

Installation och styrning av ackumulatortank

Effektivisering av energiproduktion



LUNDS
UNIVERSITET

Lunds Tekniska Högskola

LTH Ingenjörshögskolan vid Campus Helsingborg
Elektroteknik med automation

Examensarbete:
Tim Olsson

© Copyright Tim Olsson

LTH Ingenjörshögskolan vid Campus Helsingborg
Lunds universitet
Box 882
251 08 Helsingborg

LTH School of Engineering
Lund University
Box 882
SE-251 08 Helsingborg
Sweden

Tryckt i Sverige
Avd. för industriell elektroteknik och automation
Lunds universitet
Lund 2014

Sammanfattning

Vid fjärrvärmeproduktion stöter man ofta på problem med en obalanserad energiförbrukning under ett dygn hos konsumenterna. Höga energiförbrukningar under morgon och kväll, samt låga energiförbrukningar mitt på dagen och under natten, leder till mer slitage och ojämn produktion hos pannorna.

För att lösa problemet installeras en ackumulator i fjärrvärmesystemet som laddas upp med fjärrvärme under de låga förbrukningstimmarna och sedan urladdas under de höga förbrukningstimmarna. Pannorna som producerar fjärrvärmen kan gå på en genomsnittlig effekt genom hela dygnet och låta ackumulatortanken täcka förbrukningstopparna under dygnet.

I rapporten görs en omfattande beskrivning av hur en ackumulatortank ska sättas in i ett verkligt fjärrvärmesystem och hur tanken ska installeras och styras med hjälp av en funktionsbeskrivning, regleringsscheman, kretsscheman, m.m.

Resultatet i rapporten är, förutom en grundbas till en framtida uppbyggnad av ett effektivt fjärrvärmesystem i Ljungsbro, även vad för ackumulatortank som krävs för täcka energibehovet. Den tilltänkta oljecisternen på 500 kubikmeter räcker inte till ändamålet utan måste bytas ut mot en tank på minst 780 kubikmeter.

Nyckelord:

Fjärrvärme
Ackumulatortank
Energiförbrukning
P&I-schema
Sekvensschema
Reglerschema
Kretsschema

Abstract

When working with district heating production, you often encounter problems with unbalanced energy consumption from the consumers during the 24 hours of a day.

High energy consumption when it is morning and evening while it is low energy consumption on midday and during the night. This leads to higher wear and tear and an uneven production rate at the boilers.

To solve this problem you can install a heat storage tank in the district heating system that is loaded during the low consumption hours and then depleted during the high consumption hours. The boilers that produce the heating can now work at an average output through the whole day and let the heating storage tank cover the consumption peaks.

In this report you get to read a comprehensive description about how to install a storage heating tank into a real district heating system. It contains a functional description, control schemes, schematics etc. that basically covers all parts to get a storage heating tank going in this specific system.

The result of this report is, besides a basis for a future build-up of a district heating system including a heating storage tank, also that the intended tank on 500 cubic meters is too small for this purpose and need to be changed for a tank that is at least 780 cubic meters big.

Keywords:

District heating
Heat storage tank
Energy consumption
P&I-scheme
Sequence chart
Control scheme
Circuit diagram

Förord

Examensarbetet omfattar 22,5HP och är en avslutning på högskoleingenjörsutbildningen elektroteknik med automation. Arbetet utfördes på Tekniska verken AB i Linköping

Jag vill tacka min handledare Tomas Hvalgren för en bra vägledning under min tid på Tekniska Verken.

Jag vill även tacka Niklas Winberg och Christer Johansson, samt resten av personalen på Tekniska Verken, för det behövliga stödet och hjälpen som har erbjudits under arbetets gång.

Maj 2014

Tim Olsson

Innehållsförteckning

1. Inledning	1
1.1 Bakgrund:	1
1.2 Syfte	2
1.3 Problemformulering	2
1.4 Avgränsning	2
2. Metod	3
2.1 Tillvägagångssätt	3
2.2 Källkritik	3
3. Terminologi	4
4. Teknisk bakgrund	5
4.1 Ackumulatortank	5
4.1.1 Val av ackumulatortank	5
<i>Trycksatt ackumulatortank</i>	5
<i>Öppen ackumulatortank</i>	6
<i>Optimala valet för Ljungsbro</i>	7
4.2 Fjärrvärmesystem	10
4.3 Allmänt om schemaritningen	10
5. Resultat	12
5.1 P&I-Schema	12
5.2 Sekvensschema	14
5.3 Hårdvirade och mjukvirade säkerhetsfunktioner	16
5.4 Reglering	18
5.4.1 Reglering av tornbypumparna	20
5.4.2 Nivåreglering ackumulator	22
5.4.3 Reglering värmeväxlare.....	24
5.4.4 Uppladdning	26
5.4.5 Temperaturreglering.....	28
5.4.6 Urladdning.....	30
5.5 Beräkning av laddningsprocent i ackumulator	32
5.6 Kretsscheman	34
5.6.1 Temperaturförregling	34
5.6.2 Nivåförregling	36
5.6.3 Säkerhetskrets	38
5.6.4 Pump P05 och P07	40
5.6.5 Pump P04 och P08	42
<i>Fortsättning P04 och P08</i>	44
5.6.6 Ventil V04 och V08.....	46
5.6.7 Ventil V01 och V02.....	48
6. Slutsats	50

6.1 Framtida utvecklingsmöjligheter	50
7. Referenser	51
Böcker	51
<i>Personer</i>	51
<i>Företag</i>	51
<i>Manualer</i>	51
Websidor	51
Appendix A	52
Funktionsbeskrivning	52
Allmänt.....	52
Sekvenser.....	53
<i>Startsekvens ackumulator</i>	53
<i>Stoppsekvens ackumulator</i>	53
Fjärrvärmesystem	54
<i>Akkumulatordrift öppet kärl</i>	54
<i>Urladdning av ackumulator</i>	58
<i>Uppladdning av ackumulator</i>	60

1. Inledning

1.1 Bakgrund:

Det kommunala aktiebolaget Tekniska Verken producerar el, vatten, fjärrvärme, fjärrkyla, avfallshantering, bredband och biogas. Produktionen sker främst i de två huvudanläggningarna Gärstadverket och Kraftvärmeverket i Linköping.

Tekniska Verken äger även fjärrvärmeproduktionsanläggningar i Borensberg, Åtvidaberg och Katrineholm.

Gärstadverket är ett kraftvärmeverk som producerar el och fjärrvärme.

