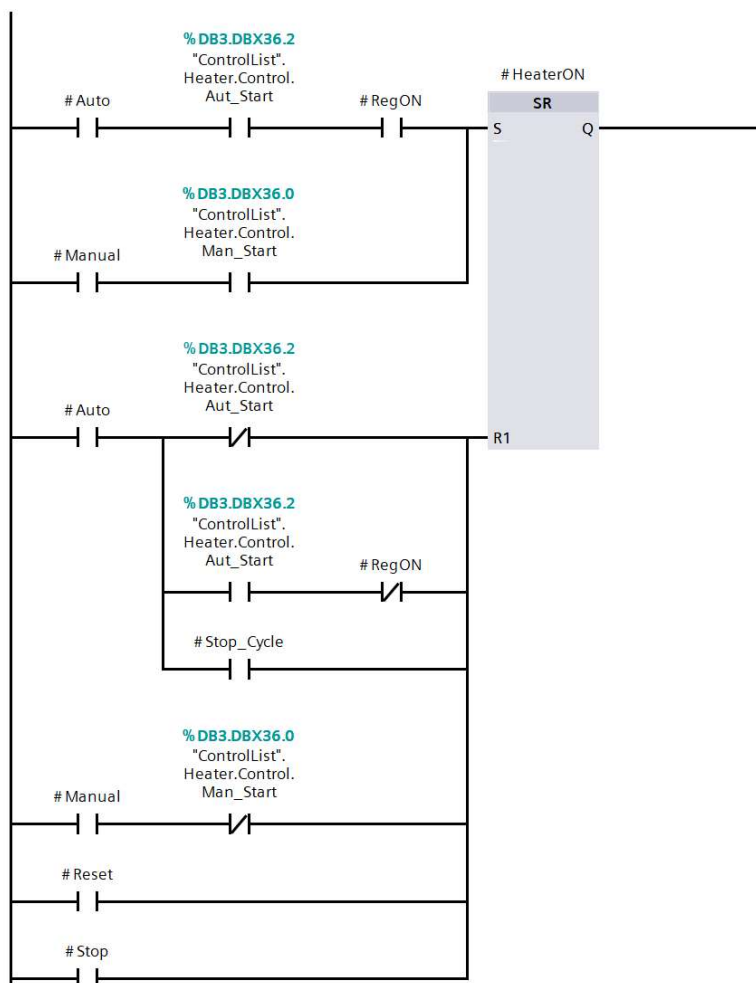
Varmelegemet tændes via en Set/Reset-latch (#HeaterON). Mode vælges ud fra logiske betingelser:

- Auto-mode, når Aut\_Start og RegON er TRUE
- Manuel mode, når Man\_Start aktiveres

Reset sker hvis:

- Stop\_Cycle, Stop eller Reset er aktiveret
- Aut\_Start deaktiveres eller RegON falder
- Manuel kommando (Manual = TRUE og Man\_Start= FALSE)



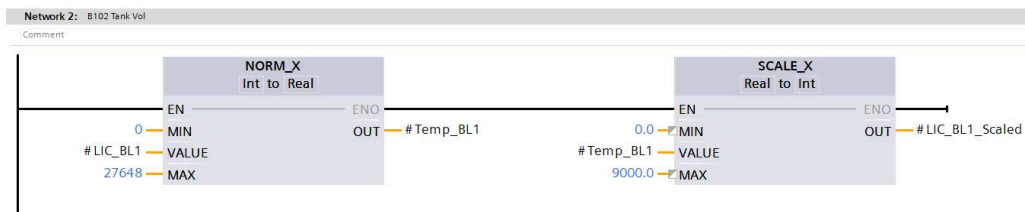


#### 4.1.7. Filling-funktion (påfyldning af flasker)

Filling-processen håndterer sekvensen fra påfyldning af flaske over besked til robotarmen om at flasken skal afhentes og til transport af flasken væk fra påfyldningsstationen via transportbåndet. Som nævnt ovenfor understøtter funktionen flere flasketyper (A og B), aflæsning via RFID samt volumenbaseret påfyldning og transport.

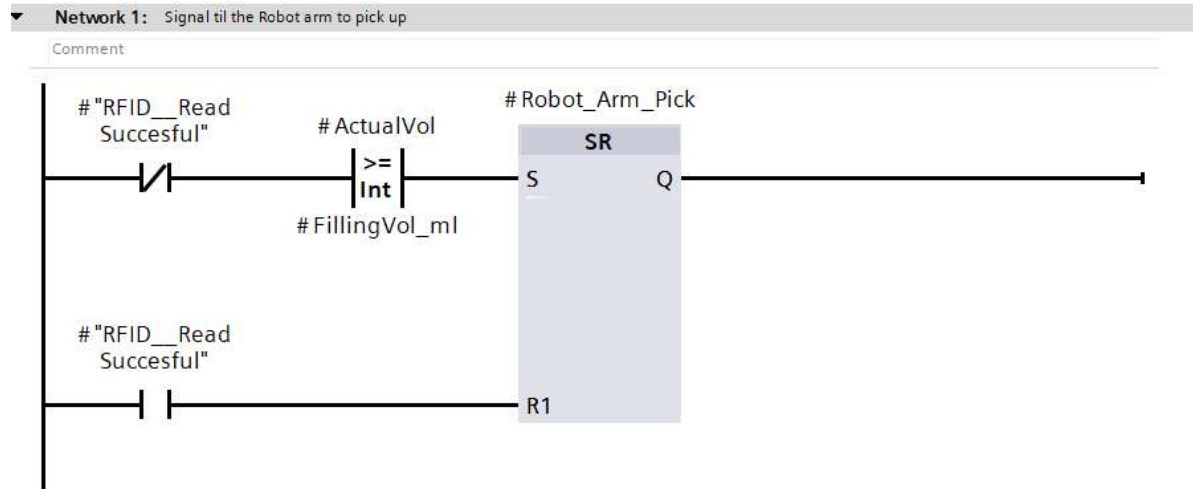
#### 4.1.7.1. Volumenmåling via analogt input

Volumen i flaskerne måles ved hjælp af en ultralydssensor, som er koblet til PLC's analoge input-modul. Ultralydssensoren måler afstanden til væskeoverfladen i flasken og konverterer denne til et elektrisk signal, i form af en spænding mellem 0–10 V. PLC modtager en rå analog værdi (0–27648) afhængigt af spændingen, som derefter omregnes til et volumen i milliliter (ml). Eksempelvis: 0 V → 0 ml; 10 V → 9000 ml; 5 V → 4500 ml. Den skalerede volumen anvendes i fyldelogikken til løbende at beregne hvor meget væske der er fyldt og om det ønskede volumen er opnået.



