

# Portabelt nivåreglersystem till vattenkraftverk

Casper Vikström

Examensarbete för ingenjörsexamen(YH)

Utbildningsprogrammet för el- och automationsteknik

Vasa 2021



## EXAMENSARBETE

Författare: Casper Vikström  
Utbildning och ort: El- och automationsteknik, Vasa  
Inriktningsalternativ: Automation  
Handledare: Erik Englund, Benjam Wärn

Titel: Portabelt nivåreglersystem till vattenkraftverk

---

Datum 5.5.2021 Sidantal 36

---

### Abstrakt

Nivåreglering innebär att man ändrar på vattennivån i ett vattendrag. Detta är nödvändigt för att ta till vara största delen av den potentiella energin som finns i vattendrag. Nivåreglering kan göras på flera sätt men det vanligaste är med hjälp av hålldammar.

Syftet med arbetet var att skapa ett pålitligt och flexibelt back-up system åt Herrfors AB. Systemet kan snabbt tillämpas ifall befintlig PLC behöver tas ur bruk vid något av kraftverken i Esse å. Projektet är planerat så att det finns expensionsrum för att systemet ska kunna kopplas upp till alla av Herrfors kraftverk och att det via internetförbindelse ska kunna övervakas från driftcentralen i Jakobstad.

PLC:n som används är Siemens S7-1212C. Programvaran är gjord i Siemens TIA portal v14. Planering av fysiska delen är gjord i AutoCAD 2019.

Resultatet blev en fungerande, portabel trestegsregulator som går att använda vid alla fem av Herrfors vattenkraftverk i Esse å.

---

Språk: svenska

Nyckelord: PLC, vattenkraft, PID

---

## BACHELOR'S THESIS

Author: Casper Vikström  
Degree Programme: Electrical engineering  
Specialization: Automation  
Supervisor(s): Erik Englund, Benjam Wörn

Title: Portable level control system for hydropower plant

---

Date 5.5.2021    Number of pages 36

---

### **Abstract**

Level control means changing the water level in a body of water. This is necessary to capture most of the potential energy in a body of water. Level control can be done in multiple ways, but the most common is by means of dams.

The purpose of the thesis was to create a reliable and flexible back-up system for Herrfors AB. The system can quickly be applied if an existing PLC needs to be removed at one of the powerplants in the river of Esse. The project is planned so that there is space for expansion, so that the system can be used at all Herrfors's power plants and supervised from the operations center in Jakobstad over the internet.

The PLC being used is a Siemens S7-1212C. The software is made in Siemens TIA portal v14. Planning of the physical part is done in AutoCAD 2019.

The result is a functional, portable three-step regulator that can be used in all five of Herrfors's hydropower plants in the river of Esse.

---

Language: swedish    Keywords: PLC, hydropower, PID

---

# Innehållsförteckning

1	Inledning.....	1
1.1	Mål och syfte.....	1
1.2	Herrfors.....	2
2	Vattenkraft.....	2
2.1	Turbiner.....	5
3	Reglerteknik.....	6
3.1	PID-regulatorn.....	7
3.1.1	P-delen.....	7
3.1.2	I-delen.....	8
3.1.3	D-delen.....	8
3.1.4	Utsignalen.....	8
3.2	Ziegler-Nicholsmetoden.....	10
4	Komponenter.....	11
4.1	PLC.....	12
4.2	HMI.....	12
4.3	Signal module.....	12
4.4	Switch.....	13
4.5	Strömkälla.....	13
4.6	Brytare.....	14
4.7	Nivågivare.....	14
5	Programmering.....	14
5.1	Datatyper.....	15
5.1.1	Bool.....	15
5.1.2	Integer.....	15
5.1.3	Real.....	15
5.2	TIA-portal.....	16
5.2.1	Norm_X och Scale_X.....	16
5.2.2	PID_3Step.....	17
5.3	IEC-61131.....	18
6	Utförande.....	19
6.1	Hårdvara.....	19
6.2	Programvara.....	21
6.2.1	TIA-portal vid uppstart.....	21
6.2.2	Tags.....	22
6.2.3	PLC koden.....	23
6.2.4	HMI-konfigurering.....	32

7	Resultat .....	33
8	Diskussion.....	34
9	Källor.....	35

## **Ordlista**

HMI	Human machine interface
PLC	Programmable Logic Controller
SM	Signal Module
OB	Organizational Block
FB	Function Block
FC	Function

# 1 Inledning

Ett vattenkraftverk utnyttjar skillnaderna i vattennivåer. På ena sidan är vattennivån högre och på andra sidan är den lägre. Detta gör att vattnet naturligt kommer att rinna till den lägre sidan ifall det kan. Ju högre skillnad mellan sidorna desto mer vill vattnet rinna till den lägre sidan. För att extrahera så mycket kraft ur ett vattendrag som möjligt höjer man på den övre vattennivån så mycket som möjligt. Detta kräver att man bygger hålldammar som stoppar vattnet från att rinna iväg. Vattennivån vid dessa hålldammar kan regleras med luckor, som kan öppnas för att släppa förbi vatten.

## 1.1 Mål och syfte

Målet med arbetet var att planera och bygga ihop ett backup-system som enkelt kan tas i bruk ifall befintlig PLC vid ett vattenkraftverk behöver tas ur bruk, av planerade orsaker som service, eller av oplanerad orsak som t.ex. om den går sönder.

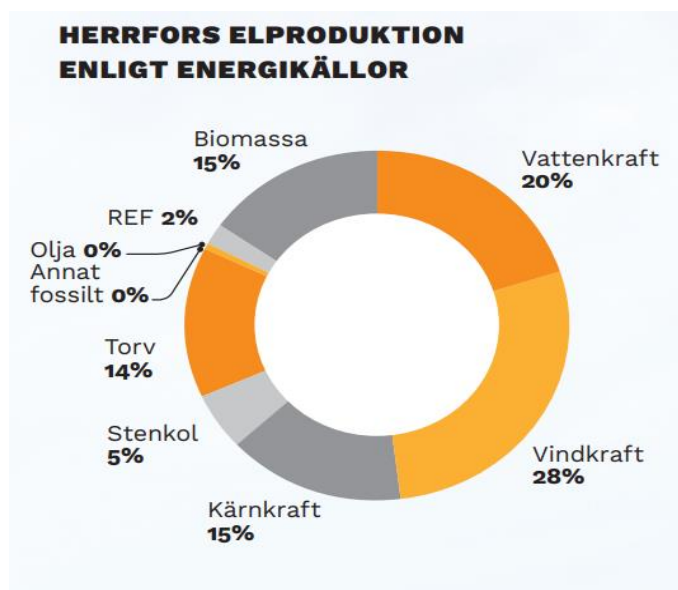
Med hjälp av detta system ska man enkelt kunna ställa in vattennivån och övervaka från driftcentralen. Systemet ska designas så att det ska vara enkelt att använda, och endast genom att byta manöverläge och koppla om några kablar ska det fungera.

Systemet behöver planeras på så sätt att det är kompatibelt med flera system som finns i Esse å. Eftersom åldersskillnaderna mellan kraftverken är över 50 år fungerar de väldigt olika, vilket behöver beaktas under planeringen. Storlekarna på utskovsluckorna och sjöarna som hör till kraftverken är också väldigt varierande. På vissa ställen kan regleringen behöva vara aggressivare.

Alternativet som finns är katastrofskydd, vilket öppnar en utskovslucka helt. Detta är ett onödigt extremt alternativ ifall service på PLC:n är planerad, eftersom det sänker den övre vattennivån onödigt lågt. Katastrofskyddet har heller ingen koppling till överliggande system så övervakningen skulle vara obefintlig.

## 1.2 Herrfors

Herrfors är en del av Katternökoncernen. Koncernens område sträcker sig från Vörå i söder till Alavieska i norr. Verksamheten är indelad i tre delar: Katternö elanskaffning, Katternö el- och fjärrvärmeproduktion samt Katternö el- och fjärrvärmedistribution. Totalt sysselsatte Katternö group 223 personer under 2019. Den största endelen av elproduktionen i koncernen kommer från vindkraft, som 2019 utgjorde 28 % av elproduktionen och på andra plats var vattenkraften som stod för 20 % av produktionen. År 2019 var koncernens totala omsättning 163 MEUR. [1]



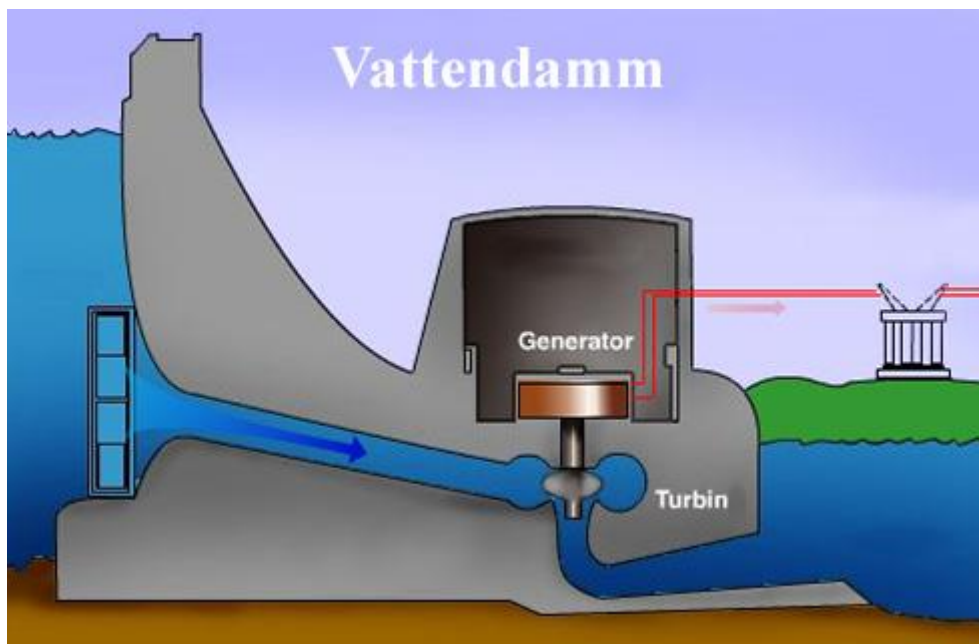
Figur 1. Herrfors Elproduktion. [1]

## 2 Vattenkraft

El som producerats från vattenkraft är förnybar energi. I Finland producerades 87,5 TWh elenergi under 2018, varav 15 % kom från vattenkraften. I världen står vattenkraften för 15,8 % av elproduktionen. [2] [3]

I ett vattenkraftverk omvandlas vattnets potentiella och kinetiska energi till elektrisk energi. De två största faktorerna som inverkar på ett vattenkraftverks effekt är vattenflödet och fallhöjden. Med fallhöjd menas höjdskillnaden mellan kraftverkets övre basäng där vattnet rinner in och den nedre basängen där vattnet rinner ut. För att höja på vattennivån kan man bygga dammar och för att sänka på nivån kan man i vissa fall muddra upp vattendrag. Genom att bygga en dam vid ett kraftverk höjer man inte bara på fallhöjden, man skapar också ett vattenmagasin där man kan spara vatten som kan användas när det finns ett större behov av el. Man kan också bygga dammar endast för att höja på vattennivån. Om ett vattenkraftverk saknar ett magasin kallas det för ett strömkraftverk. [4]

Vid kraftverk som saknar vattenmagasin sker snabbare ändringar i vattennivån ifall flödet ändras. Flera av kraftverken i Esse å saknar vattenmagasin, detta innebär att regleringen behöver vara snabb. Vattnet som kommer till kraftverket behöver också ta sig bort från kraftverket.



**Figur 2. Genomsnitt av vattenkraftverk. [5]**

Från övre bassängen rör sig vattnet först genom en grind. Grindens uppgift är att stoppa större objekt från att nå turbinen. Om stockar eller andra objekt skulle åka in i turbinen kan de orsaka skador på impellerringarna.