Bränslet för produktionen är till största delen kommunalt hushållsavfall där avfallets energi omvandlas till värme och elenergi.

Anläggningen består av fyra pannor där panneffekten varierar från 18MW, 2 * 30MW och 68MW.

Det är ytterligare en panna som är under uppbyggnadsfas där den planerade panneffekten är på 80MW.

Kraftvärmeverket består av tre pannor för produktion av el och fjärrvärme.

Kraftvärmeverket är mer bränsleflexibelt än Gärstadverket, där bränslevariationen är trä, kol och olja. Variationen av bränsleförbrukningen beror på förändringar i driftkostnader för respektive bränsle.

I Ljungsbro finns två hetvattencentraler kallade HVC 40 samt HVC 45.

Eftersom att fjärrvärmenätet i Ljungsbro är ihopkopplat med fjärrvärmenätet från Linköping så används inte HVC 40 mer än under vintermånaderna. HVC 45 används av företaget Cloetta men är även en reserv till Ljungsbro's fjärrvärmenät.

Tekniska verken vill effektivisera sin fjärrvärmeproduktion till Ljungsbro då det är en ojämn energiförbrukning i samhället, samt en lång transportsträcka mellan huvudproduktionen i centrala Linköping och Ljungsbro, vilket resulterar i höga driftkostnader.

En ackumulatortank ska därför installeras och programmeras i Ljungsbro så att värmeenergi kan lagras respektive användas vid behov. Detta ska jämna ut tryckfördelningar och stabilisera driften av pannorna i Linköping.

Med hjälp av det nya systemet ska det sparas in pengar jämfört med de nuvarande spetsanläggningarna som befinner sig i Ljungsbro som har en hög produktionskostnad till skillnad från produktionen i centrala Linköping.

1.2 Syfte

Att med hjälp av en ackumulatortank och reglering utjämna tryckfördelningen i fjärrvärmesystemet och stabilisera driften av pannorna för att minska produktionskostnaderna. Uppskattningsvis så kommer man kunna spara in 4,6 miljoner kronor på ett år. Detta är baserat på de oljekostnads- och biobränslekostnads-siffror som kommer från energi och planeringsavdelningen på Tekniska verken.

1.3 Problemformulering

- Vad för typ av ackumulatortank ska användas?
 - Trycksatt eller öppen ackumulator?
Beroende på vad för typ av tank som ska användas i systemet, så blir det stora skillnader på hur funktionerna i uppbyggnaden kommer att fungera.
- Hur ska systemet byggas upp?
 - Hur ska P&I-schemat se ut?
Det är viktigt att ta reda på hur laddning, urladdning, samt diverse säkerhetsfunktioner ska utföras för att få en effektiv ackumulatordrift.
 - Hur ska ackumulatordriften fungera?
När ska laddning, urladdning och säkerhetsfunktioner i systemet utföras.
- Hur ska styrningen fungera?
 - Vilka sorts larm ska användas?
Systemet måste byggas upp enligt en särskild säkerhetsnorm för att få fram de säkerhetsfunktioner som behövs.
 - Vilken typ av reglerfunktion ska användas?
Hur ska regleringen byggas upp kring de komponenter som används vid ackumulatordriften.

1.4 Avgränsning

Ingen djupare inblick i programmering inom ABB-systemet kommer att ske på grund av stor komplexitet och att det mesta av tiden för examensarbetet skulle behöva läggas på att sätta sig in i programmeringsspråket. Det var även brist på personal som hade någon kunskap inom det här programmeringsspråket.

På grund av att någon simulering inte kommer kunna utföras, så blir det inte några exakta uträkningar på regulatorernas inställningar, utan endast ett exempel på hur beräkningarna kan utföras när man väl kan simulera systemet.

Någon analys av reglering har heller inte utförts vilket betyder att det fortfarande kan finnas vissa brister i regleringen som kan behöva rättas till när systemet ska realiseras.

2. Metod

2.1 Tillvägagångssätt

Förstudierna som har gjorts innan arbetet påbörjades, var att läsa igenom den litteratur som Tekniska Verken tillhandagav, för att få kunskaper om hur fjärrvärmesystem fungerar och en djupare inblick i hur ackumulatortankar används.

Innan P&I-schemat, reglerfunktioner och kretsscheman ritades ner bestämdes vad för typ av ackumulatortank som skulle användas och vad för säkerhetsnorm som systemet skulle byggas upp på.

Med hjälp av förbrukningssiffror över fjärrvärmesystemet i Ljungsbro och diskussioner med handledaren och företaget MIDROC, bestämdes det att en öppen ackumulatortank passade för det här ändamålet.

Som säkerhetsnorm bestämdes det att SS-EN 764-7(Säkerhetssystem för ej eldberörda trycksatta anordningar) skulle användas. Anledningen till att en säkerhetsnorm för trycksatta kärl valdes, var för att Tekniska Verken hade det som krav eftersom att de använt samma norm till liknande system.

Reglerfunktionerna och kretsschemana färdigställdes med hjälp av manualer om blockfunktioner och reglerfunktioner som Tekniska Verken använder sig av i sina system, och rådgivning från personal som har kunskaper inom deras regler- och krets-system.

2.2 Källkritik

Som referenser till det här examensarbetet har det använts företag, enskild personal, böcker, m.m. De flesta av referenserna som har använts har varit rekommenderade av bl.a. handledaren men även övrig personal på Tekniska Verken.

Boken Fjärrvärme. Teori, teknik och funktion[1] rekommenderades av handledaren och användes till förstudierna för att få en baskunskap om fjärrvärme och ackumulatorer.

ABB MasterPiece 200/1 PC-element[2], ABB MasterPiece 200/1 Databaselement[3] och ABB MasterPiece 200/1 Konfigurering och Programmering[4] är manualer som visar blockfunktioner och reglerfunktioner som Tekniska verken använder sig av i sina reglersystem.

Tabeller och formler för NV- och TE-programmen Femte upplagan[5] och Energiteknik Del 1[6] användes för få fram de formler som behövdes för att bl.a. räkna ut energimängden i ackumulatortanken.

Vägledning för säkerhetsutrustning vid pann- och värmväxlaranläggningar[7], Vägledning för expansions-, tryckhållnings-, matarvatten- och pumpcirkulationssystem vid pannanläggningar[8] och Vägledning för anläggningar avsedda för eldning med fasta bränslen[9] användes för att få kunskap om de säkerhetsnormer som kan användas i olika system och för att bygga vidare på vad för säkerhetsfunktioner som behövdes i fjärrvärmesystemet.