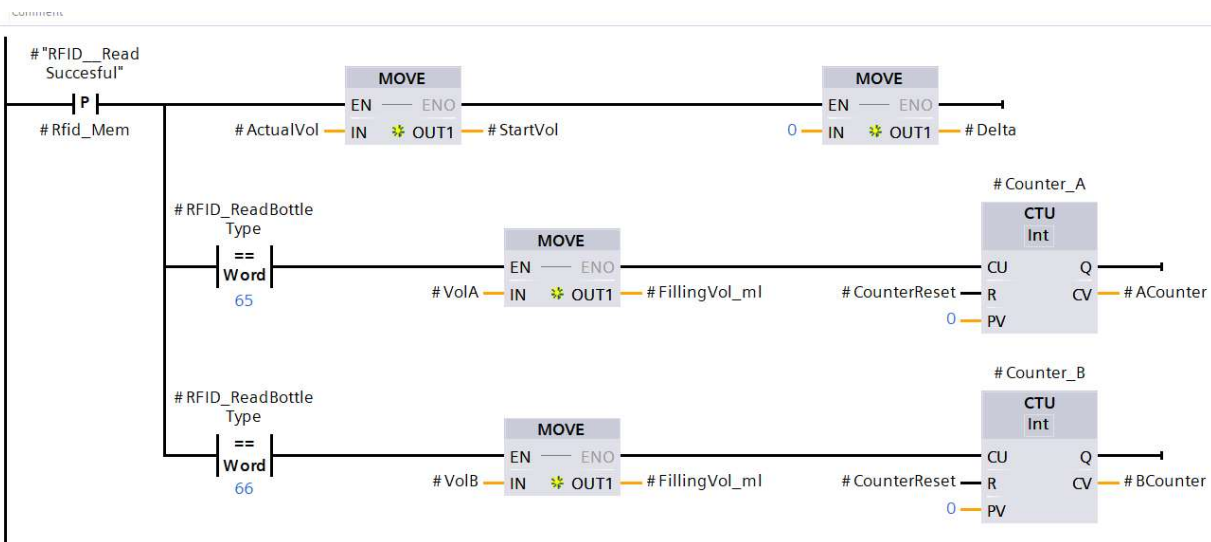
#### 4.1.7.2. Signal til robotarmen

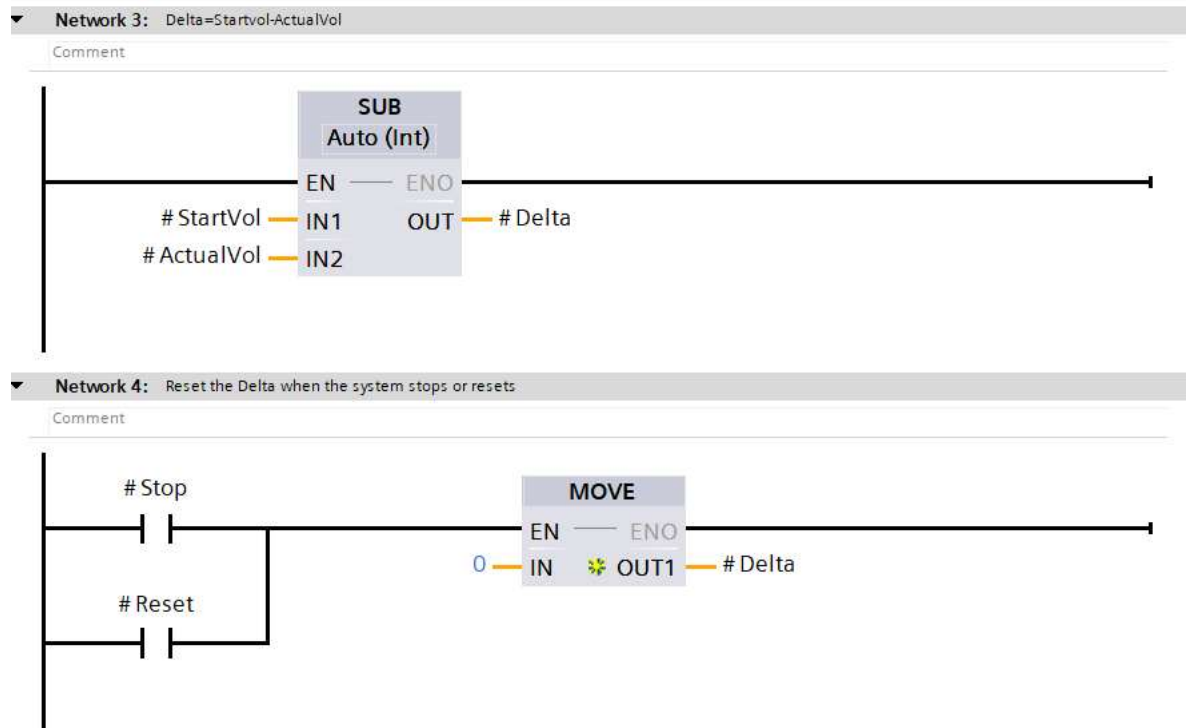
I dette skoleprojekt er der ikke anvendt en fysisk flaskesensor som i industrielle anlæg. I stedet anvendes RFID-læsning som en indikator for, at flasken er korrekt placeret ved fyldestationen. Når flasken er fjernet fra fyldestationen, vil RFID-læseren ikke længere kunne læse – signalet #RFID\_Read\_Succesful bliver dermed FALSE. Dette bruges som et tegn på, at flaskepositionen er tom og klar til afhentning. Samtidig sammenlignes den aktuelle volumen i flasken (#ActualVol) med det ønskede fyldemængde (#FillingVol\_ml). Signalet nulstilles automatisk, når en ny flaske bliver placeret og RFID-læseren igen registrerer #RFID\_Read\_Succesful = TRUE.



#### 4.1.7.3. RFID-identifikation og volumenvalg

Ved Positive Edge på # RFID\_Read\_Succesful trigges aflæsningen af flasken som type A (kode 65) eller type B (kode 66), hvorefter det ønskede fyldningsvolumen kopieres til #FillingVol\_ml og flasken påfyldes. Samtidig tælles antallet af A- og B-flasker separat vha. CTU-tællere (#ACounter og #BCounter).



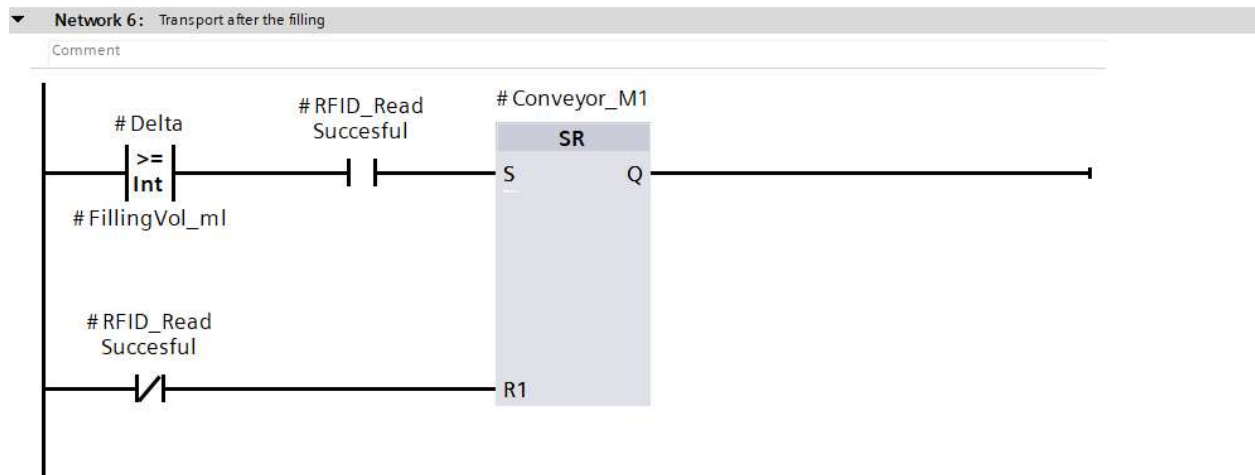


#### 4.1.7.4. Påfyldningsstart og -stop

Selve påfyldningen aktiveres, når flasken er til stede (#RFID\_\_Read\_Succesful = TRUE), og forskellen mellem den aktuelle volumen og startvolumen (#Delta) er mindre end den ønskede påfyldningsmængde (#FillingVol\_ml). En Set/Reset-latch (#Filling) benyttes til at aktivere MB2-ventilen, som åbner og starter påfyldningen. Volumen overvåges kontinuerligt under processen. Når forskellen mellem den aktuelle volumen (#ActualVol) og startvolumen overstiger den definerede grænse (#FillingVol\_ml), resettes latchen automatisk, og påfyldningen stoppes.

#### 4.1.7.5. Transport af flaske efter påfyldning

Når fyldningen er afsluttet, og flasken stadig er på plads, aktiveres #Transportbånd\_M1 via en Set/Reset-latch. Båndet transporterer flasken væk fra fyldepositionen. #RFID\_Read\_succesful benyttes igen til at sikre, at flasken fysisk fjernes før en ny proces startes.