Vattnet fortsätter genom intagsröret fram till turbinen. Vanligtvis finns före turbinens impeller ett ledhjul som styr vattnet mot impellerringarna och ställer vattenmängden som slipper förbi. Vattnet får impellern att snurra. Impellern är direkt eller via en växel kopplad till en generator.

När generatorns rotor snurrar bildas elektricitet i statorn. För att elektriciteten ska fungera i det finländska elnätet behöver strömmen som den genererar vara 50 Hz växelström.

Efter att vattnet har passerat turbinen leds det via sugröret ut till den nedre bassängen.

Fallhöjderna i Esse å varierar mellan 2.5 m och 10 m och flöden varierar i normala fall mellan  $4 \text{ m}^3/\text{s}$  och  $40 \text{ m}^3/\text{s}$ . Det högsta uppmätta vattenflödet i Esse å var 6.5.1982, då var flödet  $68.70 \text{ m}^3/\text{s}$ . Esse å lämpar sig bra för vattenkraft eftersom uppströms finns Evijärvi och längre uppströms finns Lappajärvi. De två stora sjöarna fungerar som buffertar, även om kraftverken själva inte har stora vattenmagasin, samlas vattnet i sjöarna och släpps mera kontrollerat neråt mot Larsmosjön.



Figur 3. Esse å med vattenområde. [6]

## 2.1 Turbiner

De tre vanligaste turbinkonstruktionerna är kaplan-, pelton och francisturbiner. Dessa tre modeller lämpar sig för olika fallhöjder. Kaplanturbiner används på fallhöjder mellan 2 och 70 meter, francisturbiner på fallhöjder mellan 10 och 300 meter, peltonturbiner används på 80 till 1600 meters fallhöjder.

Alla turbiner i Esse å är av typen kaplan. Några av kraftverken har en större turbin och andra har två turbiner. Med två turbiner så kan man också köra kraftverken under lågflödesperioder.

I en kaplanturbin styrs vattenmängden av ledskenor, vilka kan öppnas eller stängas för att låta önskad mängd vatten rinna genom turbinen. Vattnet åker sedan mellan turbinbladen som också oftast är ställbara, dvs. de kan vridas för att ta vara på så mycket av vattnets potentiella energi som möjligt. Detta görs ofta med hjälp av s.k. kombineringskurvor.

Effekten i ett vattenkraftverk kan beräknas med formel 1.

$$W_{ut} = \eta \dot{m} g \Delta h = \eta (\rho \dot{V}) g \Delta h$$

**Formel (1) Effektberäkning.**

$W_{ut}$  är effekten som vattenkraftverket kan producera, i watt (w)

$\dot{m}$  är massflödet, i kg per sekund (kg/s)

$g$  är gravitationskonstanten, i meter per sekund per sekund ( $m/s^2$ )

$\Delta h$  är höjdskillnaden, i meter (m)

$\eta$  är verkningsgraden, som är dimensionslös

$\rho$  är densitet, i kilogram per kubikdecimeter ( $kg/dm^3$ )

$\dot{V}$  är volymflödet, i kubikdecimeter per sekund ( $dm^3/s$ ).

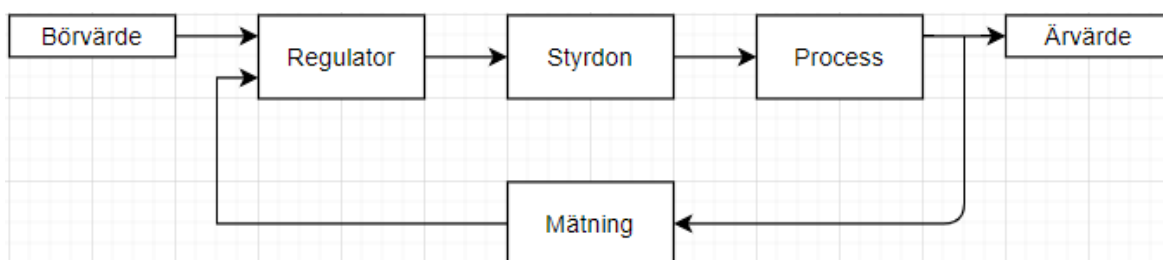
### 3 Reglerteknik

Reglerteknik tillämpas i allt från enkla hushållsmaskiner till stora kraftverk, det som alla reglersystem har gemensamt är återkoppling.

En regulator ska sträva efter att hålla börvärdet och ärvärdet så nära varandra som möjligt. Börvärdet är ett värde som användaren ger åt regulatorn. Ärvärdet är det verkliga värdet som mäts och återkopplas till regulatorn. Skillnaden mellan börvärdet och ärvärdet kallas reglerfel.

Exempelvis en ugn är återkopplad via en termometer, om temperaturen inne i ugnen är lägre än börvärdet, kommer ugnen att slå på värmen tills börvärdet och ärvärdet är så gott som lika. Detta är ett exempel på en digital reglering, styrsignalen kan endast vara av eller på. Om man på en kall ugn vrider värmeknappen till 200 °C kommer värmaren att slå på tills temperaturen är lite över 200 °C och efter en stund när temperaturen i ugnen sjunkit till kring 195 °C slå på igen.

Reglering användas för att styra många olika storheter, t.ex. temperatur, tryck, hastighet, spänning eller flöden. I detta arbete är det en vattennivå som ska regleras. Vattennivån regleras genom att man ändrar på vattenflödet ut från basängen med en utskovslucka. När man öppnar utskovsluckan ökar flödet ut från basängen. Om flödet ut ur basängen är högre än flödet in i basängen börjar nivån sjunka.

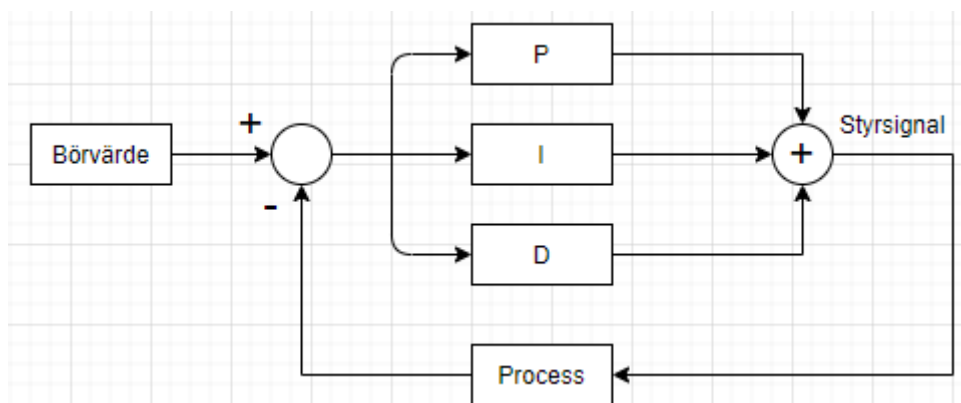


**Figur 4. Regulator med återkoppling.**

Regulatorn som styr en utskovslucka behöver vara en trestegs regulator, detta betyder att den har tre lägen: öppna, stäng eller stå stilla.

### 3.1 PID-regulatorn

PID-regulatorn är en regulator som ser på reglervärdet från tre vinklar. P-delen ser det nuvarande felet. I-delen ser på det historiska felet. D-delen ser det kommande felet. Summan av PID-regulatorns tre produkter utgör sedan en styrsignal. De flesta PID-regulatorer erbjuder alternativet att endast ha en eller två av regulatorns delar aktiva t.ex. PI.



Figur 5. Flödesschema för en PID-regulator.

#### 3.1.1 P-delen

P-delen i en PID-regulator är direkt proportionell till reglerfelet, dvs. om reglerfelet fördubblas så kommer också utsignalen från P-regulatorn att fördubblas. P-delen påverkas endast av det nuvarande reglerfelet, inte av vad reglerfelet har varit eller vart det är på väg.

P-regulatorn styrs med parametern  $K_c$  (förstärkning). En för hög förstärkning kan leda till att systemet blir instabilt och en för låg förstärkning leder till att processen inte kan kompensera för reglerfelet. Oftast krävs I- och D-regulatordelarna som ett komplement till P-delens svagheter.

$$u(t) = k_c * e(t)$$

Formel (2): P-variabel.

### 3.1.2 I-delen

I-delen i en PID-regulator är den integrerande delen. Den kompenserar för det historiska felet som varit i processen, dvs. ett varaktigt fel kommer att ha en större inverkan på utsignalen än ett lika stort fel som nyligen uppstått.

$$u(t) = K_i \int_{-\infty}^t e(t) dt \quad \text{Formel (3) I-variabel.}$$

$K_i$  är variabeln som man ställer in. Ett för högt  $K_i$  värde kan leda till att styrsignalen blir för stark och regulatorn överkompenserar för reglerfelet, systemet kan bli instabilt.

### 3.1.3 D-delen

Den deriverande delen i regulatorn är beroende av förändring i felet, den strävar efter att göra förändringen till noll, dvs. dämpa. Dämpning kan ha negativ effekt på system, eftersom det gör att system svarar långsammare till förändring. Den deriverande delens styrka är om den korrekt inställd så kan överskjutningar undvikas.

$$u(t) = K_d \frac{de(t)}{dt} \quad \text{Formel (4) D-variabel.}$$

### 3.1.4 Utsignalen

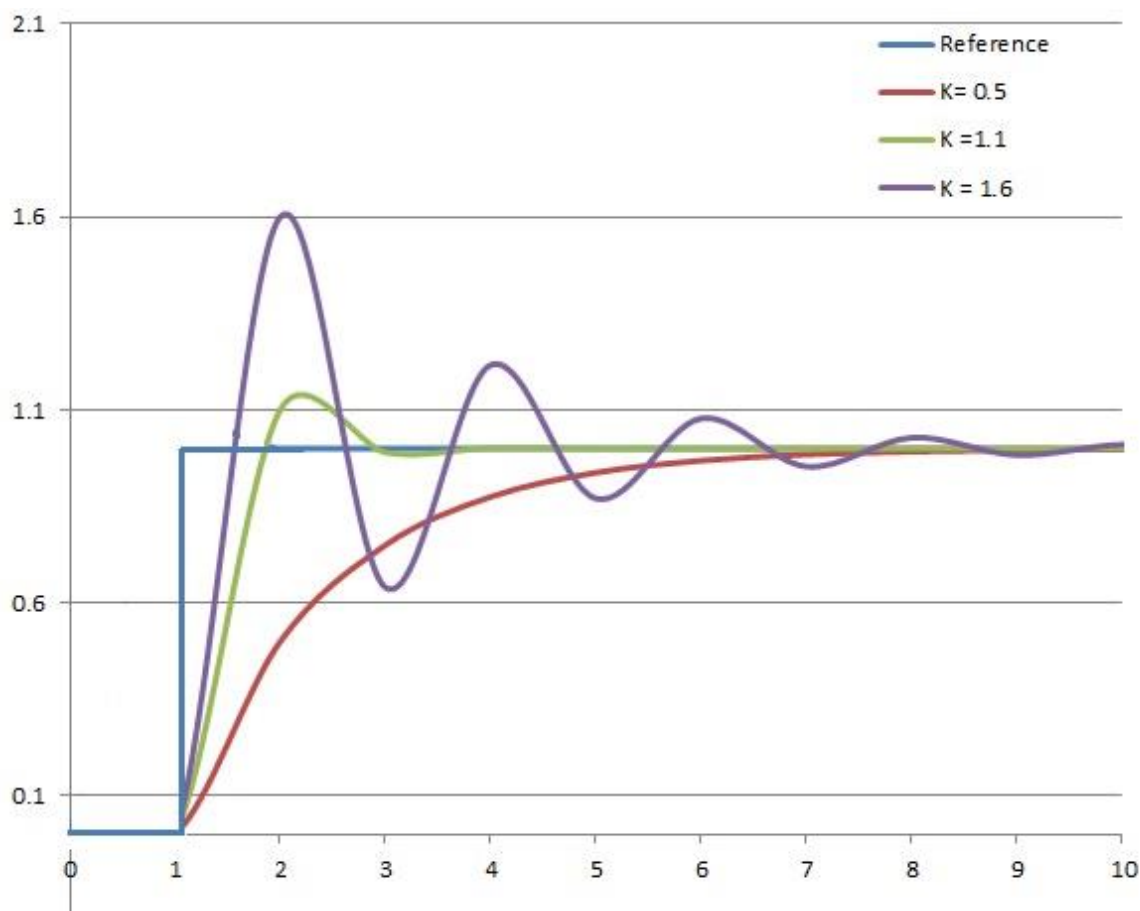
Den slutliga utsignalen från en PID-regulator är summan av alla tre delarnas produkter.