Modern reglerteknik[10] användes för att beskriva de beräkningar av regulatorernas variabler, som behövs utföras när man i framtiden kan utföra en simulering av systemet.

Niklas Winberg, El-/Regleringenjör på Pöyry Sweden AB[11] och Krister Johansson, Anläggningsingenjör på Tekniska verken AB[12] är personer som har gett råd när reglersystemet och kretsschemana byggdes upp.

Midroc[13] är ett företag som har hjälpt Tekniska verken vid liknande uppdrag. De hjälpte till vid försöket att göra om en gammal oljecistern till en öppen ackumulator.

Vacon Användarhandbok NXS/P Frekvensomriktare[14] användes till kretsritningarna för att få kunskap om hur frekvensomriktaren skulle användas och vad för funktioner den hade.

Nätverkssidan <http://www.armatec.se/upload/Artiklar/Artikel%20PED-direktivet%20f%c3%b6r%20tryckb%c3%a4rande%20anordningar.pdf> [15] användes för att ta reda på vad PED-direktiven går ut på. D.v.s. vad för krav som finns på trycksatta kärl.

3. Terminologi

Förkortningar som används i rapporten:

HVC40 = Hetvattencentral 40

HVC45= Hetvattencentral 45

KV1=Kraftvärmeverk 1

MV=Mätvärde

BV=Börvärde

4. Teknisk bakgrund

4.1 Ackumulatortank

En ackumulatortank är en värmeisolerad tank som används för att lagra värmeenergi när förbrukningen hos kunderna är låg och sedan tillsätta samma energi när förbrukningen hos kunderna är hög.

Med hjälp av energilagringen i tanken så minskas mekaniskt slitage samt miljöbelastning på pannorna som skapar värmeenergin, genom att de kan hålla produktionen på en jämn och stabil nivå.

Tanken är även användbar om det blir ett ofrivilligt driftavbrott på pannorna eftersom att man har en energireserv som man kan använda sig av. [1]

Vid lagring av energi i en ackumulatortank så fyller man på med så varmt vatten som möjligt i toppen av tanken samtidigt som man tömmer bottenskiktet som innehåller svalare vatten.

När tanken ska tömmas så körs det varmaste vattnet ut från toppskiktet samtidigt som man fyller på med kallare vatten i botten.

Eftersom att det varmare vattnet har en lägre densitet än vattnet i nedre delen av tanken så ställer sig en naturlig skiktning in sig. För att motverka eventuell cirkulation i tanken så måste lagring respektive tömning ske i ett långsamt volymflöde och därför används diffusorer som munstycken på in och urladdning.[1]

4.1.1 Val av ackumulatortank

När man ska välja vad för typ av ackumulatortank som ska användas måste man ta i beaktande kostnader, säkerhet, hur effektivt tanken kan användas med rådande omständigheter, m.m. [1]

Trycksatt ackumulatortank

En trycksatt ackumulatortank har möjligheten att lagra vatten som är varmare än 100 grader vilket kan vara användbart under vintermånaderna. Dock så är det en väldigt påkostad tank som måste klara av de höga trycken som finns i fjärrvärmenätverk och kräver därför också en noggrann övervakning.

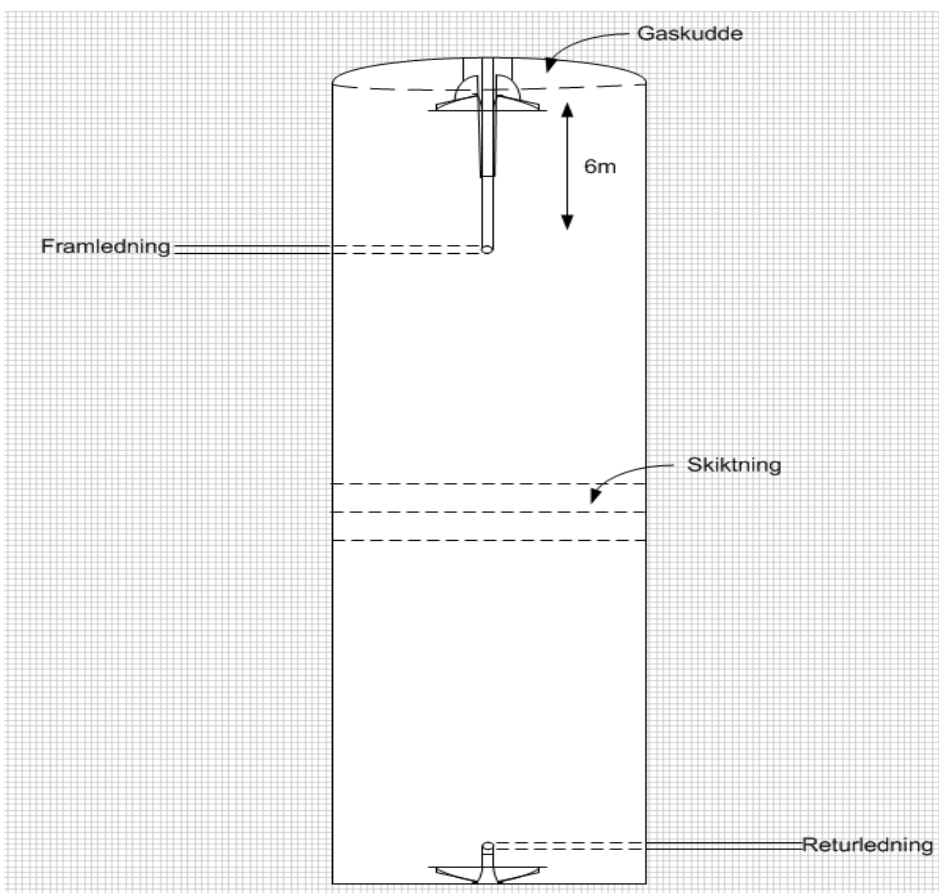
Tanken är besiktningspliktig enligt PED-direktiven, vilket i princip betyder att de måste möta säkerhetskraven gällande design, tillverkning och testning, ha en CE-markering, inkluderar dokumentation, tillverkningsritningar samt godkänd installation. [1,14]

När tanken används så fylls den upp helt med vatten vilket resulterar i att den inte är så känslig för eventuella temperaturförändringar. Det kan inte komma in något syre i tanken om temperaturen på vattnet skulle sjunka. [1]

Öppen ackumulatortank

Öppna ackumulatortankar kan vid större volymer vara nästan hälften så dyra som trycksatta ackumulatortankar och fortfarande ge en bra värmelagringsförmåga. Det är inte lika höga krav på en öppen tank som en trycksatt tank. Dock finns det även negativa egenskaper med den öppna ackumulatortanken. Är temperaturen på vattnet i ingångsflödet över 100 grader så måste det kylas ner med en så kallad shunta, d.v.s. att man pumpar in svalt vatten från botten av tanken, in till ingångsflödet som går in i toppen av tanken, för att på så sätt kyla ner det inkommande vattnet. [1]

Det inkommande vattnet i toppskiktet får heller inte vara för kallt då det leder till att syre kan komma in i tanken som gör att metallen rostar sönder. För att lösa detta använder man en värmeslinga som värmer upp vattnet i toppskiktet till en så optimal temperatur som möjligt, ca 98-99 grader Celsius, vilket minskar syremängden till en obetydlig nivå.[1]



Figur 1: Här är en enkel processritning på en öppen ackumulatortank.