#### 4.1.8. Ventilstyring ved MB2 solenoid-ventil med pneumatisk drev

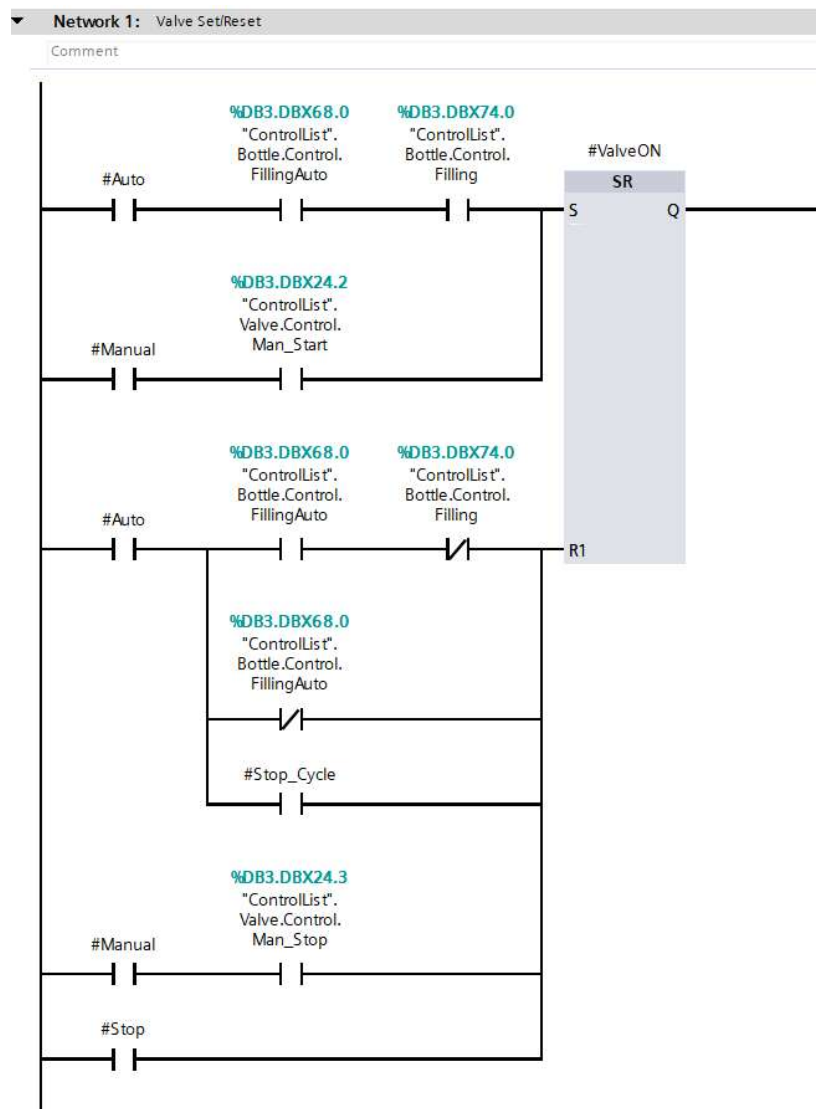
*Virkemåde*

Denne aktuator er en dobbeltvirkende pneumatisk cylinder styret via en 5/2-vejs ventil. Den åbnes og lukkes via en elektrisk styret magnetventil af typen solenoid 24 VDC, som aktiverer en tryklufsaftuator. Når ventilen aktiveres, strømmer trykluft ind i den ene ende af cylinderen og skubber stemplet udad. Når ventilen deaktiveres, ledes luften ud, og en fjeder trækker stemplet tilbage i udgangsposition. 5/2-vejs betyder at 5 tilslutninger (Trykluftindgang, To udgange der leder luft til cylinderens to kamre, og To udstødninger hvor luften forlader systemet) og 2 positioner. Ventilstyringen realiseres med en Set/Reset latch, hvor ValveON aktiveres ved enten:

- Auto Mode FillingAuto AND Filling = TRUE
- Manuel kommando (Man\_Start)

Reset sker ved:

- Stop\_Cycle
- Automatisk mode (FillingAuto= TRUE og Filling= FALSE)
- Manuel Man\_Stop
- Reset-signal
- Stop-signal



#### 4.1.9. Afbigelsesanalyse

Under påfyldning blev det observeret, at der ofte blev dispenseret 270–290 ml væske i stedet for det forventede 250 ml. Dette skyldes, at selvom sensoren registrerer det korrekte indhold i flasken, så opstår der en fysisk forsinkelse, før den pneumatisk drevne solenoid-ventil (MB2) lukker for flowet. Denne forsinkelse varierer afhængigt af hvilken Festo-stand, der benyttes. I dette skoleprojekt anvendes komponenter, der typisk har lidt længere reaktionstid end industrielle højpræcisionssystemer. Disse

højpræcisionssystemer omfatter løsninger såsom højhastighedsventiler med kortere responstid, elektrisk fremfor pneumatisk aktuator eller flowkontrol baseret på feedback fra en vejecelle. Dermed sikres nøjagtig mængderegulering. Selv et simpelt fyldesystem kræver således nøje afstemning mellem sensor, aktuator og styring. Komponentvalget har direkte indflydelse på procestolerancer og nøjagtighed.

## 4.2. DENSO-robot og WINCAPS-programmering

### 4.2.1. High-Level programstruktur og systemdesign

Robotprogrammet er opbygget omkring en central Main()-procedure, som kontinuerligt overvåger og reagerer på digitale inputsignaler fra PLC. Operatøren kan via HMI-panelet vælge, om robotten skal udføre depalletering eller palletering, hvorefter Main() kalder enten funktionsblokken DePalletizing\_Main eller Palletizing\_Main.

- IO555: Aktiverer De-Palletizing-tilstand, hvor flasker hentes fra palle og placeres ved fyldestationen
- IO554: Aktiverer Palletizing-tilstand, hvor fyldte flasker afhentes og placeres på palle

Når IO553 = 1 (f.eks. via Exit Command via HMI eller nødstop), kaldes ExitRoutine(), hvor robotten afbryder sin bevægelse, returnerer til home-position og frigiver robotarmen (GiveArm) hvilket afslutter processen.

```
Sub Main()
    TakeArm Keep = 0

    ' --- Initial Position Check ---
    IF dist(CurPos, Home) > 100 THEN
        Move P, home
    End If

    ' --- Main Execution Loop ---
    While IO553 = 0      ' IO553: Exit command

        ' Mode selection based on digital input
        If IO555 = 1 Then      ' IO555: De-Palletizing mode
            PrintDbg "Running De-Palletizing"
            Call DePalletizing_Main
        ElseIf IO554 = 1 Then      ' IO554: Palletizing mode
            PrintDbg "Running Palletizing"
            Call Palletizing_Main
        Else
            PrintDbg "No valid mode selected. Waiting..."
        End If

    Wend

    ' --- Exit when IO553 is triggered ---
    PrintDbg "Exit triggered. Executing ExitRoutine."
    Call ExitRoutine
End Sub
```

## 4.2.2. Makrodefinitioner (#Define)

Makroerne er inddelt i tre hovedgrupper:

### 4.2.2.1. Fælles parametre

Disse makroer definerer det generelle layout for pallen, uanset hvilken sekvens (depalletering eller palletering), der kører.

### 4.2.2.2. Makroer for depalleteringsekvensen

Makroerne med prefix DPLT\_ bruges udelukkende i DePalletizing\_Main() og refererer til pallethjørnepunkter, positionsberegning, tællere og drop-off position.

### 4.2.2.3. Makroer for palleteringssekvensen

Makroerne med prefix PPLT\_ anvendes kun i Palletizing\_Main() og styrer, hvor den enkelte flaske placeres i pallen.

Endelig rummer koden også PLCs IO-signaler.



#### Palletizing\_Main

```

001 '!TITLE "Main Task Dispatcher"
002 ' --- Shared pallet layout ---
003 #Define PLT_ROWS 2          ' Number of rows in the pallet grid
004 #Define PLT_COLS 2          ' Number of columns in the pallet grid
005 #Define PLT_HEIGHT 20       ' Height difference between layers (mm)
006 #Define PLT_APPR_LEN 50     ' Distance used for robot approach movements (mm)
007 #Define PLT_DEP_LEN 50      ' Distance used for robot depart movements (mm)
008 #Define PLT_LAYER 2         ' Total number of pallet layers
009 #Define HOME P10            ' Predefined HOME position of the robot (safe resting point)
010
011 ' --- DePalletizing Variables ---
012 #Define DPLT_P1 71          ' Corner point 1 of DePalletizing pallet (front-left)
013 #Define DPLT_P2 72          ' Corner point 2 of DePalletizing pallet (front-right)
014 #Define DPLT_P3 73          ' Corner point 3 of DePalletizing pallet (rear-left)
015 #Define DPLT_P4 74          ' Corner point 4 of DePalletizing pallet (rear-right)
016 #Define DPLT_POS 51          ' Calculated position for picking bottle
017 #Define DPLT_DROPOFF 75     ' Fixed drop-off position near filling machine
018 #Define DPLT_COUNTER 30      ' Bottle counter for current layer (1 to ROWS*COLS)
019 #Define DPLT_LAYER_COUNTER 31 ' Layer counter (top-down, from 2 to 1)
020
021 ' --- Palletizing Variables ---
022 #Define PPLT_P1 81          ' Corner point 1 of Palletizing pallet (front-left)
023 #Define PPLT_P2 82          ' Corner point 2 of Palletizing pallet (front-right)
024 #Define PPLT_P3 83          ' Corner point 3 of Palletizing pallet (rear-left)
025 #Define PPLT_P4 84          ' Corner point 4 of Palletizing pallet (rear-right)
026 #Define PPLT_POS 52          ' Calculated target position to place bottle on pallet
027 #Define PPLT_PICKUP 85      ' Fixed position to pick bottle before placing on pallet
028 #Define PPLT_COUNTER 32      ' Bottle counter for current pallet layer
029 #Define PPLT_LAYER_COUNTER 33 ' Layer counter for alternating between bottle types (1 = A, 2 = B)
030
031 ' --- Digital IO Description (used throughout logic) ---
032 ' IO552: Pick command from PLC - triggers robot to begin pick sequence
033 ' IO553: Exit Command - Exit
034 ' IO554: Mode select - Palletizing mode active
035 ' IO555: Mode select - DePalletizing mode active
036 ' IO556: Signal that A-type bottle is ready for palletizing
037 ' IO557: Signal that B-type bottle is ready for palletizing
038 ' IO558: Confirmation signal from drop-off area (e.g., sensor sees bottle placed)
039 ' IO64: Gripper open control (1 = open)
040 ' IO65: Gripper close control (1 = close)

```

### 4.2.3. Depalleteringsprogram (2x2x2, top-down)

Sekvensen er opbygget i følgende trin:

#### 1. Beregning af palleposition

Flaskens position på pallen beregnes dynamisk med funktionen Pallet.CalcPos().

Layoutet er defineret som et 2x2x2 grid (top-down).

#### 2. Afhentning af flaske (Pick)

Når robotten har fået tilladelse fra PLC ( $IO552 = 1$ ), bevæger den sig mod den beregnede palleposition. Flasken afhentes ved hjælp af vakuumaktivering ( $IO64 = 1$ ,  $IO65 = 0$ ).