$$u(t) = K_c e(t) + K_I \int_{-\infty}^t e(t) dt + K_d \frac{de(t)}{dt} \quad \text{Formel (5) Utsignal.}$$

Denna sorts PID-regulator har alla tre delarna med egna förstärkningsvariabler. Detta är alltså inte en ISA-standardiserad PID-regulator, dess utsignal fås med formel 5. En stor skillnad mellan regulatorerna är att i den ISA-standardiserade PID-regulatorn förstärker  $K_c$  alla tre delarna av regulatorn.

$$u(t) = K_c \left( e(t) + \frac{1}{T_I} \int_{-\infty}^t e(t) dt + T_d \frac{de(t)}{dt} \right)$$

**Formel (6) Utsignal i en ISA-standard PID-regulator.**



**Figur 6. Överskjutning.**

En regulator som har blivit inställd med för höga förstärkningsvärden, kan orsaka pendlingar i processer eller i värsta fall göra en process instabil. En regulator med för låga värden gör processen långsam. När man ställer in en regulator som ska styra utskovluckor och stäva efter att hålla en nivå jämn behöver man ta i beaktan att processen är långsam. När man öppnar en utskovslucka några centimeter i taget kan det ta flera minuter innan det uppstår ändringar i nivån.

I vattendrag bildas vågor, dessa vågor registreras av nivågivaren. För att vågorna inte ska störa processen kan man använda dödband. Dödband fungerar som filtrering, ifall processfelet är för litet så kan det ignoreras. Man kan också använda dödband som ignorerar korta toppar i processfelet, då registreras endast varaktiga skillnader som processfel.

### 3.2 Ziegler-Nicholsmetoden

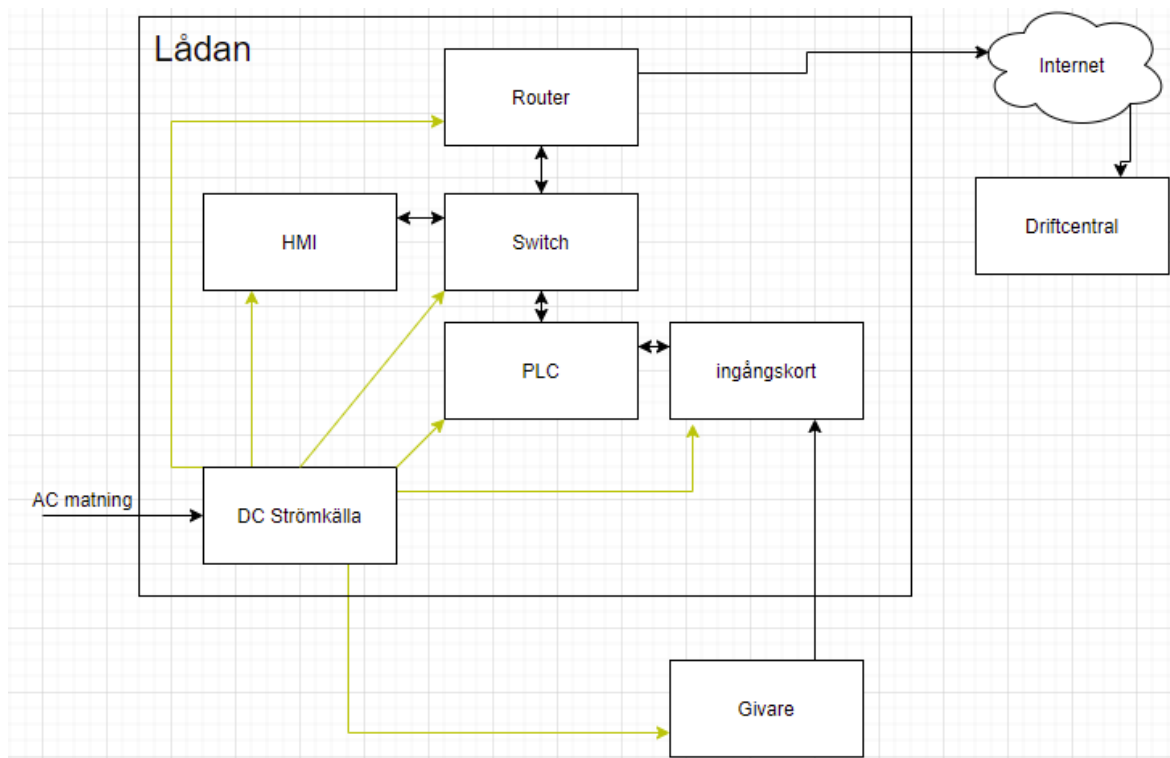
Att ställa in en regulator kan vara komplicerat om man inte är speciellt bekant med processen som styrs. För att förenkla stämning av regulatorer utvecklades Ziegler-Nicholsmetoden i början av 1940 talet. Metoden utförs enligt följande system:

1. I och D delarna stängs av.
2.  $K_c$  värdet ökas till processen oscillerar.
3. När processen oscillerar mäts periodtiden, den sparas som  $T_0$ .
4.  $K_c$  värdet som ger upphov till oscillering sparas som  $K_{p0}$ ,

Utifrån  $K_{p0}$  och  $T_0$  Ställer man in alla  $K_p$ ,  $T_i$  och  $T_d$  enligt:

	P	PI	PID
$K_p$	$K_{p0} * 0,5$	$K_{p0} * 0,45$	$K_{p0} * 0,6$
$T_i$	Avstängd	$T_0 / 1,2$	$T_0 / 2$
$T_d$	Avstängd	Avstängd	$T_0 / 8$

## 4 Komponenter



**Figur 7. komponenter och kopplingar.**

Systemet är en låda som man kan koppla två kablar till. En kabel är för 230 VAC-matning och den andra för 24 VDC och nödvändiga mätsignaler. Den viktigaste insignalen är nivåmätsignalen, som är en 4–20 mA mätsignal från en nivågivare. PLC:n kan inte ensam läsa mA signaler så den behöver ett ingångskort som klarar av det. I samma kabel finns också en pol dedikerad till luckans position, från en positionsgivare som ger en mA signal, men den är valfri och inte nödvändig för att systemet ska kunna reglera vattennivåer. Samma gäller för luckans övre och undre gränsläge, där finns två poler reserverade för dem men de är inte nödvändiga för systemets funktion. Två andra av signalkabelns poler är reserverade för upp- och nerstyrsignaler, PLC:n har egna reläutgångar som kan kopplas direkt till en luckcentral.

Systemet byggs så att det ska vara enkelt att använda, då det är rätt konfigurerat ska det bara behöva en sladd för alla in- och utsignaler. Systemet går att mata med 230 VAC eller med 24 VDC-matning. För att systemet ska kunna använda olika spänningar behöves en strömkälla som omvandlar 230 VAC till 24 VDC. Alla komponenter i lådan behöver 24 VDC matning. Man väljer ifall komponenterna ska matas från den interna strömkällan eller från en extern källa på en vridknapp inuti lådan, samma vridknapp har ett 0-läge som stänger av systemet.

Komponenterna är valda så att det finns en hel del plats för att göra ändringar eller för att lägga till nya funktioner. I kabeln finns en oanvänd pol som kan användas för t.ex. för en alarmflötör. Det finns minst två in- och utgångar extra på PLC:n och plats för ett signalkort till.

## 4.1 PLC

PLC:n som valts är en Siemens S7-1212C DC/DC/RLY, PLC:n har 8 digitala ingångar, 6 digitala utgångar, 2 analoga 0 till 10 V ingångar samt en RJ-45 port. Till PLC:n kan man lägga 2 stycken signal moduler, t.ex. I/O kort. Alternativt kunde man ha valt en DC/DC/DC-modell men då skulle man mellan utgångarna på plc:n och luckcentralens relän behöva ha 24 VDC relän. Eftersom PLC-utgångarna inte kommer att slå av och på flera gånger per minut kommer det inte vara något problem att använda reläutgångar.



Figur 8. S7-1212C.

## 4.2 HMI

HMI:n som används är en Siemens KTP700 Basic, som är en 7 tum touch screen display med 8 programmerbara knappar. HMI:n klarar av de flesta vanliga protokollen, Profinet inkluderat. Skärmen matas med 24 VDC och data förmedlas med en RJ-45-kabel.

KTP700 kan också användas med andra tillverkares system, så som Allan Bradley, Mitsubishi, OMRON och Modicon, även om den marknadsförs som att vara utvecklad för S7-1200 serien. [7]

## 4.3 Signal module

Eftersom PLC inte har 4–20 mA ingångar, behövs ett skilt ingångskort som kan mäta strömsignaler. För detta används en SM 1231 med fyra analoga ingångar som har 12-bits upplösning. Alternativt kunde en modul med 14-bits upplösning ha valts, men det finns inget

behov av en så hög precision, eftersom 12-bit redan ger:  $2^{12} = 4096$  steg som den analoga signalen kan anta. Detta betyder att en kalibrerad 2 meters nivågivare skulle ha en noggrannhet på:

$2000\text{mm} / 4096 = 0.49\text{mm}$ , alltså just under en halv millimeter per steg.

#### 4.4 Switch

PLC:n behöver kopplas via RJ-45 kabel till både HMI och senare till en router, men på PLC:n finns endast ett av uttag, detta löses med en CSM1277. CSM1277 är en oreglerad, industriell ethernet switch, som kan koppla ihop 4 användare med en hastighet på 10/100Mbit/s via RJ-45 portar. Signal modulen matas med 24 VDC spänning. Det kommer inte att finnas tillräckligt med trafik på nätverket för att man ska behöva en reglerad switch.



Figur 9. CSM1277.

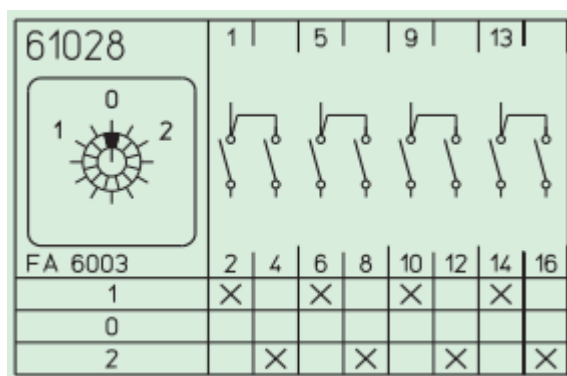
#### 4.5 Strömkälla

Eftersom de flesta komponenterna kräver 24 VDC-matning, behövs en strömkälla om man väljer att mata systemet med 230 VAC. För detta används en LOGO!Power 24V/2.5A, Den kan matas med 85 till 264 VAC och matar ut 24 VDC upp till 2.5 A. I nedre kanten av strömkällan finns en potentiometer som man kan skruva på för att öka eller sänka spänningen på strömkällan som då ger ut mellan 22.2 och 26.4 VDC.