Vid laddning så flödar varmt vatten in från framledningen och ut genom dysan som släpper ut vattnet i en lagom takt i toppskiktet. Beroende på vattennivån i tanken så kan läget på dysan i toppen variera med 6m. Med hjälp av en gaskudde i toppen hålls tanken fri från syre. I botten av tanken sugts det kallare

vattnet ut genom bottendysan. Dysornas utformning ska leda till minskad turbulens i tanken och att skiktning uppstår där det blir varmare och varmare ju högre upp i tanken vattnet befinner sig.

Optimala valet för Ljungsbro

Eftersom att en oljecistern finns på plats i Ljungsbro så var den första intentionen att man kan använda den som en öppen ackumulator och därför behöver man inte köpa in någon ny tank till skillnad mot om man skulle behöva en trycksatt ackumulator.



Figur 2: Här är en bild på oljecisternen i Ljungsbro. Tanken är på 500m³ med 8 meter i diameter och 10 meter i höjd.

Baserat på trender som skapats av energiförbrukningen i Ljungsbro under mars och april så räcker en energibuffert på 30MWh för att klara av förbrukningstopparna utan att man behöver öka produktionen. Vid 30MWh så behövs en lagringsvolym på 515,5 m³ vilket gör att den tilltänkta tanken blir för liten.

Uträkningen som har använts för att bestämma den energimängd som kan laddas i tanken är följande:

$$E = m \cdot C_p \cdot \Delta K$$

E står för energimängd, m för massa, Cp för specifik värmekapacitet och ΔK är temperaturdifferensen i grader Kelvin.[5,6]

$$E = 30\text{MWh}$$

$$m = ?$$

$$C_p = 4,19\text{kJ}/(\text{kg}\cdot\text{K})$$

$$\Delta K = 95 - 45$$

$$30\text{MWh} = m \cdot 4,19\text{kJ}/(\text{kg}\cdot\text{K}) \cdot (95 - 45)$$

$$J = Ws$$

$$J/3600 = Wh$$

$$30\text{MWh} \cdot 3600 / ((4,19 \cdot 1000) \cdot 50) = m$$

$$m = 515513\text{kg}$$

$$V = 515,5 \text{ m}^3$$

På grund av att dysorna, gränsskiktet och gaskudden tar upp plats i tanken så försvinner 4m i höjd i tanken och därför behövs ytterligare 4m läggas till på höjden och volymen blir då:

$$V = 515,5 + 4 \cdot 4^2 \cdot \pi = 716 \text{ m}^3$$

Företaget Midroc, som Tekniska Verken ofta brukar anlita till liknande uppdrag, bekräftar problemet efter mejlkontakt samt att de även påpekar att det kommer behöva installeras ett vattenlås som säkrar mot under och övertryck. Ledade och viktbelastade manluckor behövs som extra tryckskydd. Mer isolering kommer troligtvis också behövas för att minska värmeförlusterna.[13]

De nämner också att flödet på in och utflöde i tanken får max vara 0.5m/s för att undvika turbulens i tanken. Arean på rören som krävs för den här tanken blir enligt följande beräkningar:

$$P = m \cdot C_p \cdot \Delta K$$

$$3\text{MW} = m \cdot 4,19\text{kJ}/(\text{kg}\cdot\text{K}) \cdot (95 - 45)$$

$$m = 3000 / (4,19 \cdot 50)$$

$$m = 14,32\text{kg}$$

$$V = 0,01432 \text{ m}^3$$

$$A = 0,01432 / 0,5 = 0,286 \text{ m}^2$$

Diametern på rören blir:

$$D = 2 \cdot \sqrt{(A / \pi)}$$

$$D = 0,19\text{m}$$

Eftersom att den tilltänkta oljecisternen är för liten för att användas som en ackumulatortank, så måste den bytas ut när man vill börja bygga upp det här systemet.

För det resterande arbetet som inkluderar regleringen, styrningen, m.m. så går det dock bra att använda sig av oljecisternen då de lösningar som tas fram går att applicera på en större tank också.

4.2 Fjärrvärmesystem

På bilden till höger finns en karta över fjärrvärmenätet i Ljungsbro. Panncentralen HVC 40 befinner sig centralt medan HVC 45 är placerat på utkanten norr om samhället. Vart ackumulatortank ska placeras är ännu inte bestämt men det är troligt att det blir nära HVC 40 men det ideala hade varit en placering i Berg. Anledningen till detta är att framledningen kommer in i Ljungsbro från söder och passerar Berg först, vilket betyder att ackumulatortanken kan skicka ut lagrad fjärrvärme i början av framledningen som sedan hela samhället kan förbruka.