### 3. Placering ved fyldeposition (Place)

Flasken flyttes til en fast defineret drop-off-position ( $DPLT\_DROPOFF$ ). Her deaktiveres vakuummet ( $IO64 = 0$ ,  $IO65 = 1$ ), og robotten venter på bekræftelse via en sensor eller et inputsignal ( $IO558 = 1$ ), som indikerer, at flasken er placeret korrekt.

### 4. Debug og tælling

Efter placering udskrives en debug-besked med oplysninger om lag og flaske-ID ( $PrintDbg$ ). Tællerne  $DPLT\_COUNTER$  og  $DPLT\_LAYER\_COUNTER$  opdateres automatisk, så robotten holder styr på den næste position i pallen.

### 5. Sekvensafslutning og genstart

Når alle flasker i det aktuelle lag er afhentet (f.eks. 4 flasker ved  $2 \times 2$  layout), nulstilles  $DPLT\_COUNTER$ , og  $DPLT\_LAYER\_COUNTER$  reduceres med én. Når alle lag er tømt, nulstilles begge tællere, og processen starter forfra.

```

086 Sub DePalletizing_Main()
087   TakeArm Keep = 0
088
089   ' Calculate the next pallet picking position
090   F[DPLT_POS] = Pallet.CalcPos(PLT_ROWS, PLT_COLS, PLT_HEIGHT, F[DPLT_P1], F[DPLT_P2], F[DPLT_P3], F[DPLT_P4], I[DPLT_COUNTER], I[DPLT_LAYER_COUNTER])
091
092   ' Wait until PLC signals robot to begin pick
093   ' --- Wait for Pick Command Inline ---
094   PrintDbg "Waiting for pick command from PLC (IO553)..."
095   Wait IO552 = 1 ' IO552: Pick command from PLC
096   PrintDbg "Pick command received. Continuing sequence."
097
098   ' Move to the calculated pick position
099   Approach F, F[DPLT_POS], @0 PLT_APR_LEN, S = 100
100   Move L, F[DPLT_POS], S = 20
101
102   ' Pick operation: close gripper to grab item
103   Set IO64 = 1
104   Set IO65 = 0
105   Delay 500
106
107   ' Move back from pick position
108   Depart L, PLT_DEP_LEN, S = 20
109
110   ' Move to drop-off location
111   Approach F, F[DPLT_DROPOFF], PLT_APR_LEN, S = 100
112   Move L, @0 F[DPLT_DROPOFF], S = 20
113
114   ' Release the bottle
115   Wait IO558 = 1 ' IO558: Confirm bottle is placed
116   Set IO64 = 0
117   Set IO65 = 1
118   Delay 500
119   Depart L, PLT_DEP_LEN, S = 20
120
121   ' Log status
122   PrintDbg "Layer: " & I[DPLT_LAYER_COUNTER] & ", Bottle: " & I[DPLT_COUNTER] & " place complete"
123
124   ' Update pick counters
125   I[DPLT_COUNTER] = I[DPLT_COUNTER] + 1
126   If I[DPLT_COUNTER] > PLT_ROWS * PLT_COLS Then
127     I[DPLT_COUNTER] = 1
128     I[DPLT_LAYER_COUNTER] = I[DPLT_LAYER_COUNTER] - 1
129
130     If I[DPLT_LAYER_COUNTER] < 1 Then
131       PrintDbg "De-palletizing complete. Restarting from top layer."
132       I[DPLT_LAYER_COUNTER] = PLT_LAYER
133     End If
134   End If
135 End Sub

```

117	Running De-Palletizing
118	Waiting for pick command from PLC (IO553)...
119	Pick command received. Continuing sequence.
120	Layer: 1, Bottle: 1 place complete
121	Running De-Palletizing
122	Waiting for pick command from PLC (IO553)...
123	Pick command received. Continuing sequence.
124	Layer: 1, Bottle: 2 place complete
125	Running De-Palletizing
126	Waiting for pick command from PLC (IO553)...
127	Pick command received. Continuing sequence.
128	Layer: 1, Bottle: 3 place complete
129	Running De-Palletizing
130	Waiting for pick command from PLC (IO553)...
131	Pick command received. Continuing sequence.
132	Layer: 1, Bottle: 4 place complete
133	De-palletizing complete. Restarting from top layer.
134	Running De-Palletizing
135	Waiting for pick command from PLC (IO553)...
136	Pick command received. Continuing sequence.
137	Layer: 2, Bottle: 1 place complete
138	Running De-Palletizing
139	Waiting for pick command from PLC (IO553)...
140	Pick command received. Continuing sequence.
141	Layer: 2, Bottle: 2 place complete
142	Running De-Palletizing

#### 4.2.4. Palleteringsprogram (2×2×2, bottom-up, fra rundt rotationsbånd – først 4×A, derefter 4×B)

Denne sekvens håndterer placeringen af fyldte flasker på en palle og adskiller lagene efter flasketyperne A og B.

Sekvensen er opbygget i følgende trin:

##### 1. Pickup ved rotationsbåndet

Robotten bevæger sig til en fast defineret afhentningsposition (PPLT\_PICKUP). Her venter den på signal fra en digital sensor afhængig af, hvilket lag der aktuelt pakkes.

Ved lag 1 (type A) afventes  $IO556 = 1$ . Ved lag 2 (type B) afventes  $IO557 = 1$ . Når korrekt flasketype er detekteret, aktiveres vakuumsystemet ( $IO64 = 0$ ,  $IO65 = 1$ ) og flasken løftes fra båndet.

## 2. Beregning af palleposition

Placeringen på pallen beregnes dynamisk ved hjælp af funktionen `Pallet.CalcPos()`, som tager hensyn til rækker, kolonner og lag. Layoutet er defineret som et  $2 \times 2 \times 2$  gitter.

## 3. Flaskens placering på pallen

Robotten nærmer sig den beregnede position og placerer flasken ved at deaktivere vakuum ( $IO64 = 1$ ,  $IO65 = 0$ ). Derefter trækkes robotarmen tilbage til HOME-position.

## 4. Debug og tællere

Efter hver succesfuld placering udskrives en debug-meddelelse med information om det aktuelle lag og flaskeposition. Samtidig opdateres tællerne `PPLT_COUNTER` og `PPLT_LAYER_COUNTER`.

## 5. Lagskift og ny palle

Når alle fire positioner i et lag er fyldt, skifter robotten til næste lag. Når begge lag er fyldt, er robotten klar til en ny cyklus.

```

7 Sub Palletizing_Main()
8     TakeArm Keep = 0
9
10     ' Move to bottle pickup position
11     Approach F, F[PPLT_PICKUP], PLT_APR_LEN, S = 100
12     Move L, @0 F[PPLT_PICKUP], S = 20
13     PrintDbg "Arrived at pickup position."
14
15     ' Wait for correct bottle type signal
16     If I[PPLT_LAYER_COUNTER] = 1 Then
17         Wait IO556 = 1 ' Wait for A-type bottle ready
18         PrintDbg "Bottle type A detected. Picking..."
19     Else
20         Wait IO557 = 1 ' Wait for B-type bottle ready
21         PrintDbg "Bottle type B detected. Picking..."
22     End If
23
24     ' Pick the bottle
25     Set IO64 = 1
26     Set IO65 = 0
27     Delay 1000
28     Depart L, PLT_DEP_LEN, S = 20
29     PrintDbg "Bottle picked successfully."
30
31     ' Calculate next pallet position
32     F[PPLT_POS] = Pallet.CalcPos(PLT_ROWS, PLT_COLS, PLT_HEIGHT, F[PPLT_P1], F[PPLT_P2], F[PPLT_P3], F[PPLT_P4], I[PPLT_COUNTER], I[PPLT_LAYER_COUNTER])
33
34     ' Move to pallet position
35     Approach F, F[PPLT_POS], PLT_APR_LEN, S = 100
36     Move L, @0 F[PPLT_POS], S = 20
37     PrintDbg "Arrived at pallet position."
38
39     ' Place bottle
40     Set IO64 = 0
41     Set IO65 = 1
42     Delay 1000
43     Depart L, PLT_DEP_LEN, S = 20
44     PrintDbg "Bottle placed successfully."
45
46     ' Log placement
47     PrintDbg "Palletizing - Layer " & I[PPLT_LAYER_COUNTER] & ", Bottle " & I[PPLT_COUNTER] & " placed."
48
49     ' Update counters and switch layer if needed
50     I[PPLT_COUNTER] = I[PPLT_COUNTER] + 1
51     If I[PPLT_COUNTER] > (PLT_ROWS * PLT_COLS) Then
52         I[PPLT_COUNTER] = 1
53         If I[PPLT_LAYER_COUNTER] = 1 Then
54             I[PPLT_LAYER_COUNTER] = 2
55             PrintDbg "Finished placing A-type bottles. Switching to B layer."
56         Else
57             I[PPLT_LAYER_COUNTER] = 1
58             PrintDbg "Finished placing all bottles (A+B). Starting new pallet."
59         End If
60     End If
61 End Sub