## 4.6 Brytare

Brytaren som används är tillverkad av Sälzer, modellen är P110-61028-219M1, den har tre lägen och de är 24 VDC, 0 och 230 VAC. P110 delen av modellnummret anger att den klarar av upp till 10 A och 440 V. 61028 delen anger vilka delar av brytaren som är slutna vid olika lägen. 219M1 anger att brytaren framifrån är fyrkantig, bakgrunden är svart och handtaget är svart. [8]

Läge ett är 24 VDC och läge två är 230 VAC, brytaren kopplar om upp till fyra olika insignaler per läge.



Figur 10. 61028 schema.

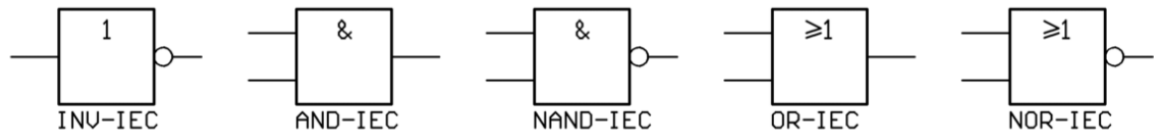
## 4.7 Nivågivare

Nivågivaren som används för att mäta vattennivån är en PTM/N-nivågivare tillverkad av STS-sensors. Nivågivaren fungerar genom att man lägger ner den i vattnet och trycket i givaren mäts. Givaren behöver matas med en spänning mellan 8 VDC och 33 VDC, och utsignalen är 4-20 mA. Givarens arbetsområde är programmerbart, detta gör givaren väldigt flexibel, eftersom den kan användas mellan flera olika djup. [9]

## 5 Programmering

Till program för microprocessorbaserade system behöver man ladda upp maskinkod. Maskinkoden är en sekvens av binära siffror som utgör instruktioner i ett program. För att göra det enklare för kodare har programmeringsspråk utvecklats. Istället för att behöva skriva en lång binär sifferkod kan man istället skriva "printf("Hej");" med hjälp av programmeringsspråket Java. När man har färdigt skrivit en kod behövs en kompilator. Kompilatorns uppgift är att omvandla den skrivna koden till maskinkod.

Språket som används för att skriva koden i examensarbetet är function block diagrams, FBD. FBD är ett grafiskt programmeringsspråk, funktioner är skrivna inuti rektanglar, på vänster sida av rektangeln finns funktionens inputs och på höger sida dess output. Boolska funktioner i FBD ritas som logiska grindar.



**Figur 11. Boolska grindar.**

I boolsk algebra kan signaler endast vara ett eller noll, en AND grind som man hör på namnet kräver att alla insignaler är ett för att utgången ska bli ett. En OR grind kräver att någon av ingångarna är ett för att utsignalen ska bli ett. Inversen av grindarna är NAND, där utsignalen blir noll om alla insignaler är ett, och NOR, där utsignalen blir noll om någon av signalerna är ett.

## 5.1 Datatyper

I programmeringen av reglersystemet används huvudsakligen fyra olika datatyper: bool, integer, real och time.

### 5.1.1 Bool

Datatypen bool används för enskilda bits och kan endast anta två värden: 0 och 1.

### 5.1.2 Integer

Integer används för heltal, och utgörs av 16 bits i Siemens TIA portal. I minnet använder en integer 2 byte. En vanlig integer kan vara ett heltal mellan -32768 och 32767. Unsigned integer kan också användas, men unsigned menas att det inte anges om värdet är positivt eller negativt, så en Uint kan anta värden mellan 0 och 65535.

### 5.1.3 Real

Real datatypen används för att ange decimaltal eller för att ange större tal som inte behöver vara exakta. Datatypen använder 4 bytes, d.v.s. 32 bits. Den första bitten anger om talet är positivt eller negativt, följande åtta tal är exponenten, och de sista 23 är mantissa. En noggrannare version av real finns, och det är lreal, som använder 64 bits istället för 32 bits, där används en bit för att ange om talet är positivt eller negativt, elva för exponenten och 52 för mantissan.

## 5.2 TIA-portal

All programvara är gjord i Siemens TIA portal v14. TIA är en akronym för Totally Integrated Automation. TIA portalen är en sammanslagning av flera tidigare programmeringsverktyg som Siemens erbjuder, t.ex. Step-7 och WinCC. Detta gör programmeringen mer sammanhängande, eftersom allt kan göras i samma program.

### 5.2.1 Norm\_X och Scale\_X

När en analog 4–20 mA signal importerats till en Siemens PLC, konverteras det till ett 16-bits word som varierar mellan 0 och 27648. Vid 4 mA blir variabeln 0 och vid 20 mA blir den 27648.

För att konvertera det importerade värdet till något som är enkelt att använda behöver man använda Norm\_X och Scale\_X blocken.

Norm\_X skalar om en analog signal så att den varierar mellan 0 och 1. Blocket behöver tre insignaler: signalen som man önskar skala om, dess maximivärde och dess minimivärde. Förutom insignalerna behöver man också ange vilken sorts data in- och utsignalen är.

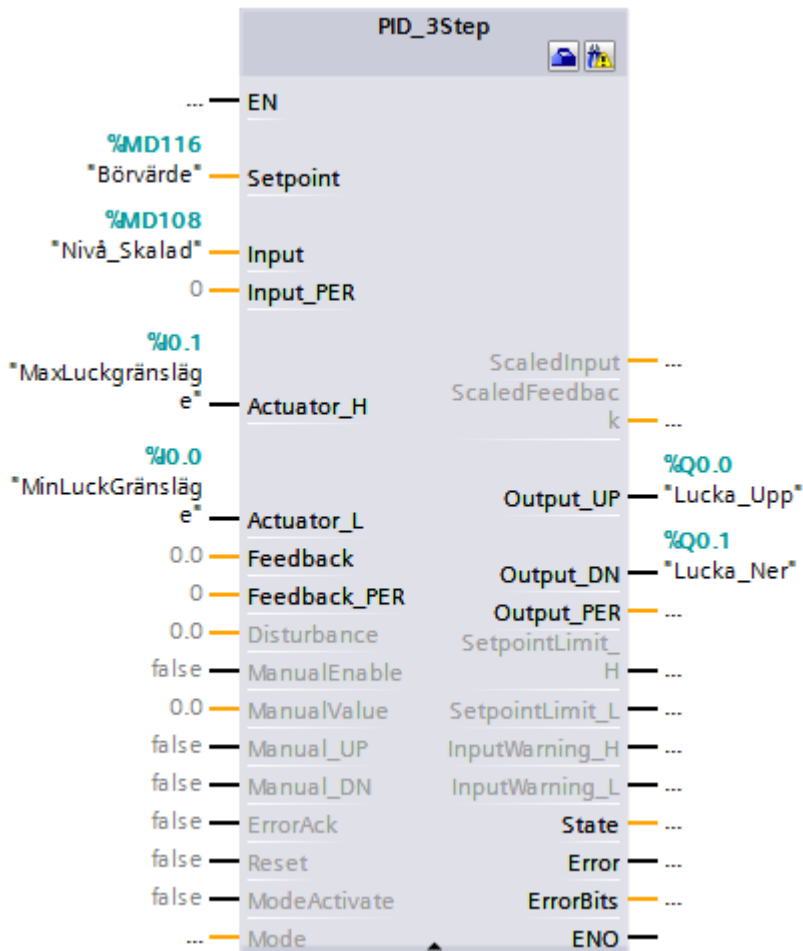
Scale\_X gör motsatsen till Norm\_X, det skalar om en signal som är mellan 0 och 1 till ett önskat värde. Scale\_X behöver också tre insignaler: en normaliserad insignal, det blivande minimivärdet och det blivande maximivärdet. Man behöver också ange signalernas datatyper.

Med dessa två block kan man omvandla en givarsignal till variabler som är användarvänliga.

## 5.2.2 PID\_3Step

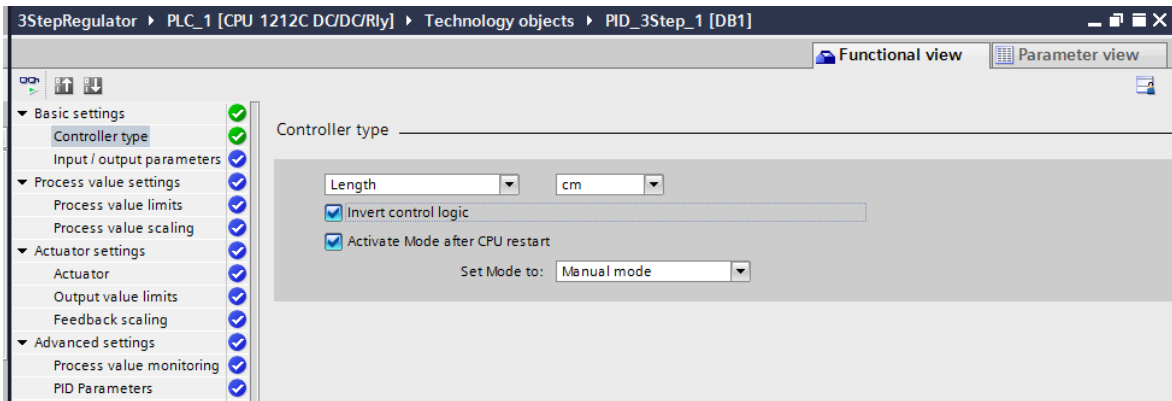
PID\_3Step-blocket finns listat under Technology object i TIA-portalen, där finns också andra regulator block, det som skiljer 3Step från de andra är sättet som det ger utsignaler. En PID regulator genererar vanligtvis en analog signal som blir starkare ju större reglerfelet är, 3Step regulatorm har digitala 2 styrsignaler, en som ökar på flödet i processen och en som

sänker.



Figur 12. PID-3Step block.

I default läget är regulatorm inställd så att den skickar uppsignaler för att höja processvärdet, för att reglera vattennivån uppströms från en utskovslucka behöver regulatorm göra tvärtom, d.v.s. ju mera öppen luckan är desto mera sjunker vattennivån. Detta löses genom att man kryssar i lådan ”invert control logic”



**Figur 13. Invert control logic.**

### 5.3 IEC-61131

IEC-61131 är en samling standarder som beskriver hur man ska använda programmerbara enheter och dess kringutrustning. Standarden delas in i 10 delar, och den tredje delen anses som den viktigaste eftersom där behandlas hur man ska programmera styrenheter.

IEC-61131-3 standarden har utvecklats av flera internationella företag för att standardisera datatyper, variabler och programmeringsspråk inom automation. Det finns fem stycken språk, de är:

- Sequential Function Charts
- Ladder Diagram
- Instruction List
- Function Block Diagram
- Structured List

Av dessa fem språk så är SFC, LD och FBD grafiska, ST och IL är textbaserade. [10]

## 6 Utförande

Här förklaras hur projektet utfördes i praktiken.