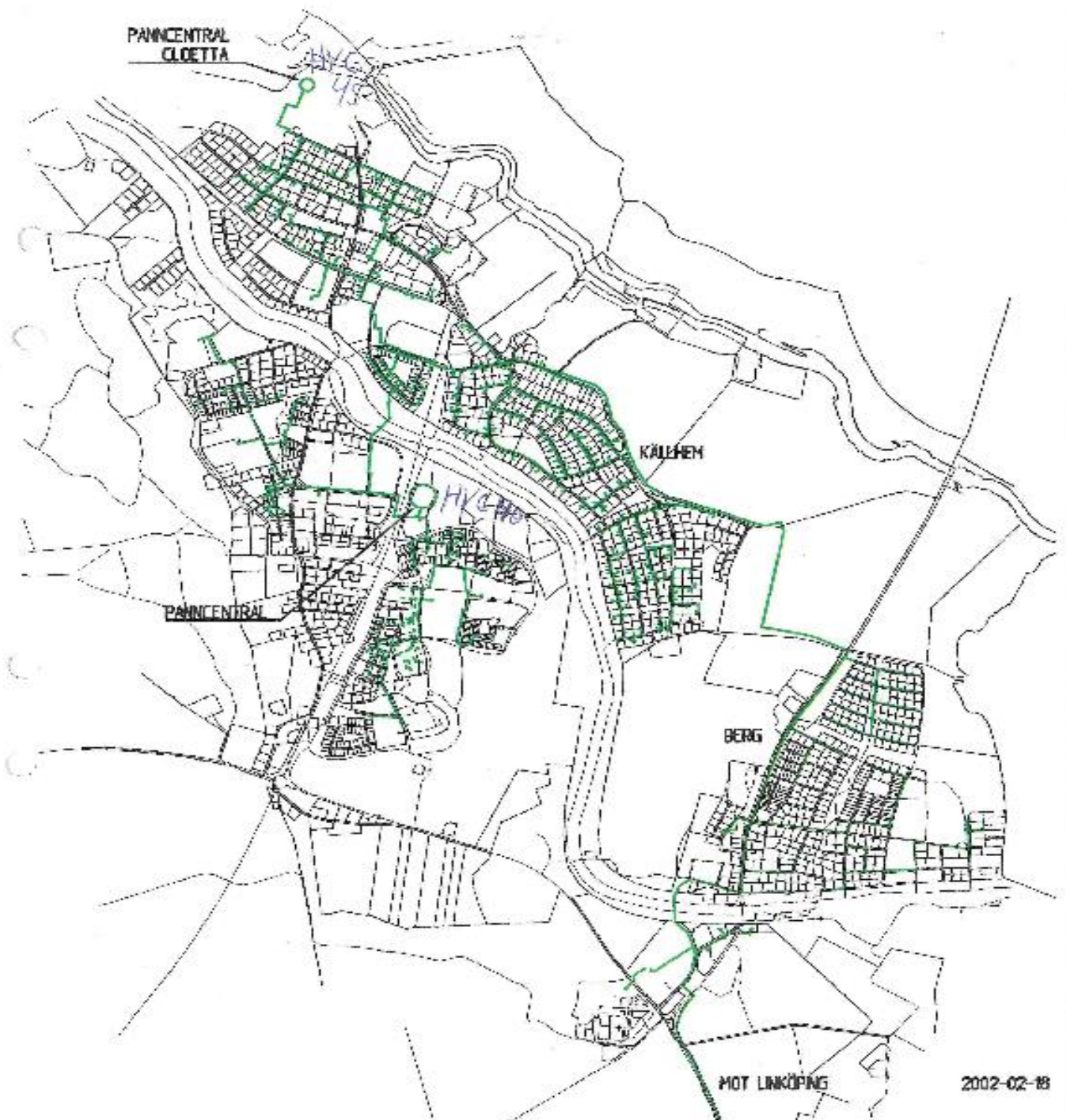
Det finns dock planer på att dra fjärrvärme till en skola väster om panncentralen HVC 40 vilket skulle motivera den nuvarande placeringen av tanken nära HVC 40. Vid stora förbrukningar blir det en effektbrist vilket idag kompenseras med hjälp av tryckhöjning på inkommande fjärrvärmeledning från Linköping och start av panncentraler i Ljungsbro, t.ex. HVC 40 och HVC 45 och trycket kan sjunka i ledningarna.

4.3 Allmänt om schemaritningen

Alla ritningar i denna rapport har ritats med hjälp av Microsoft Visio. Ramen som används i ritningarna är likadan som den som används på de ritningar som finns på Tekniska verkens övriga system.

I ramen får man information om bl.a. vad för typ av ritning det är, vad det är en ritning av och vilket system ritning är ifrån. I denna rapport står systemnumret 400.511 för att det är en anläggning i Ljungsbro(400) och att det är ett fjärrvärmesystem(511).

DELSEKTIONERINGSPLAN OMRÅDE 7 LJUNGSBRÖ



Figur 3: Karta över fjärrvärmesystemet i Ljungsbro. Fjärrvärmesystemet kommer in från söder och går sedan igenom hela samhället fram till HVC40 och sedan tillbaka till pannorna i Linköping.

5. Resultat

Resultatet av det här examensarbetet ger en grund för en framtida uppbyggnad av ett nytt fjärrvärmesystem med P&I-schema, sekvensschema, reglerscheman, kretsscheman och beräkningar.

Ska detta system byggas upp ska den tilltänkta oljecisternen bytas ut mot en ny öppen ackumulatortank på 716 m³.

Nästföljande sidor fram till sida 49 visar resultatet av denna rapport.

5.1 P&I-Schema

För att få en utförlig beskrivning av P&I-Schemat, se funktionsbeskrivning i appendix A på sidan 52 och framåt. Pumparna P01 och P02 kan även kallas tornbypumparna i beskrivningen.

Alla styrda ventiler är tryckluftdrivna. Anledningen till det är att man får en säker stoppfunktion med hjälp av fjäderkraft.

Förklaringar för symbollogik:

P: Tryck.

T: Temperatur.

L: Nivå.

Q: Energi.

D: Differens.

H: Hand(Objektet är kontrollerbart ifrån styrsystemet).

I: Indikering (indikering i styrsystemet i detta fall).