```



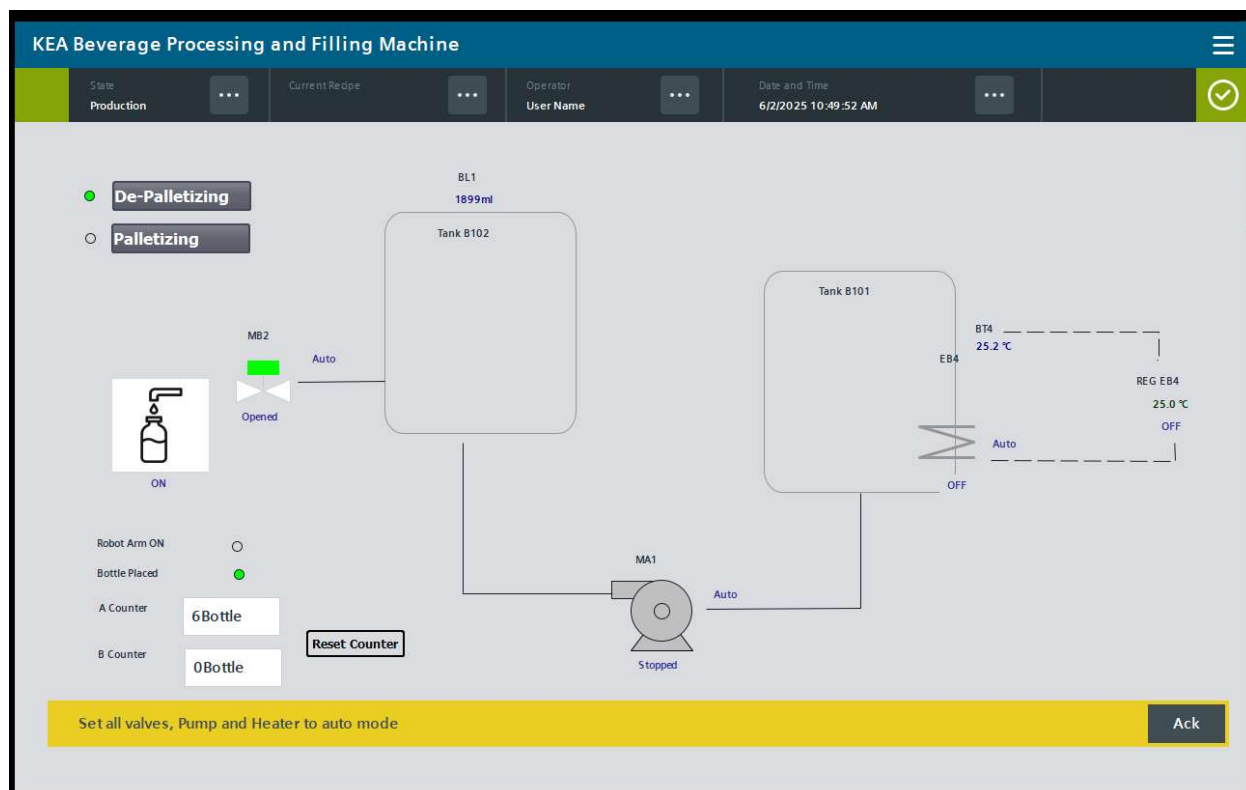
Output Message	
No.	Output Message
77	Arrived at pallet position.
78	Bottle placed successfully.
79	Palletizing - Layer 2, Bottle 1 placed.
80	Running Palletizing
81	Arrived at pickup position.
82	Bottle type B detected. Picking...
83	Bottle picked successfully.
84	Arrived at pallet position.
85	Bottle placed successfully.
86	Palletizing - Layer 2, Bottle 2 placed.
87	Running Palletizing
88	Arrived at pickup position.
89	Bottle type B detected. Picking...
90	Bottle picked successfully.
91	Arrived at pallet position.
92	Bottle placed successfully.
93	Palletizing - Layer 2, Bottle 3 placed.
94	Running Palletizing
95	Arrived at pickup position.
96	Bottle type B detected. Picking...
97	Bottle picked successfully.
98	Arrived at pallet position.
99	Bottle placed successfully.
100	Palletizing - Layer 2, Bottle 4 placed.
101	Finished placing all bottles (A+B). Starting new pallet.
102	Running Palletizing
103	Arrived at pickup position.

### 4.3. HMI og HMI-alarm

Systemet betjenes og overvåges via et Siemens HMI Comfort Panel, hvor operatøren kan skifte mellem Manuel og Auto-mode, justere procesparametre, nulstille tællere samt overvåge alarmer. Til opbygning af brugergrænsefladen er der anvendt Siemens HMI Template Suite, som er et designframework udviklet af Siemens til at sikre ensartede, strukturerede og brugervenlige HMI'er. Template Suite tilbyder konsistent layout og navigation på tværs af skærmbilleder og indeholder færdige komponenter til alarmer og diagnostik.

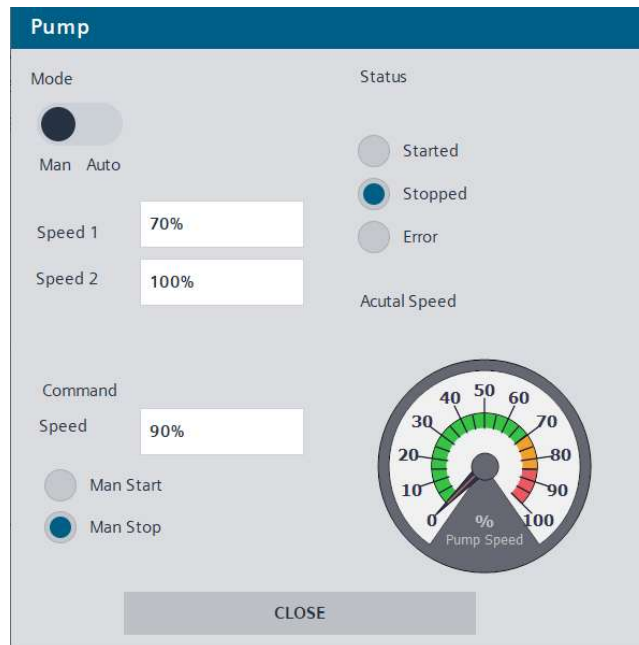
### 4.3.1 Hovedskærm og brugerinteraktion

Brugerfladen er designet med udgangspunkt i Siemens HMI Template Suite. Den viste hovedskærm giver operatøren et komplet overblik over systemets aktuelle tilstand, og kan modtage kommandoer.



Såfremt brugeren ønsker detaljeret kontrol med de enkelte trin kan han trykke på den relevante komponent på hovedskærmen. Herved åbnes et pop-up-vindue, hvor der kan vælges mellem AUTO- og MAN-mode, parametre kan justeres og funktionstest kan foretages. Nedenfor ses et eksempel på pop-up vinduet for trinnet Pumpe.





- Skift mellem Manuel og Auto Mode
- Sender Man Start og Man Stop kommando
- Se og ændre hastigheder:
  - Speed 1= Brugt i recirkulationsfase
  - Speed 2:=Brugt i fyldning; ManSpeed=hastighed i manuel tilstand
- Se pumpens aktuelle status: Started / Stopped / Error
- Overvåge hastighed via gauge

Til Pumpe er der knyttet følgende PLC-tags

Control/Status	HMI Tag	PLC Tag	Datatype
Control	ControlList_Pump_Control_CommandSpeed	ControlList.Pump.Control.CommandSpeed	Int
	ControlList_Pump_Control_Man_Start	ControlList.Pump.Control.Man_Start	Bool
	ControlList_Pump_Control_Man_Stop	ControlList.Pump.Control.Man_Stop	Bool
	ControlList_Pump_Control_ManSpeed	ControlList.Pump.Control.ManSpeed	Int
	ControlList_Pump_Control_Speed1	ControlList.Pump.Control.Speed1	Int
	ControlList_Pump_Control_Speed2	ControlList.Pump.Control.Speed2	Int
Status	ControlList_Pump_Status_Error	ControlList.Pump.Status.Error	Bool
	ControlList_Pump_Status_Started	ControlList.Pump.Status.Started	Bool
	ControlList_Pump_Status_Stopped	ControlList.Pump.Status.Stopped	Bool

Tilsvarende pop-up-funktionalitet er implementeret for andre komponenter som for eksempel varmelegeme og ventil.

#### 4.3.3. Alarm

I systemet modtager operatøren alarmer via HMI ved forskellige mekaniske eller procesrelaterede fejltilstande. Hver alarm er udstyret med et specifikt navn og en beskrivende tekst, der tydeligt angiver fejlen og dens årsag. Nedenfor præsenteres tre eksempler på alarmer, der illustrerer typiske fejltilstande i systemet. Disse er blot udvalgte 3 eksempler.