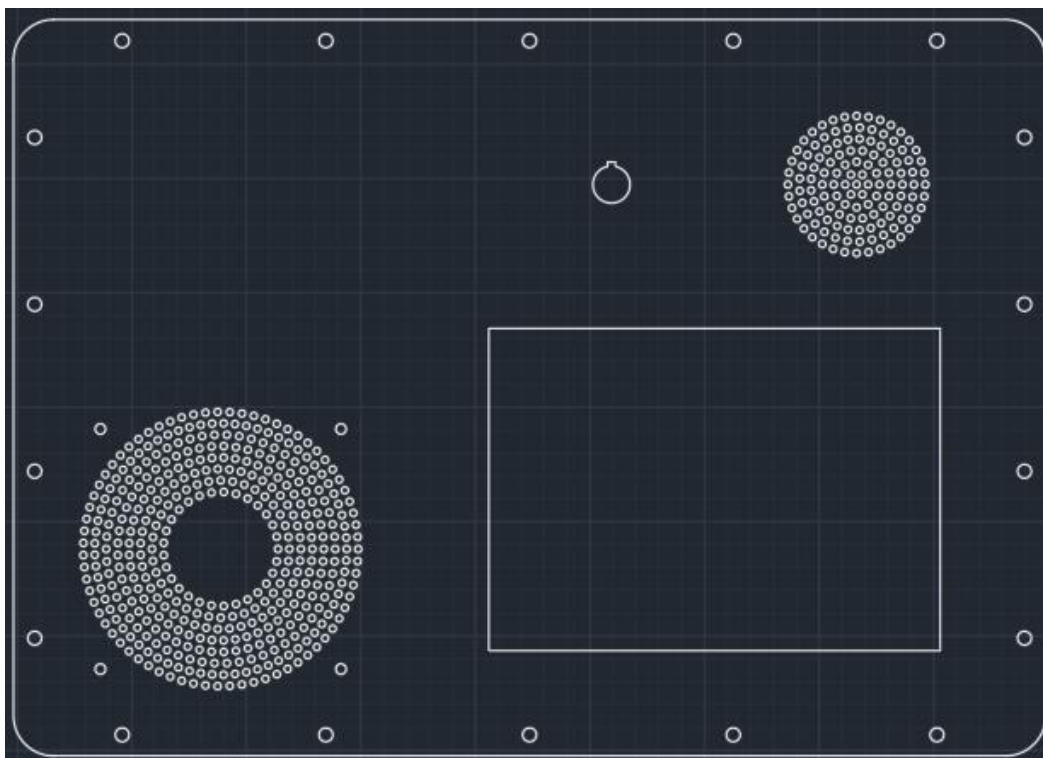
### 6.1 Hårdvara

Den lådan som väljs behöver rymma:

- PLC
- HMI
- switch
- nätaggregat
- router
- fläkt
- plintar
- kabelrännor
- brytare
- säkring.

Lådan som väljs är en Peli iM2450 Storm Case. Lådans inre mått är 46 cm bred, 33 cm hög och 21 cm djup. För att detta ska räcka till delas lådan in i två lager, undre och övre lagret.

Det undre lagret utgörs av lådans botten, in skruvas fast två stycken 35 mm installationsskenor och kring dem kabelrännor. På skenorna installeras PLC:n, switchen, nätaggregatet och skruvplintar. När produkten är färdig syns inte komponenterna på det undre lagret. Det övre lagret utgörs av en 2 mm tjock plåt av aluminium som ritas upp i Autocad och skärs till vid Mekano i Jakobstad.



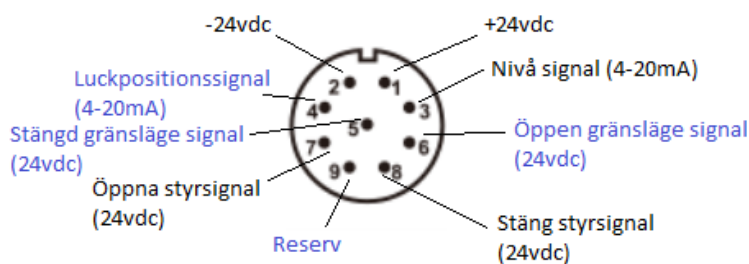
**Figur 14. Plåten som placeras i lådan.**

På plåten installeras:

- en 120 mm fläkt
- en brytare där man väljer mellan 230 VAC, 24 VDC och off
- HMI displayen.

Dessutom reserveras plats på plåten för att i ett senare skede installera en router.

13.5 cm från lådans botten borrar 10 stycken 4 mm hål för att fästa en plåtkant som aluminiumplåten kan ligga mot. På sidan av lådan installeras två uttag för kablar. Ett vanligt schuko uttag för matning av 230 VAC spänning till lådan. Ett uttag för signalerna och 24 VDC matningen, detta uttag är SP2112/P av Weipu connector, uttaget har nio poler och kan leda kontinuerligt 5 A per pol med en max spänning på 400 volt. [11]



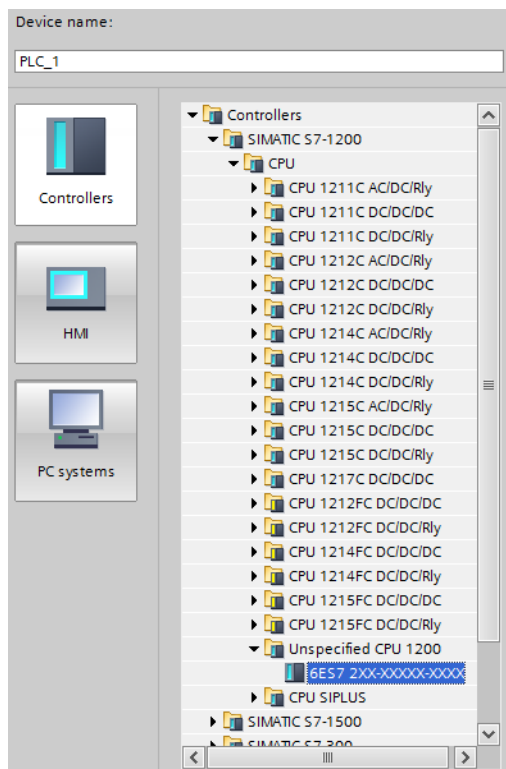
**Figur 15. Signaler och matning i kabeln som kopplas till lådan.**

## 6.2 Programvara

I denna del förklaras hur programvaran till systemet gjordes och hur det fungerar.

### 6.2.1 TIA-portal vid uppstart

All programvara i projektet är skrivet i Siemens TIA-portal, Vid uppstart av programmet har man alternativen att starta nytt projekt eller att öppna ett existerande projekt, och eftersom all kod skrevs från början valdes att skapa ett nytt projekt. När man har valt att skapa nytt projekt, behöver man lägga till ett nytt objekt som man vill programmera.



Figur 16. Val av controller.

PLC:n som användes var en 1212C DC/DC/RLY och ett SM 1231 analogt ingångskort, dessa två komponenter kan man välja att plocka in i programmet manuellt eller alternativt kan man välja Unspecified CPU 1200. Om man väljer det senare alternativet så kan man koppla ihop datorn som kör TIA-portalen med PLC:n och identifiera både PLC:n och alla in- och utgångskort som är kopplade till den. Ett problem som uppstod när PLC:n skulle identifieras var att den inte hittades, problemet fixades genom att stänga av datorns brandvägg.

## 6.2.2 Tags

Ut- och ingångarna i TIA-portalen kallas också för tags. Man kan se alla av en PLC:s tags i ett ”tag table”.

Default tag table								
	Name	Data type	Address	Retain	Acces...	Writa...	Visibl...	Comment
1	Up	Bool	%Q0.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
2	Down	Bool	%Q0.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
3	AnalogStyrsignalPID	Real	%MD100	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
4	P	Real	%MD104	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
5	I	Real	%MD108	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
6	D	Real	%MD112	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
7	Setpoint	Real	%MD116	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
8	Processvalue	Real	%MD120	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
9	Level	Int	%IW96	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
10	Position	Int	%IW98	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
11	Position_Scaled	Real	%MD124	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
12	Mode	Bool	%M128.0	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	1=auto, 0=manual
13	Manual_Up	Bool	%M128.1	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
14	Manual_Down	Bool	%M128.2	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
15	Closed_gränsläge	Bool	%I0.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Gränsläge för när luckan är stängd
16	Open_gränsläge	Bool	%I0.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	gränsläge för när luckan är fullt öp...
17	Dödband	Real	%MD129	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	

Figur 17. Default tag table.

I figur 18 ser man PLC:ns ingångar, utgångar och de globala variablerna.

Ingångarna är:

- Closed\_gränsläge
- Open\_gränsläge
- Level
- Position

Utgångarna är:

- Up
- Down

Resten är globala variabler och de används för att dela data mellan organisations blocken och mellan PLC och HMI.

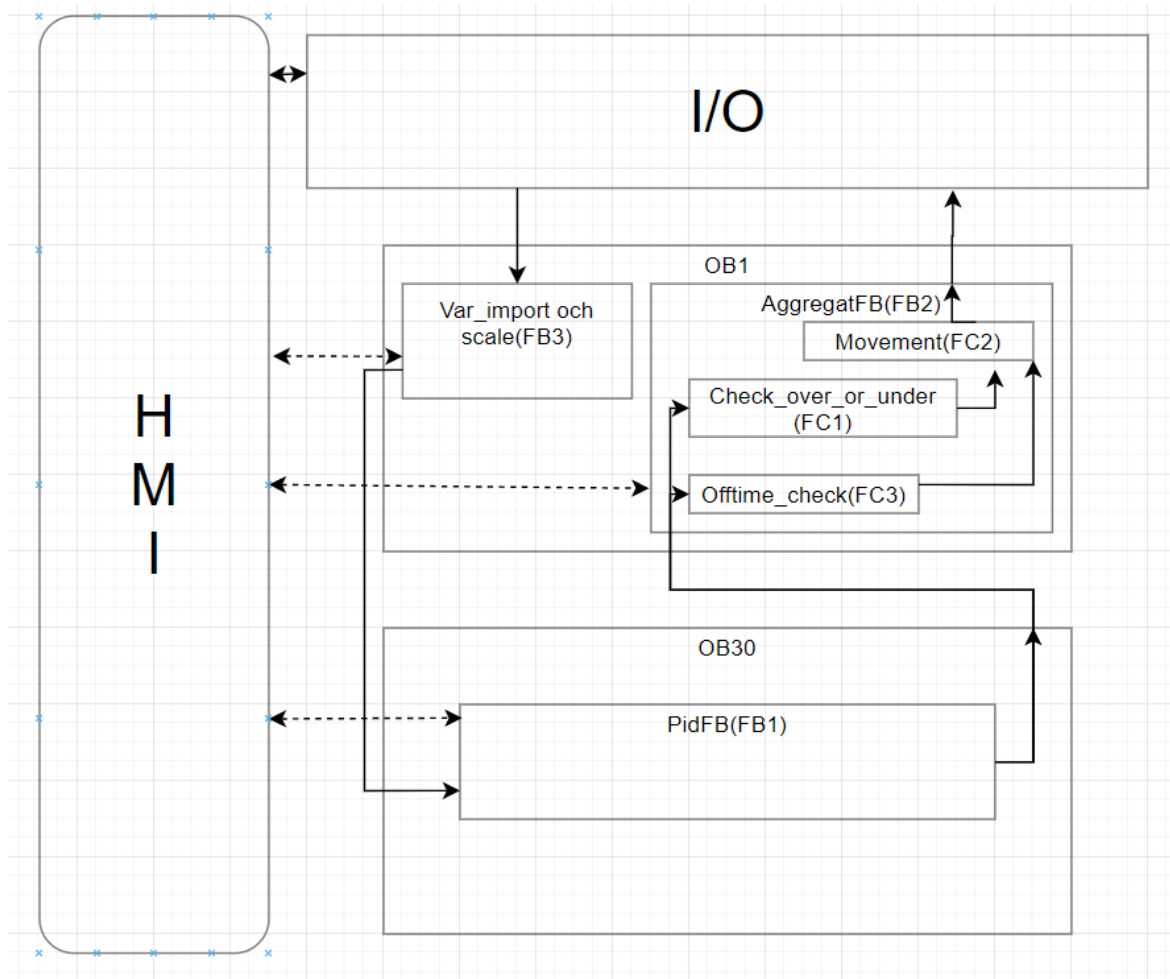
I tag table kan man också välja att ”retain variable” detta betyder att data i variabeln sparas om PLC:n stängs av. För att detta alternativ ska bli tillgängligt behöver man reservera minne. Reservering av minne görs i samma meny som man skapar globala variabler.



Figur 18. Retain-knapp.