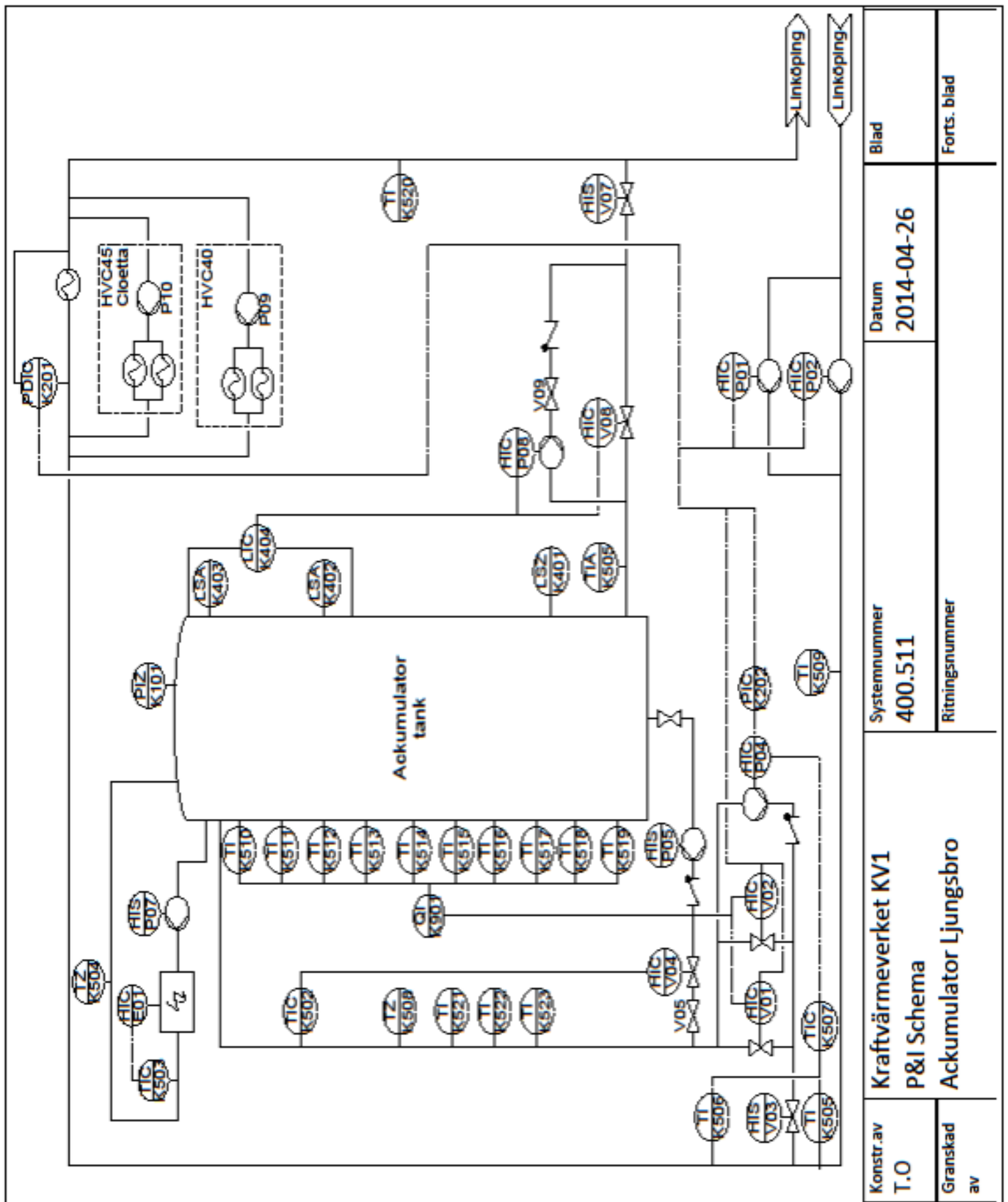
S: Switch(Betyder t.ex. att en pump är start- och stop-kontrollerad).

Z: Vakt.

C: Objektet kontrolleras av en regulator.

Exempel:

HIC på pump: Pumpen är kontrollerad av en regulator, men man kan även gå in i styrsystemet och manuellt kontrollera pumpen och t.ex. ge en startsignal. I styrsystemet har man även en indikering som t.ex. kan visa effekten i procenttal på pumpen.



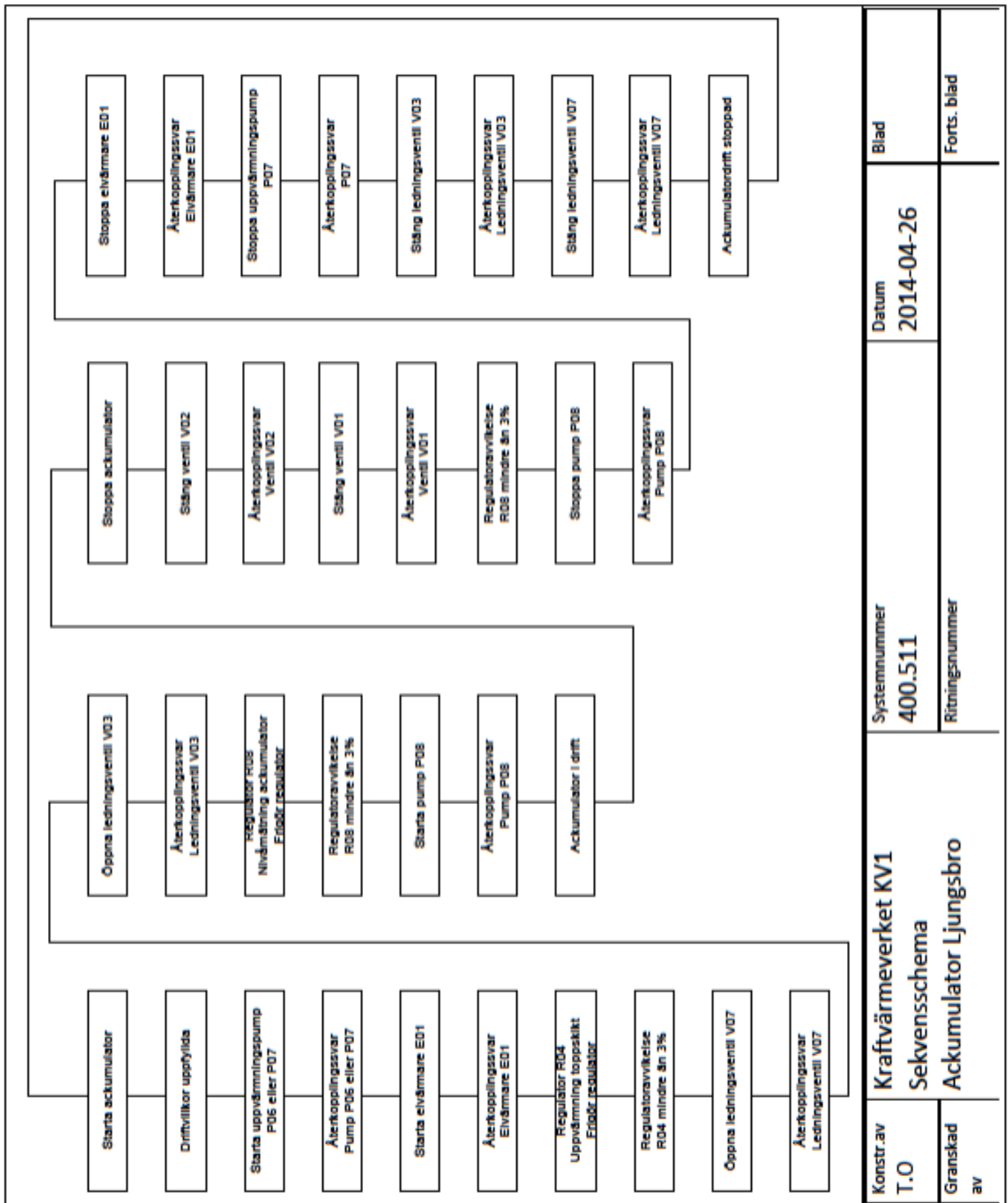
Figur 4: P&I-schema som visar hur det nya fjärrvärmesystemet i Ljungsbro med en ackumulatortank inbyggd ska se ut.