##### MB2 Alarm – Ventilfejl

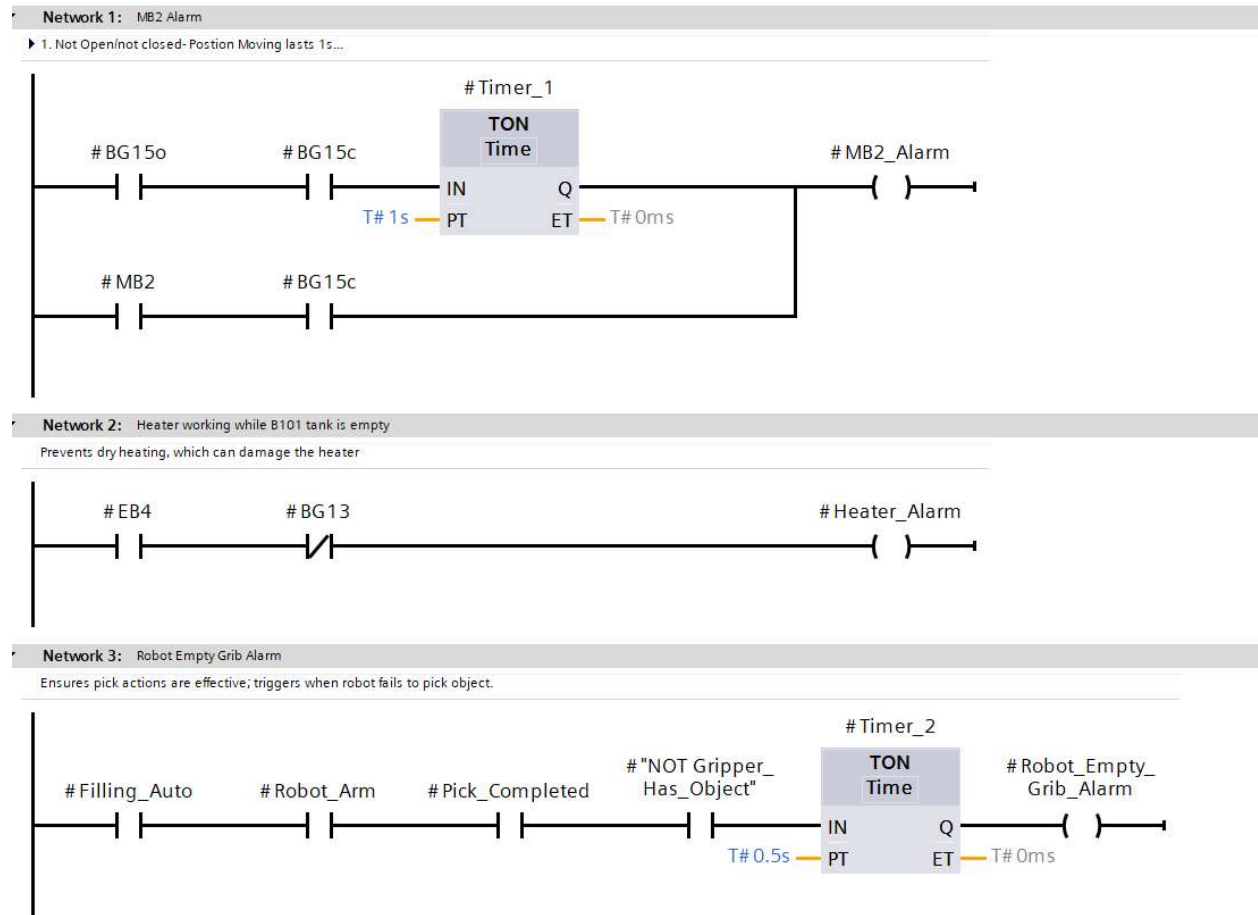
Denne alarm udløses, hvis der går mere end ét sekund, fra MB2-ventilen er i åben position til den er i lukket position, hvilket kan indikere, at ventilen sidder fast i mellemposition. Alarmen aktiveres også, hvis der gives åbningssignal, mens ventilen er lukket.

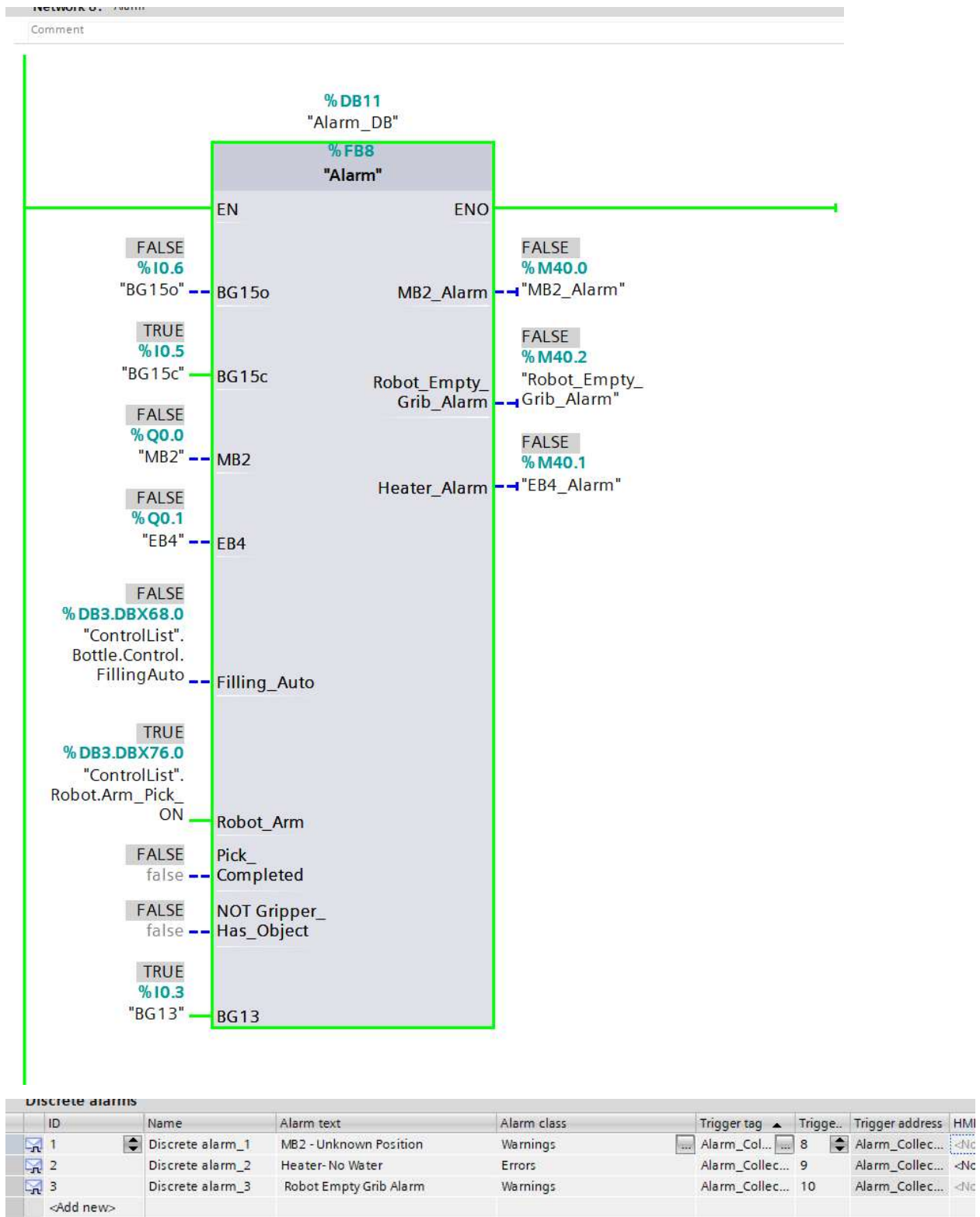
##### Heater Alarm

Denne alarm udløses, hvis tanken B101 er tom, men varmelegemet stadig er aktivt. Det sker for at forhindre tørkogning og beskadigelse af tanken.

##### Robot Empty Grib Alarm

Denne alarm udløses, når anlægget kører i AUTO-tilstand, og robotarmen har udført en pick-operation, samtidig med at der går mere end 0,5 sekunder uden at griberen detekterer en genstand. Alarmen skal forhindre en situation, hvor armen forsøger at gribe, selvom der ikke er flere flasker på pallen.





## 5.Factory Acceptance Test (FAT)

### 5.1. FAT af Festo-anlægget

Projektdeltageren har i KEA's robotværksted gennemført en separat FAT af Festo-delen af automationsanlægget. FAT blev gennemført i henhold til DS/EN IEC 62381:2024, som beskriver test af automationssystemer inden idriftsættelse.