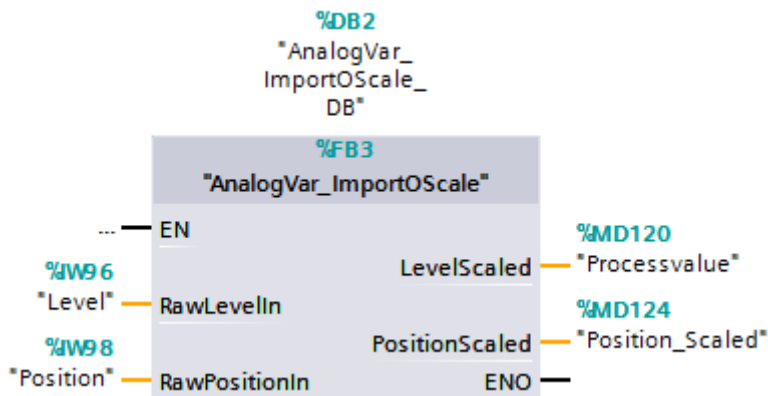
### 6.2.3 PLC-koden

Koden till PLC:n är uppdelad i två delar, OB1 och OB30. OB1 är det organisationsblock som körs när PLC:n inte har något viktigare som måste utföras. OB30 körs på en timer, 1 gång per sekund körs OB30.



**Figur 19. Flödesschema för mjukvara.**

PID\_3step blocket övervägdes att användas för projektet men det saknade funktionen som begränsar körtiden, vissa aggregat som lådan eventuellt kopplas till kan ha svagheter som leder till att motorskyddet slår ut om luckan stänger eller öppnar i längre perioder. Istället för PID\_3step blocket skrevs två egna block, PidFB och AggregatFB. PidFB ger ut en analog styrsignal som används av AggregatFB. AggregatFB innehåller flera funktioner med timers som avgör hur länge Up- eller Down-utgångarna ska vara höga, och hur länge det ska ta före de kan bli höga igen.

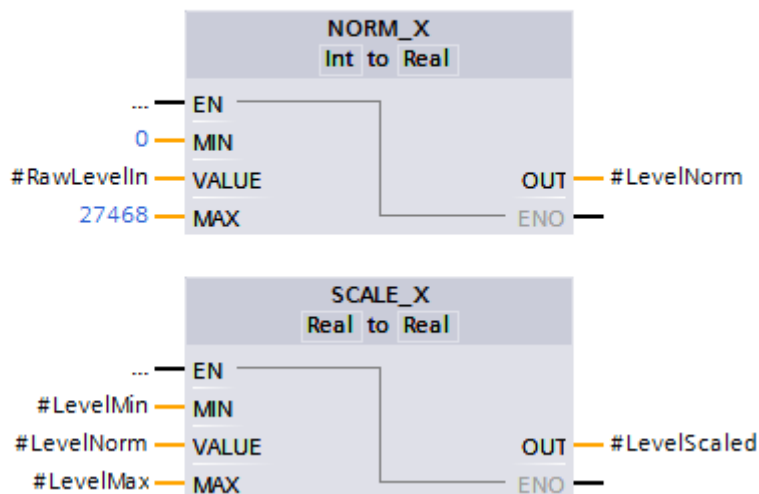


Figur 20. Function Block 3.

Båda analoga insignalerna skalas om till någonting användbart i FB3. För att värden ska sparas mellan körningar av FB3 behöver det en egen databas, till detta är DB2.

AnalogVar_ImportOScale			
	Name	Data type	Default value
1	Input		
2	RawLevelIn	Int	0
3	RawPositionIn	Int	0
4	Output		
5	LevelScaled	Real	0.0
6	PositionScaled	Real	0.0
7	InOut		
8	<Add new>		
9	Static		
10	LevelMin	Real	0.0
11	LevelMax	Real	0.0

Comment

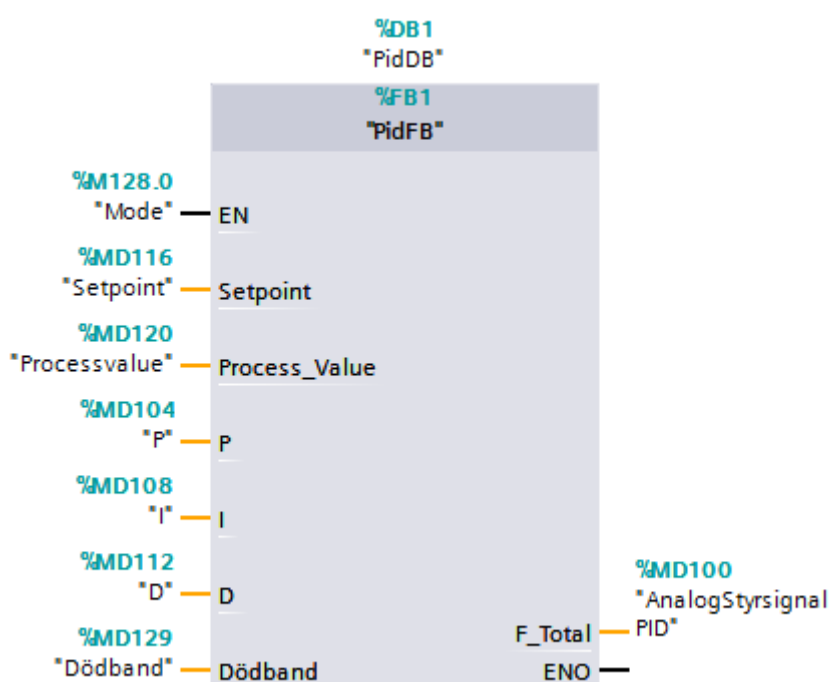


Figur 21. Import av variabler.

I stället för hårdkodad data på SCALE\_X blockets min och max ingångar används variabler. Variabler kan justeras i HMI:n. Detta innebär att man behöver ställa in dessa variabler varje gång man flyttar lådan till en annan utskovslucka, men gör också att man kan använda den vid mera än en utskovslucka.

På nästan samma sätt kodas omskalningen av luckpositionen, skillnaden är att i verkligheten alltid dess minimiposition 0 m. Endast luckans maximiposition behöver vara ställbar.

Ifall man har ställt in de korrekta min- och maxvärden blir utsignalerna ur FB3 användbara verkliga värden.



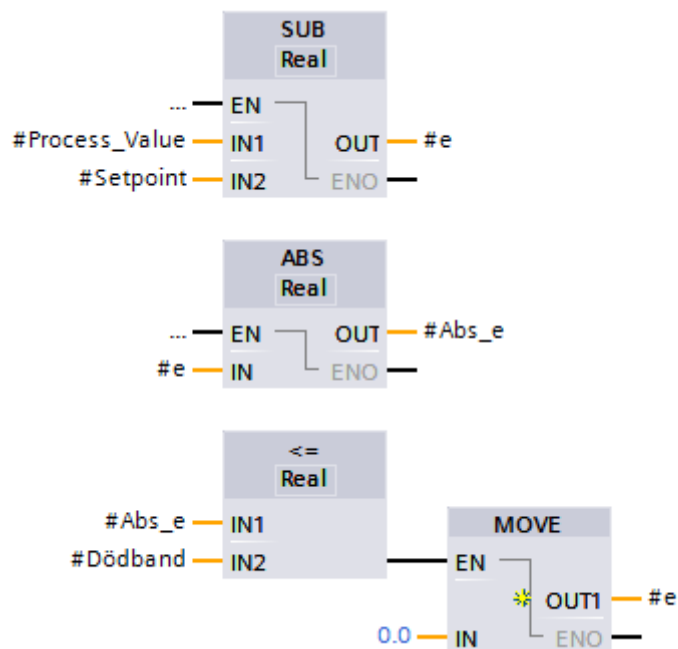
**Figur 22. PidFB.**

I blocket PidFB beräknas den analoga styrsignalen, blocket har sju ingångar, varav sex stycken behöver definieras av en användare. Den enda signalen som inte behöver definieras är processvalue, dvs. nuvarande vattennivån.

För att data mellan körningar av PidFB ska sparas behövs en databas, denna databas är PidDB. Detta är nödvändigt för att spara totala felet från I-variabeln och för att spara felet från senaste körningen till D-variabeln. Variabler som inte är in eller ut variabler kan vara Static eller Temp, skillnaden mellan dessa är att Temp endast används under en specifik körning av ett block medan Static variabler också sparas och kan användas i senare körningar av blocken.

PidFB		
	Name	Data type
1	▼ Input	
2	Setpoint	Real
3	Process_Value	Real
4	P	Real
5	I	Real
6	D	Real
7	Dödband	Real
8	▼ Output	
9	F_Total	Real
10	▼ InOut	
11	<Add new>	
12	▼ Static	
13	e_LastSeq	Real
14	I_TOTAL_1	Real
15	▼ Temp	
16	e	Real
17	F_p	Real
18	F_i	Real
19	F_d	Real
20	I_Total	Real
21	e_Change	Real
22	Abs_e	Real

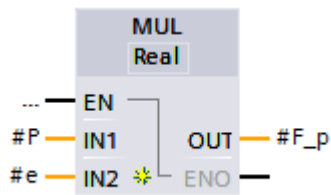
Figur 23. Variabler i PidFB.



Figur 24. Felet och dödband.

Det första som görs i PidFB är att processvärdet och börvärdet jämförs, skillnaden mellan dessa blir processfelet  $e$ . Eftersom dödband behöver fungera både om processvärdet är lite

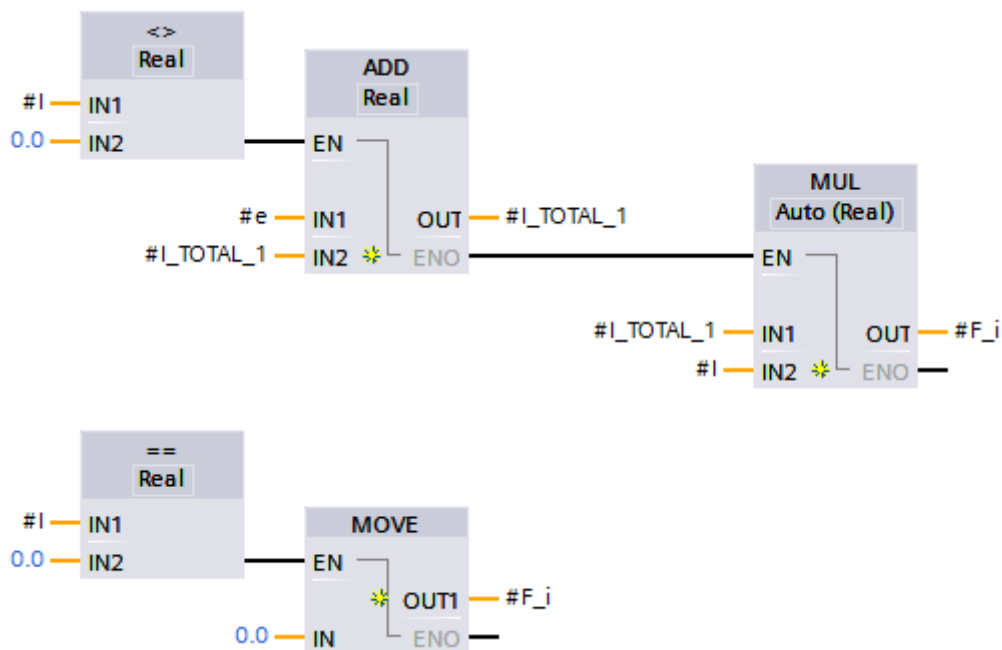
under eller lite över börvärdet behöver man jämföra det med absolutbeloppet av processfelet och inte med felet direkt.



I P-delen av PidFB multipliceras, Den användardefinierade variabeln P med processfelet e.