5.2 Sekvensschema

För att regleringen och styrningen av ackumulatorn ska kunna sättas igång måste alla steg i startsekvensen ha uppfyllts.

Stoppsekvensen ger en mjuk nedstängning av systemet och används vid manuell nedstängning eller mjukvirat stopp.

Driftvillkoren i sekvensschemat är att höglarm K403 och låglarm K402 inte larmar samt att säkerhetskretsen inte är bruten.



Figur 5: Sekvensschema som visar stegfunktioner för startförlopp respektive stoppförlopp.

5.3 Hårdvirade och mjukvirade säkerhetsfunktioner

För att förhindra säkerhetsproblem i systemet så använder man sig av olika säkerhetsnivåer. Anledningen till detta är att det inte ska göras onödiga eller abrupta nedstängningar vid små gränsöverträdelser.

Första säkerhetsnivån brukar oftast enbart vara ett larm som visas i styrsystemet och ska varna för att mjukvirade och hårdvirade stopp kan ske snart.

Andra säkerhetsnivån är det mjukvirade stoppet som är inkopplat i regulatorerna. När gränsen för det mjukvirade stoppet har passerats så ska stoppsekvensen sättas igång och stänga ner systemet mjukt.

Tredje säkerhetsnivån stänger ner hela systemet direkt och används när det blir akuta problem. Det hårdvirade stoppet behövs enbart om det kan uppstå farliga säkerhetsbrister i systemet om det mjukvirade stoppet har aktiverats men inte räcker till, annars så räcker det med det mjukvirade stoppet.

Mer detaljer och ritningar på dessa säkerhetsfunktioner finns i funktionsbeskrivningen, reglerschemana och kretsschemana.

Det finns olika säkerhetsstandarder som t.ex. EN ISO 13849-1 och SS-EN 764-7. Dessa är grunduppbyggnationer för säkerhetssystem för tryckkärl och maskininstallationer. Säkerhetsfunktionerna är framtagna enligt de säkerhetsföreskrifter som Tekniska verken har använt sig av inom tidigare system. [7,8,9]

5.4 Reglering

Regleringen av ackumulatorm har delats upp i tre delar, drift av ackumulator som består av reglering av tornbypumparna, värmväxlaren och nivåreglering, uppladdning bestående av temperaturreglernngen samt uppladdningsregleringen och urladdning bestående av reglering för urladdning med temperaturbegränsning.

Referenser som har använts som hjälp vid ritningen av reglerschemana: [2,3,4,12].

Samtliga regulatorer är PI-regulatorer med återkoppling. Anledningen till att integrerande verkan används är för att det är väldigt små marginaler vid temperaturreglernngen, så kvarstående fel måste elimineras.

Deriverande verkan behövs inte eftersom systemet regleras väldigt långsamt. När man väl kan utföra en simulering av systemet behöver man utföra en stegsvarsidentifiering för att ta reda på överföringsfunktionen för processen G_P .

För en PI-regulator ser den totala överföringsfunktionen ut som följande:

$$G_{PI} = K(1 + 1/(T_i * s)).$$

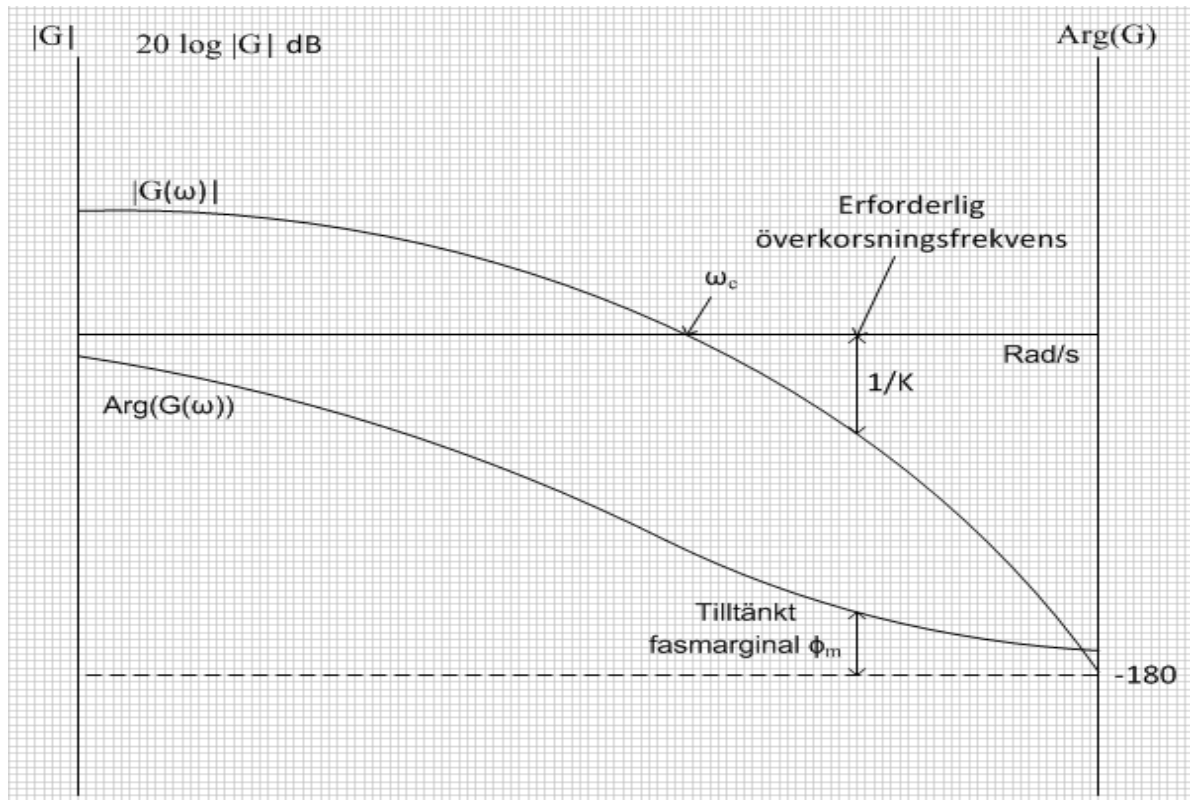
När man har fått fram överföringsfunktionen för processen kan man rita ner ett bodediagram med enbart P-reglering enligt figur 6. Förstärkningen K sätts till 1 för att få fram amplitudfunktionen $|G(\omega)|$ samt fasfunktionen $\text{Arg}(G(\omega))$.