Kommentar			
1. Mekanisk og pneumatisk test			
Alle ventiler (MB2, afløbsventil, bypass-ventil) blev korrekt monteret og testet for tæthed og funktionsdygtighed.	Ja	Nej	
Rørsystemet mellem procestank (B101) og buffertank (B102) blev testet for lækage.	Ja	Nej	
Pumpe MA1 blev monteret korrekt og testet i både auto og manuel tilstand.	Ja	Nej	
2. Elektrisk og IO-test			
Alle komponenter blev tilsluttet korrekt via Siemens S7-1200 PLC med digitale og analoge IO.	Ja	Nej	
Analog signal fra BT4 (temperatur) blev korrekt aflæst og behandlet i PLC'en.	Ja	Nej	
Analog signal fra BL1 (volume) blev korrekt aflæst og behandlet i PLC'en.	Ja	Nej	
PWM-output til pumpen blev testet og kontrolleret via HMI.	Ja	Nej	
Digital status og styring af ventiler og følere blev korrekt visualiseret på HMI.	Ja	Nej	
3. Funktionstest via HMI og sekventiel styring			
Systemet startes og stoppes korrekt via HMI og reagerer på brugerinput.	Ja	Nej	

I Auto Mode følger systemet en foruddefineret sekvens:	Ja	Nej	
Recirkulation → Opvarmning → Påfyldning → Flasketransport	Ja	Nej	
I Manual Mode kan brugeren selv aktivere pumpe, ventil og aflæse sensorstatus.	Ja	Nej	
Pop-up vinduer på HMI tillader bruger at ændre:	Ja	Nej	
Temperatur-setpunkt for heater	Ja	Nej	
PWM-hastighed for pumpe	Ja	Nej	
Styring for ventil MB2	Ja	Nej	
Alle transitionsbetingelser i SFC (Sequential Function Chart) blev testet.	Ja	Nej	
4. Alarmer og fejlhåndtering			
Lavt væskenniveau i tank udløste Alarm 1 og afbrød processen.	Ja	Nej	
Temperatur oversteg maksimum → Alarm 2 aktiveret.	Ja	Nej	
HMI viser alle alarmer i tekstform via tekstliste, inkl. alarmnummer, beskrivelse og tidspunkt.	Ja	Nej	
Alarmer kan kvitteres manuelt via HMI.	Ja	Nej	

Festo-anlægget bestod FAT uden fejl. Alle komponenter opførte sig som forventet i både manuel og automatisk tilstand. Sekventiel programmering, HMI-visualisering og alarmhåndtering blev valideret og dokumenteret. Anlægget vurderes klar til idriftsættelse, hvorefter der skal gennemføres Site Acceptance Test (SAT) .

## 5.2. FAT af DENSO

Projektdeltageren har i KEA's robotværksted gennemført en separat FAT af DENSO-robotten i henhold til producentens tjekliste og DS 62381.

Kommentar			
1. Mekanisk test	Ja	Nej	
Robotarmen er monteret korrekt.	Ja	Nej	
Hovedrammen og alle bevægelige akser er sikkert fastgjort og justeret.	Ja	Nej	
Robotten kan arbejde inden for de definerede bevægelsesområder uden mekanisk interferens.	Ja	Nej	
2. Elektrisk test			
Alle kabler er forbundet i henhold til el-diagrammet og fastgjort med korrekt kabelstyring.	Ja	Nej	
Alle drev og strømforsyninger fungerer fejlfrit ved opstart.	Ja	Nej	
3. Funktionel og performance test			
Robotten starter palleteringsprogrammet, når flaske og palle er til stede.	Ja	Nej	
Ved manglende palle/flaske holder robotten pause indtil betingelserne opfyldes.	Ja	Nej	
Robotten stabler flasker i flere lag på en korrekt måde	Ja	Nej	
4. Sikkerhedstest			
Systemet går tilbage til normal drift, når zonen forlades og fejl nulstilles.	Ja	Nej	
Kollisionsdetektion er aktiv og stopper bevægelse kontrolleret ved overskridelse.	Ja	Nej	

Robotten bestod alle FAT-test uden kritiske afvigelser. Den opførte sig stabilt ved alle definerede testbetingelser, og sikkerhedsfunktioner fungerede som forventet. Den er derfor godkendt til integration med det samlede anlæg og klar til SAT.

## 6.Læring og refleksion

Dette projekt har været en meget lærerig oplevelse for mig. Jeg har fået mulighed for at omsætte teori til praksis og har opnået en langt dybere forståelse for, hvordan komplekse automationssystemer designes, programmeres og testes i virkeligheden. Gennem arbejdet med dette projekt har jeg udviklet både tekniske færdigheder og en mere systematisk tilgang til problemløsning.

En af de vigtigste erfaringer har været betydningen af struktureret programmering. Ved at opdele systemet i funktionelle blokke – såsom pumpe-, ventil- og fyldemoduler – har jeg kunnet bevare overblikket over komplekse processer, fejlsøge effektivt og genbruge kode. Denne tilgang, som især blev tydelig i PLC-programmeringen og udarbejdelsen af sekvensdiagrammer har vist sig afgørende for at sikre en robust og skalerbar løsning. Jeg har lært, at en modulær opbygning ikke kun letter udviklingen, men også gør systemet mere fleksibelt og lettere at vedligeholde i større og mere komplekse projekter.

Den største udfordring i projektet har været integrationen mellem de forskellige systemkomponenter: PLC, HMI, DENSO-robot og Festo-stationen. Jeg stødte på adskillige tekniske forhindringer undervejs, herunder kommunikationsfejl, hardwarekonflikter, problemer med IP-adresser, uforståelige GSDML-filer og manglende enhedsgenkendelse i TIA Portal. Disse udfordringer viste mig, at succes i automationsprojekter ofte afhænger af at mestre små, tekniske detaljer, som skal fungere i harmoni for at sikre systemets helhed.

Takket være støtte fra Aaron og Andreas lærte jeg at afkode og prioritere fejlmeddelelser systematisk. Jeg blev bedre til at hardwarekonfigurationsproblemer. Gennem brugen af diagnoseværktøjer og PLC-logik opbyggede jeg en mere metodisk



tilgang til fejlfinding, hvor fejlmeddelelser ikke længere opfattes som forhindringer, men som værdifuld information, der guider problemløsningen.

Alt i alt har projektet været en afgørende milepæl i min faglige udvikling. Jeg har opnået større sikkerhed i PLC-programmering, HMI-design og FAT-test og har fået konkret erfaring med, hvad det kræver at arbejde professionelt med automatisering – både når systemet fungerer problemfrit, og når tekniske udfordringer skal løses.

## Bilag

### Bilag 1. Overensstemmelseserklæring

#### **Overensstemmelseserklæring**

#### EF-overensstemmelseserklæring II a

Fabrikant og ansvarlig for samling af det tekniske dossier

Min Xuan

Lygten 16

DK-2400 København NV

erklærer hermed at Maskinen: KEA Læskedrik Produktion

er udført i henhold til:

- Maskindirektivet 2006/42/EF
- EMC-direktivet 2014/30/EF
- DS/EN ISO 12100: Risikovurdering og risikoreduktion
- DS/EN ISO 10218-2: Sikker integration af robotceller

Sted : København

Dato:13/06/2026

Underskrift: Min Xuan

## Bilag 2. Brugsanvisning uddrag

### 2.1. Advarsel og sikkerhedssymboler

Læs altid sikkerhedsanvisningerne før brug. Følg advarsler vedr. varme overflader, bevægelige dele og elektrisk fare. Nødstop er markeret med rød på gul baggrund.

### 2.2. Maskinens tilsigtede brug

Anlægget er beregnet til automatisk håndtering, fyldning og palletering af drikkevareflasker og må kun anvendes til dette formål.

### 2.3. Opstilling af maskinen

Alle komponenter (robot, tanke, stativ) skal fastgøres til gulvet. Opstilling skal foretages af kvalificeret personale.

### 2.4. Elektriske specifikationer

Tilslutning: 3x400VAC, N, PE, 50 Hz

### 2.5. Sikker anvendelse

Kun oplært personale må betjene anlægget. Brug påbudte værnemidler: sikkerhedssko, briller og evt. høreværn. Nødstop skal altid være tilgængeligt. Robotområdet er indhegnet og forsynet med sikkerhedsrelæ på porten.

### 2.6. Funktionsbeskrivelse

Systemet håndterer flasker fra indgangspalle, fylder korrekt mængde og placerer dem på udgangspalle. Se mere under 3.1. Funktionsbeskrivelse

### 2.7. Betjening

Før opstart: Kontrollér strøm, luft og væskeniveau.

Drift: Tryk start på HMI. Systemet arbejder automatisk.

Efter brug: Stop anlægget via HMI og afbryd strøm.

## 2.8. Vedligeholdelse

Dagligt: Visuel inspektion og rengøring.

Månedligt: Kontrollér ventiler og sikkerhedskomponenter.

Årligt: Gennemgang og test udføres af autoriseret tekniker.