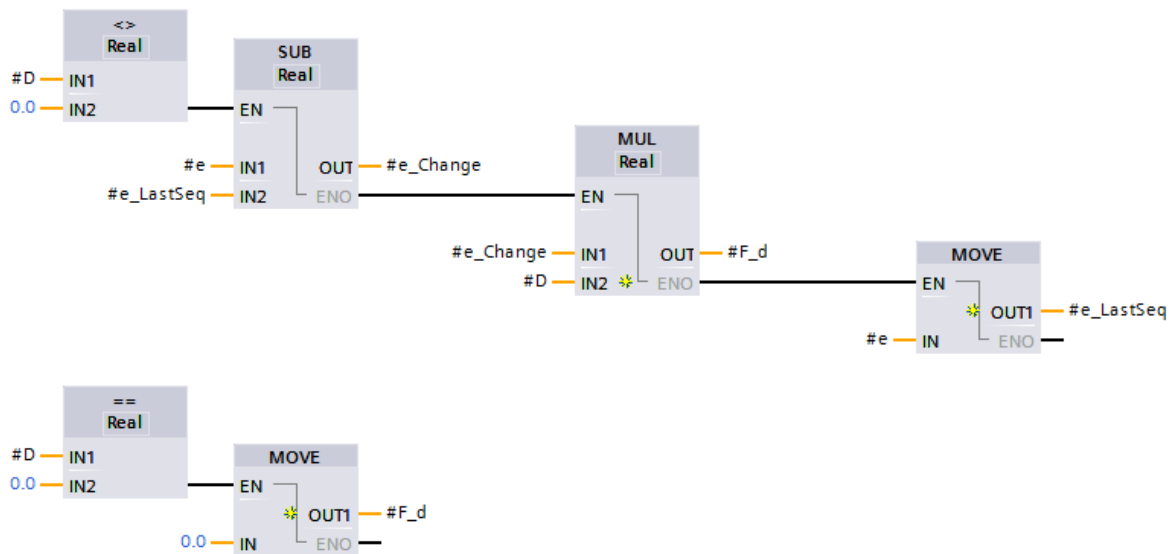
Figur 25. P-del.

I I-delen behöver man först se ifall användaren har ställt värdet i I variabeln till 0. Ifall detta är sant så ska I-delen inte ha någon inverkan på utsignalen. ifall I inte är 0 så ska den vara aktiv. Då adderas felet e till I\_TOTAL\_1 som är en statisk variabel. I\_TOTAL\_1 sparas i PidDB mellan körningar. Dessutom multipliceras I\_TOTAL\_1 med I och produkten blir F\_i, dvs. I-delens utsignal.



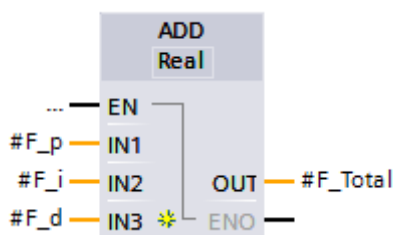
Figur 26. I-del.

På samma sätt som I-delen behöver man först se ifall D-variabelns värde är 0, ifall det inte är 0 så ska den vara aktiv. Då subtraheras felet med felet från förra programkörningen, differansen multipliceras med med det användargivna värdet i D-variabeln och produkten av detta blir utsignalen F\_d.



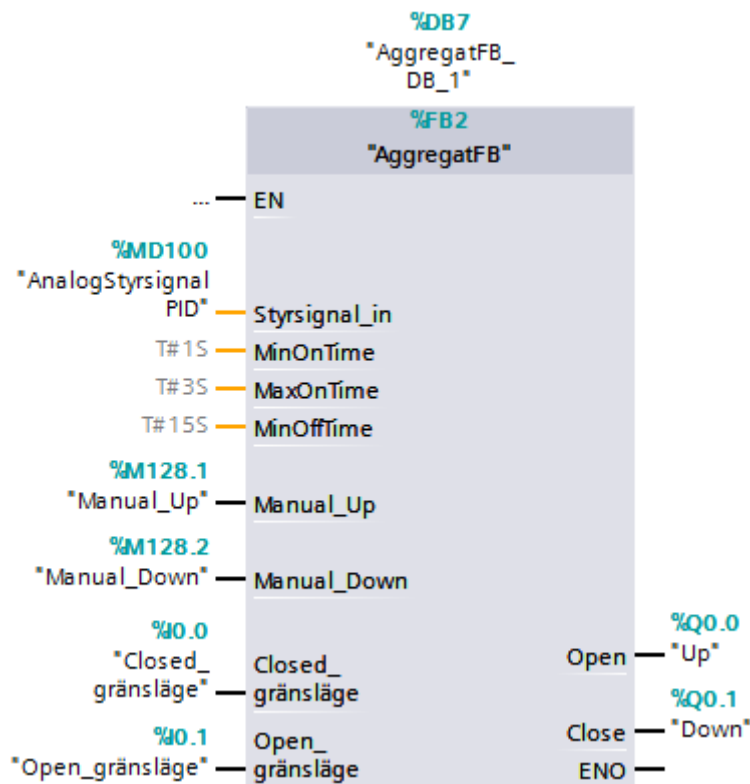
**Figur 27. D-del.**

När alla tre delarna har beräknats summeras de till den slutliga utsignalen  $F\_Total$ . När Pid blocket har kört färdigt sparas  $F\_Total$  som den globala variabeln  $AnalogStyrsignalPID$ , för att den ska vara tillgänglig för  $AggregatFB$ . När  $OB30$  har kört färdigt återgår PLC:n till körning av  $OB1$ , det andra nätverket som finns där är  $AggregatFB$ , detta är funktionsblocket som ger de slutliga styrsignalerna.



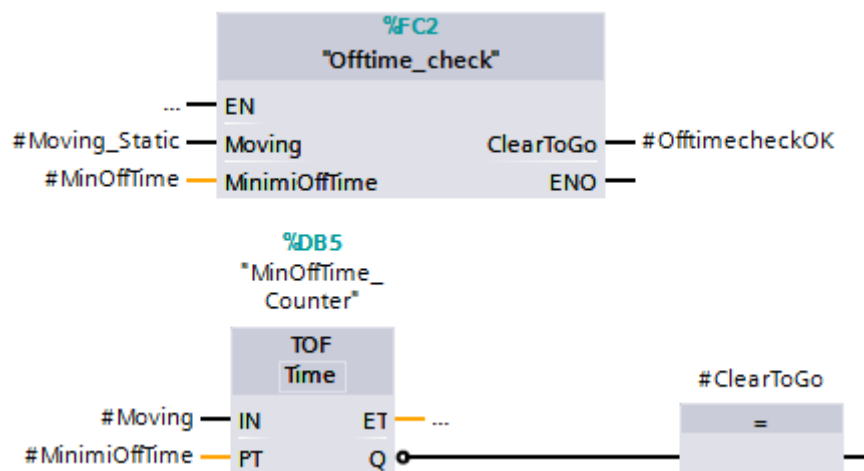
**Figur 28. Summering av signalerna.**

I  $AggregatFB$  finns tre stycken funktioner. En funktion som kontrollerar att luckan inte har fått en styrsignal nyligen. En funktion som omvandlar analoga styrsignalen och ser till att utsignalen är lämpligt lång. Och till sist en funktion som kollar gränslagen och ändrar utsignalerna.



Figur 29. AggregatFB.

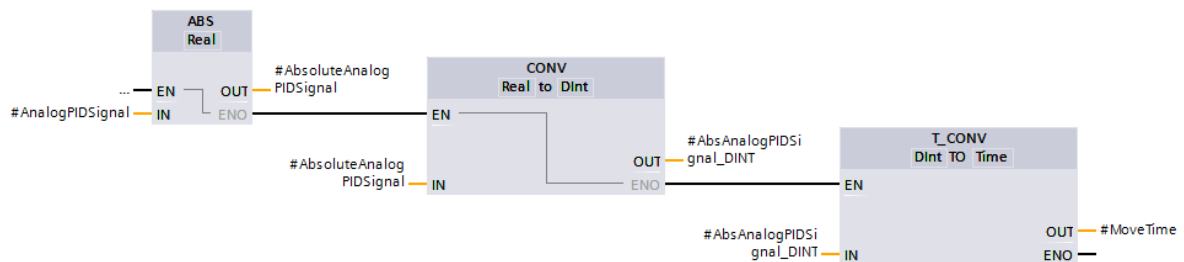
Den första funktionen i Aggregat\_FB är Offtime\_check, denna funktion består av en off-delay timer med en inverterad utsignal. Variablerna Moving och ClearToGo är boolska variabler. MinimiOffTime är en time variabel. Blocket fungerar så att när insignalen faller bort, dvs. moving i denna situation, börjar en timern räkna ner mot noll. Timerns startpunkt är MinimiOffTime. Timern räknar ner 1 per millisekund. Om MinimiOffTime är ställt till 15 000 tar det 15 sekunder före ClearToGo blir hög efter att Moving har varit hög.



Figur 30. Offtime\_check.

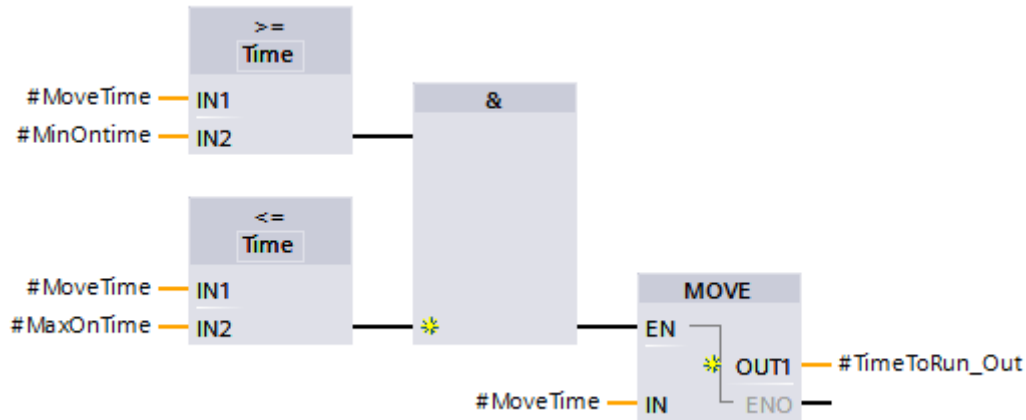
Den analoga PID-signalen kräver flera mellansteg för att omvandlas till två digitala utsignaler. Signalen behöver omvandlas så att den går att jämföras med MinOnTime och

MaxOnTime. Siemens erbjuder inget block som direkt omvandlar från Real till Time. För konvertering mellan Real och Time behövs tre olika block. Först behöver man se till att signalen är positiv, detta görs genom att ta absolutbeloppet av signalen. När man är säker på att värdet är positivt kan signalen omvandlas från Real till Int, detta görs i ett CONV block. Här avrundas signalen eftersom Int variabeln endast kan anta heltal, men förlusterna i denna avrundning konstateras försumbara.



**Figur 31. Real till Time-konvertering.**

Det sista steget är att omvandla från Int till Time, detta görs med hjälp av T\_CONV blocket. Värdet i Time variabler är räknade i millisekunder. Ett värde av 100 i en Time-variabel blir 0.1 sekunder. I T\_CONV blocket konverteras värdet av en Int till Time med förhållandet 1:1.



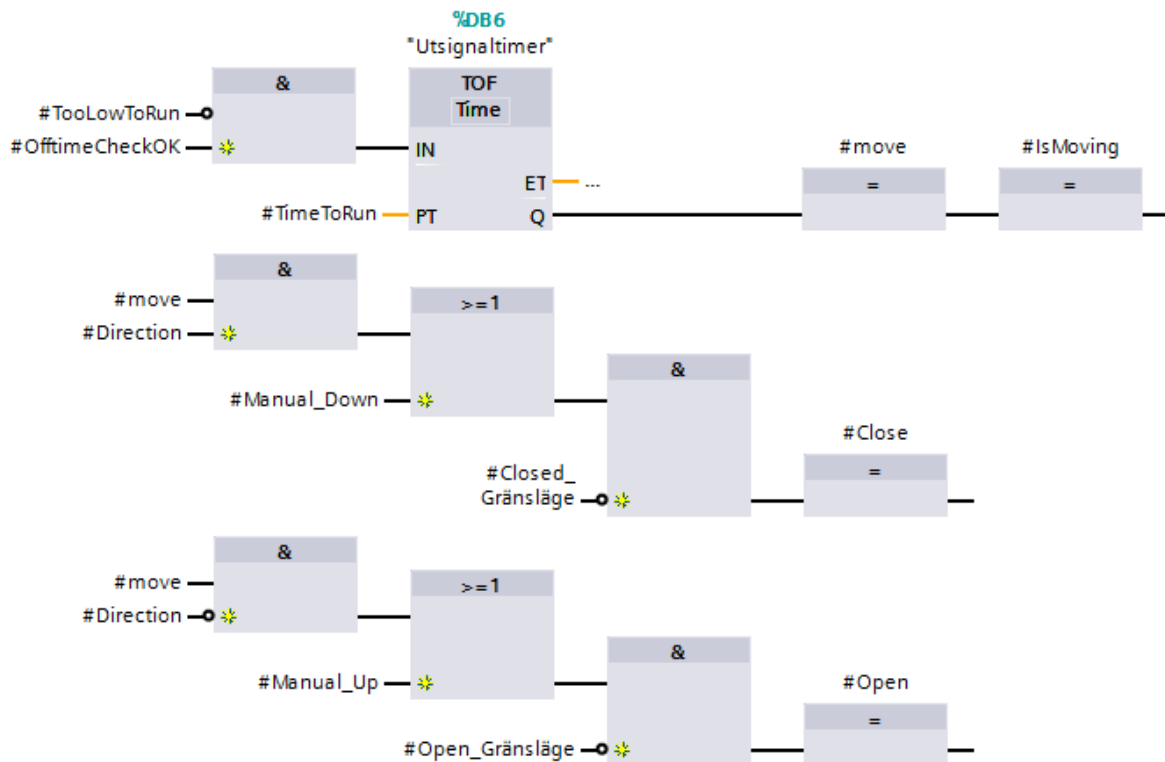
**Figur 32. Komparatorfunktioner.**

När signalen kan jämföras med MinOnTime och MaxOnTime kan tre olika scenarion uppstå:

1. Värdet är lägre än både MinOnTime och MaxOnTime. Då sätts en TooLowToRun hög.
2. Värdet är mellan MinOnTime och MaxOnTime. Då flyttas värdet i MoveTime till TimeToRun\_Out.
3. Värdet är högre än MinOnTime och MaxOnTime. Då flyttas värdet i MaxOnTime till TimeToRun\_Out.

Värdet i TimeToRun\_Out blir tiden som luckan stänger eller öppnar.

En sista jämförelse görs i Check\_under\_or\_over blocket, det är ifall original PID-signalen är positiv eller negativ. Om signalen är positiv blir Direction hög. Direction är en nödvändig bit i Movement blocket. Om Direction är ställd hög öppnar luckan och om den är låg stänger luckan.



Figur 33. MovementFC.

Det sista blocket i AggregatFB är MovementFC. För att något ska hända i MovementFC behöver OffTimeCheckOK vara hög och TooLowToRun vara låg. När detta gäller sätts Move och IsMoving höga. IsMoving används i Offtime\_check blocket för att nollställa timern.

När Move blir hög ska endera av utsignalerna bli hög, om Direction är hög så blir stängsignalen hög, och om Direction är låg blir öppnasignalen hög.

Det är här som manuell körning kodas, Manual\_Up och Manual\_Down kan aktiveras av användaren via HMI-panelens knappar. Så länge som respektive knapp är tryckt ner kommer signalen att vara hög.

Gränslägen kan också kopplas till PLC:n, eftersom enheten planeras vara kompatibel med flera utskovsluckor behöver den ha denna funktion. Ifall luckan är fullt öppen så borde Open\_gränsläge bli hög och då kan inte PLC:n skicka öppna signaler. Samma sak gäller ifall

luckan är stängd, då ska Closed\_gränsläge vara aktiv och enheten kan inte skicka stäng signaler.

#### 6.2.4 HMI-konfigurering

I TIA-portalen läggs en HMI-skärm med i projektet under ”Devices and networks” och sen ”Add new device”. För skärmar finns inget alternativ att lägga till en icke-identifierad skärm, så man behöver klicka fram tills man hittar modellen man har. I detta arbete var det 6AV2 123-2GB02-0AX0.

När man klickar på ”Add” öppnas en snabbkonfiguration, där kan man lägga till enkla larm, knappar och olika generiska bilder. Det enda som görs i snabbkonfigurationen är att PLC:n länkas till HMI:n som väljs.

Skärmen har tre olika bilder som man kan välja mellan, val mellan bilderna görs på de tre knapparna som finns under skärmen. Bilderna är Home, Settings och Trend.

Home-bilden fungerar som default bild och det är den första bilden som syns vid uppstart. Här finns:

- en möjlighet att ange nivåbörvärde
- en drop down meny där man väljer om luckan ska vara i hand eller auto läge
- visning av luckans position
- visning av nuvarande nivå.

Settings-bilden ska användas främst när man flyttar regulatorm till ett nytt ställe, här finns största delen av input variablerna. De är:

- Regulatorvariablerna: P, I, D och dödband
- Aggregatvariablerna: MaxOnTime, Min- och MaxOffTime
- Skalningvariablerna: Nivå vid 4 mA och 20 mA och luckposition vid 20 mA.

Trend-bilden är en graf som visar vattennivån och börvärdet de två senaste minuterna, en rödfärgad linje väljs för nivån och en cyanfärgad linje för börvärdet.

## 7 Resultat

Resultatet blev en fungerande, portabel trestegsregulator som går att använda vid alla fem av Herrfors vattenkraftverk i Esse å. Systemet behöver matning, nivåsignal och två utgångar för upp och ner styrsignalerna. Till systemet kan man också koppla gränslägen och luckpositionsgivare men de är inte nödvändiga för att systemet ska fungera. När systemet är uppkopplat öppnar man lådan och vrider på vridknappen till läget man valt, 24VDC eller 230VAC, och när man gör detta startar PLC:n och HMI:n. Systemets startläge är "hand" detta innebär att man kan köra luckan för hand genom att trycka på knapparna under HMI skärmen. Före man lägger systemet i auto behöver man se till att givarvärden under Avancerat menyn på skärmen är korrekta. När systemet är i auto får man göra ändringar i PID-variablerna ifall man anser att systemet borde bete sig annorlunda.



Figur 34 Lådan i verkligheten

Under projektets gång gjordes en del ändringar till specifikationen, de två största var:

- Alternativet att köra systemet på 110 VDC togs bort. I utgångsspecifikationen var skrivet att systemet ska ha alternativ att köras på 24 VDC, 110 VDC och 230 VAC. Detta togs bort eftersom det på alla ställen som 110 VDC finns, också finns 24 VDC. Systemets fysiska storlek skulle också ha blivit större med alla tre alternativen, vilket skulle ha gjort det mindre portabelt.
- Uppkoppling till befintligt SCADA-system var från början tänkt att skulle vara med som en del av examensarbetet men efter att ha påbörjat arbetet insågs att arbetet skulle bli för tidskrävande. I stället görs det som ett tilläggsarbete efter examensarbetet.

## 8 Diskussion

Slutresultatet blev inte långt ifrån det jag hade planerat från början. Systemet blev kanske lite svårare att använda än vad det var tänkt från början. Om man vill göra systemet mer användarvänligt borde man installera brytare vid kraftverken som styr om de nödvändiga signalerna rakt till lådan så att man inte behöver koppla om dem.

Det var utmanande att lära sig använda TIA-portalen, även om vi tidigare i skolan använt dess föregångare Step-7. En annan utmaning var att förstå sig på konceptet av flytande spänning, att i ett 24 volt system är det 24 volt mellan polerna, och att dess spänning till jord kan variera. En hel del tid spenderades på att försöka få PID\_3step-blocket att fungera som jag önskade. Innan jag valde att skriva all kod själv försökte jag många gånger få blocket att göra som jag ville men det verkade ha ett eget liv när simuleringar utfördes.

Systemet kommer sannolikt att kopplas till en befintlig utskovslucka först i mitten av sommaren 2021, när service kommer att utföras vid Kattilakoski kraftverk och befintlig PLC tas ur bruk. Ändringarna som kommer att ske innan den kopplas upp är att den ska kunna kopplas upp till driftcentralens MicroSCADA-system så att nivån kan observeras på distans. En larmkrets för flåttörer ska också läggas till systemet.

## 9 Källor

- [1] Katternö Group, Katternöbolagens årsberättelse, Jakobstad, 2019.
- [2] PB, "Statistical Review of World Energy," BP Statistical Review of World Energy & Ember, 2019.
- [3] Statistikcentralen, "Elanskaffning efter energikälla," Statistikcentralen, Helsingfors, 2019.
- [4] "Strömkraftverk" NE Nationalencyklopedin AB, [Online]. Available:  
<https://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/l%C3%A5ng/str%C3%B6mkraftverk>.  
[Använd 3 Februari 2021].
- [5] Nanopdf, "Nanopdf," Nanopdf, 13 1 2018. [Online]. Available:  
[https://nanopdf.com/download/vind-och-vattenkraft\\_pdf](https://nanopdf.com/download/vind-och-vattenkraft_pdf).  
[Använd 15 1 2021].
- [6] Ympäristö, "Vesistöennusteet: Ähtävänjoen vesistöalue," ympäristöhallinto, 24 02 2021.  
[Online]. Available:  
<https://wwwi2.ymparisto.fi/i2/47/index.html>.  
[Använd 24 02 2021].
- [7] Siemens, "SIMATIC HMI Basic Panels," Siemens, [Online]. Available:  
<https://new.siemens.com/global/en/products/automation/simatic-hmi/panels/basic-panels.html>.  
[Använd 11 1 2021].
- [8] Sälzer, "Low Voltage Switchgear," Sälzer, [Online]. Available:  
[https://www.saelzer.com/download/documents/Saelzer\\_Catalogue\\_Rotary\\_Cam\\_Switches.pdf](https://www.saelzer.com/download/documents/Saelzer_Catalogue_Rotary_Cam_Switches.pdf).  
[Använd 11 1 2021].
- [9] "STS-sensors/products," STS-sensors, [Online]. Available:  
[https://www.stssensors.com/Pressure-sensors/Liquid-Level-Transmitter/Overview.aspx?ctgyName=Pegelsonden&path=CMS/CMS\\_HQ/CMS\\_HQ\\_Catalog/CMS\\_HQ\\_Catalog\\_Products/Pegelsonden](https://www.stssensors.com/Pressure-sensors/Liquid-Level-Transmitter/Overview.aspx?ctgyName=Pegelsonden&path=CMS/CMS_HQ/CMS_HQ_Catalog/CMS_HQ_Catalog_Products/Pegelsonden).  
[Använd 9 januari 2020].

- [10] "PLCopen: Logic," 16 4 2019. [Online]. Available: <https://www.plcopen.org/technical-activities/logic>.
- [11] Weipu Connector, "SP2112/P Threaded Material and Spec," Weipu Connector, 2020. [Online]. Available:  
<https://www.weipuconnector.com/product/39>.  
[Använd 3 12 2020].
- [12] Siemens, "Siemens Industry Mall," Siemens, [Online]. Available:  
<https://mall.industry.siemens.com/mall/en/WW/Catalog/Product/6GK7277-1AA10-0AA0>.  
[Använd 11 1 2021].