## 2.9. Fejlfinding

### F

Problem	Mulig årsag	Løsning
Maskinen starter ikke	Strømforsyningen mangler	Kontrollér stik og kabler eller placer et kar på transportbåndet
Flasken fyldes ikke	Ingen flaske detekteret	Kontrollér sensor
Maskinen starter ikke	Nødstop er aktiveret	Nulstil sikkerhedsrelæet
Vandlækage	Løs forbindelse	Spænd tilslutningerne

## 2.10. Bortskaffelse

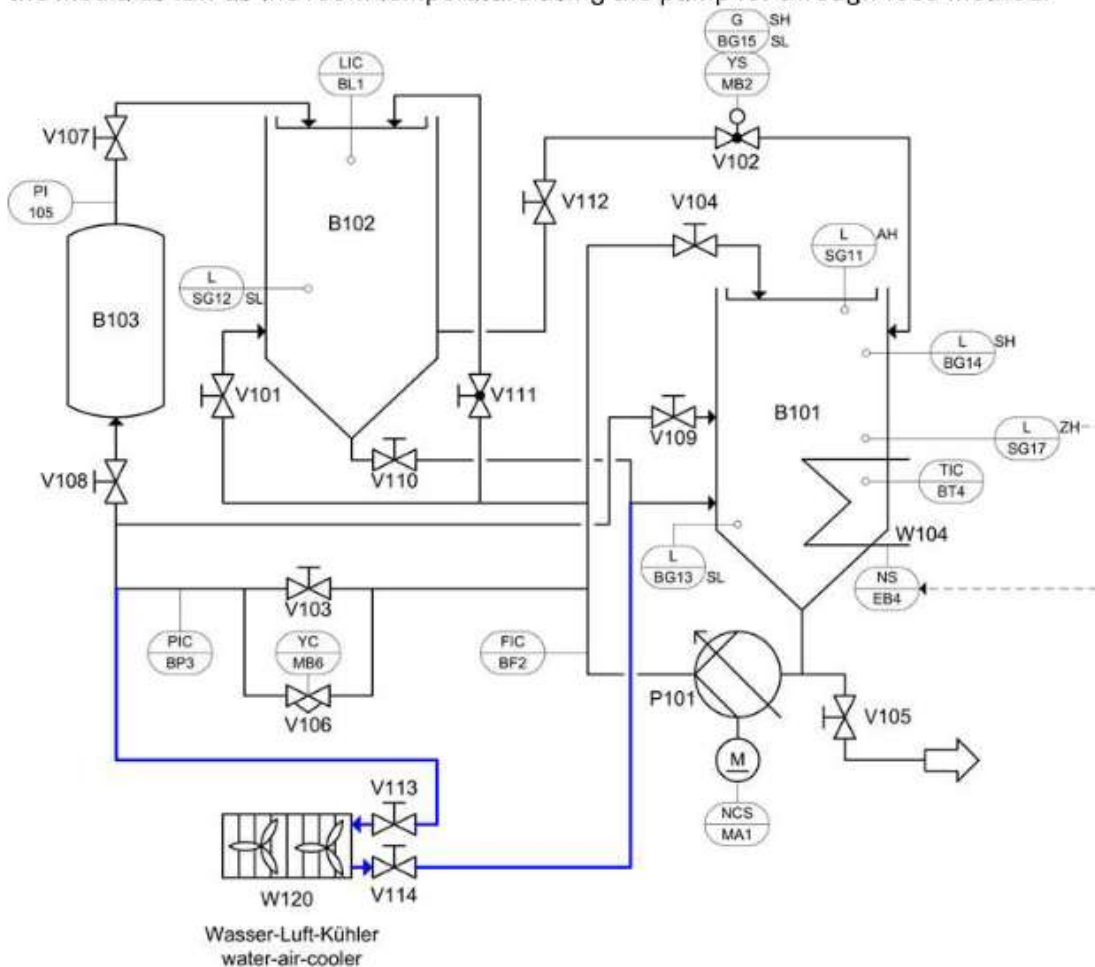
Maskinen skal bortskaffes i overensstemmelse med reglerne for elektrisk og elektronisk udstyr. Kontakt din leverandør for yderligere vejledning.

## 2.11. Garanti og ansvarsfraskrivelse

Der ydes garanti mod fabrikationsfejl i 10 år efter købet. Denne garanti omfatter ikke tab som følge af forkert brug af maskinen eller manglende vedligehold.

## Bilag 3 Festo PI-diagram

the media as low as the room temperature using the pump for throughfeed method.



PI-diagram of the station with water-air cooler (EN62424/ISO10628)

### Systembeskrivelse

#### 1. Beholdere (B101, B102, B103)

Symbolerne for beholderne følger standardens krav: rektangulære med tydelige ind- og udløb. Niveauindikatorer (LIC, SG) er knyttet til disse beholdere.

#### 2. Ventiler (V101–V114)

Ventiler er mærket med "V" efterfulgt af et nummer. De vises som standardiserede symboler afhængigt af type (manuel, automatiseret osv.). V113 og V114 er del af kølekredsløbet, markeret med blå linjer (sekundærkreds).

### 3. Pumper (P101)

P101 er en mekanisk pumpe, symboliseret efter DS/IEC-standard med motorangivelse M og tilhørende aktuatorkode MA1 (Motor Aktuator 1).

Den viser forbindelsen til styring (NCS = Non-Continuous Signal) og procesflow.

### 4. Varmelegemet (EB4)

EB4 er et elektrisk varmelegeme installeret under beholder B101. Det anvendes til opvarmning af væsken i beholderen og styres af temperaturregulatoren TIC BT4.

### 5. Køler

En vand-luft varmeveksler, vist med et klart kølekredsløb (blå linje).

Ventiler V113, V114, og V120 styrer flowet igennem køleren.

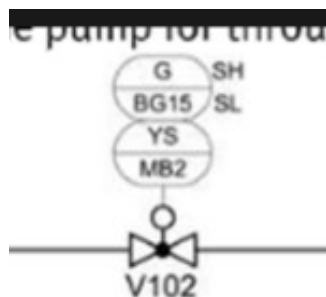
### 6. Symbolerne anvender DS/IEC 62424's udvidede funktionelle koder:

PIC, FIC, TIC, LIC: hhv. tryk-, flow-, temperatur- og niveauregulatorer.

Disse komponenter er koblet til måletransducere og controllere, angivet med funktionelle mærkninger (f.eks. BP3, BF2, BT4, BL1).

SG-mærkerne refererer til niveau-/tryk-/temperatursensorer i væsken (sl = level, zh = overflow, sh = high-level alarm).

Måle- og styringssignaler vises som forbindelser mellem sensorer (SG, BG) og regulatorer (TIC, LIC etc.).



Instrumenteringssymbolet over V102 i PI-diagrammet viser et niveaumålepunkt (G) identificeret som BG15, placeret i funktionsområde MB2. Målepunktet har to alarmgrænser: høj (SH) og lav (SL), hvilket gør det muligt at overvåge væskenniveauet præcist og generere advarsler ved afvigelser. Yderligere er en signaltransducer (YS) inkluderet for at oversætte det målte signal til styresystemet.

Table 2 – PCE categories

Første  
bogstav

Letter	PCE category
A	Analysis
B	Optical measurement, e.g. flame detection
C	*
D	Density
E	Voltage
F	Flow
G	Distance, length, position
H	Hand or manual and manually initiated operation
I	Current
J	Power
K	Time based function
L	Level
M	Moisture or humidity
N	Actuation setting electrical (all type of electrical consumer, e.g. motor, heater) *
O	*
P	Pressure
Q	Quantity or counter
R	Radiation
S	Speed or frequency (including acceleration)
T	Temperature
U	Used for PCE control function (see 6.3.10)
V	Vibration, mechanical analysis, torque
W	Weight, mass, force
X	*
Y	Actuation setting non electrical like hydraulic or pneumatic (switching, varying, restricting, e.g. valve-operated) *
Z	*

Andet  
og evt.  
tredje  
bogstav

Table 3 – PCE processing function

Letter	Processing function
A	Alarm, message
B	Restriction
C	Control (all kind of control scheme, e.g. split-range, PID controller or ON-OFF controller – typically used for closed-loop control)
D	Difference
E	Shall not be used
F	Ratio
G	Shall not be used
H	High limit, on, opened
I	Indication of analogue values
J	Shall not be used
K	Time rate of change e.g. for acceleration or calculating a derivation
L	Low limit, off, closed
M	Shall not be used
N	Shall not be used
O	Local or PCS status indication of binary signals
P	Point (test) connection
Q	Integrating, quantity or counting
R	Recorded value
S	Binary control function or switching function (not safety relevant)
T	Shall not be used
U	Shall not be used
V	Shall not be used
W	Shall not be used
X	*
Y	Computing function
Z	Binary control function or switching function (safety relevant) *

**Table 5 – PCE processing functions for final controlling equipments**

Letter	Processing function
YS	Non electrical actuating drive with open-loop-control function e.g. On/off valve
YC	Non electrical actuating drive with closed-loop-control function e.g. Control valve
YCS	Non electrical actuating drive with closed-loop-control function and open-loop-control (open/close) function e.g. Control valve with on/off function
YZ	Non electrical actuating drive with open-loop-control function (safety related e.g. On/off valve (safety relevant)
YIC	Non electrical actuating drive with closed-loop-control function and position indication e.g. Control valve with position indication
NS	Electrical actuating drive with open-loop-control function e.g. On/off motor
NC	Electrical actuating drive with closed-loop-control function e.g. Control motor