Med en fasmarginal på 56° (adderat 11° för att eliminera försämringen av fasmarginalen som sker på grund av den integrerande delen) tar man sedan fram värdet på den tilltänkta överkorsningsfrekvensen ω_c .

Med hjälp av överkorsningsfrekvensen kan man räkna ut förstärkningen K med formeln: $K = 1/|G(\omega_c)|$.

Integreringstiden T_i beräknas med formeln: $T_i = 1/0,2\omega_c$.

[10]



Figur 6: Bodediagram som visar hur det skulle kunna se ut vid uträkningen av förstärkningen på en regulator. Principen för bilden är tagen från referens [10].

5.4.1 Reglering av tornbypumparna

Reglerschemat för tornbypumparna (distributionspumparna P01 och P02) var färdigställd innan detta projekt sattes igång och därför behövdes det inte skapas något nytt reglerschema för dessa pumpar.

För systemet i Ljungsbro är det endast utsignalen till pumparna som är viktig att veta, men eftersom att det kan vara bra att förstå hur pumparna fungerar så tas detta med i rapporten också.

Pumparna P01 och P02 regleras av regulatorn FIC201 som har ett mätvärde på det lägsta differenstrycket av fyra punkter i Ljungsbro's fjärrvärmenät.

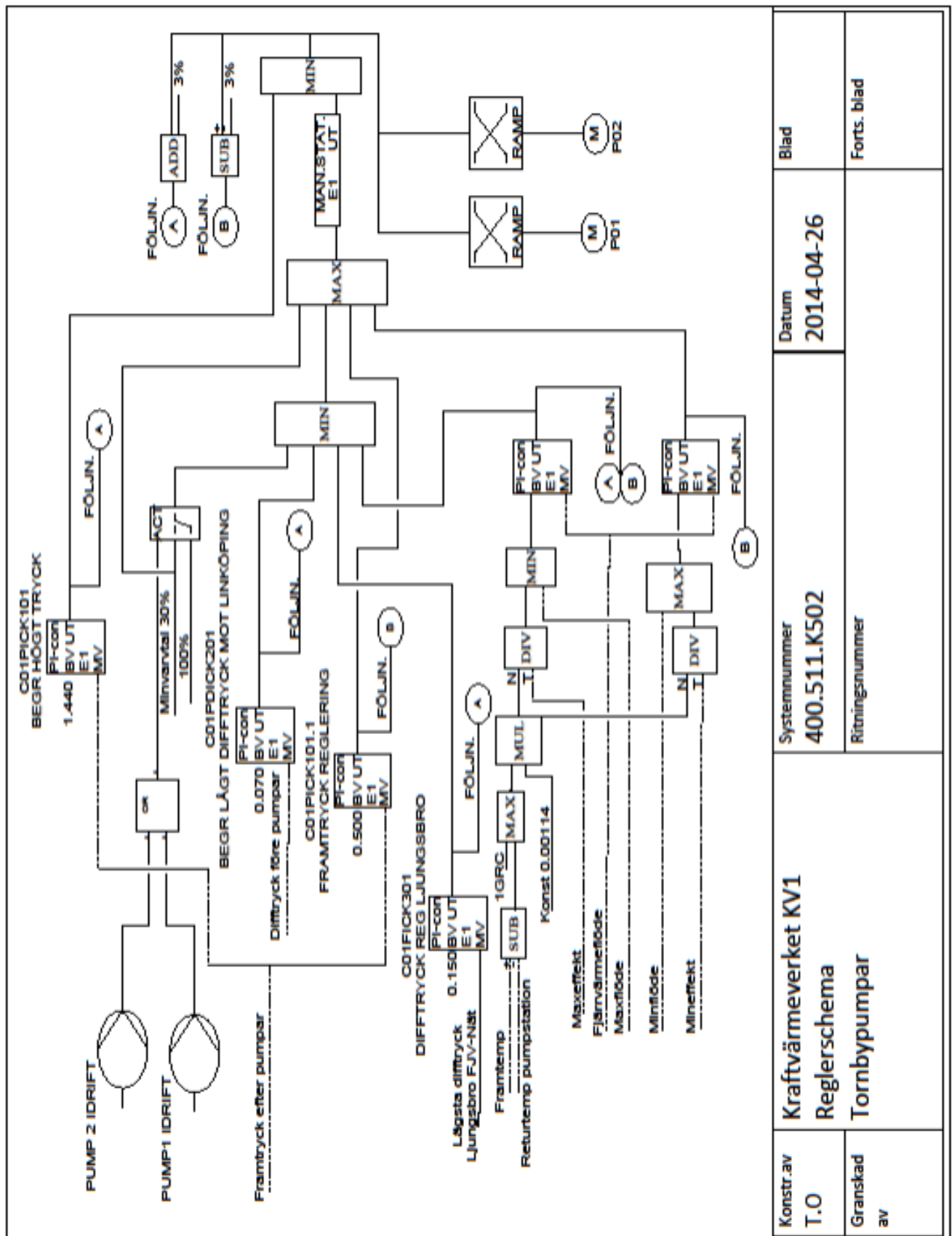
Regulatorerna FIC301.1 och FIC301.2 är begränsningsregulatorer som får ett mätvärde från fjärrvärmeflödet och begränsas av max och minflöde.

Regulatorerna PIC101 och PIC101.1 begränsar max respektive mintryck i framledningen. Börvärdet för de båda regulatorerna är 1.440MPa respektive 0.500MPa.

Regulatorn PDIC201 begränsar lågt difftryck mot Linköping och har ett börvärde på 0.070MPa.

Är ingen pump i drift så ska pumparna sättas igång på 30 % effekt när pumparna startas. 30 % effekt är sedan lägsta nivån för pumparna.

1GRC = 1 grad Celsius



Konstr.av T.O	Systemnummer 400.511.K502	Datum 2014-04-26	Blad
Granskad av		Forts. blad	

Figur 7: Reglerschema som visar hur tornbypumparna P01 och P02 regleras.

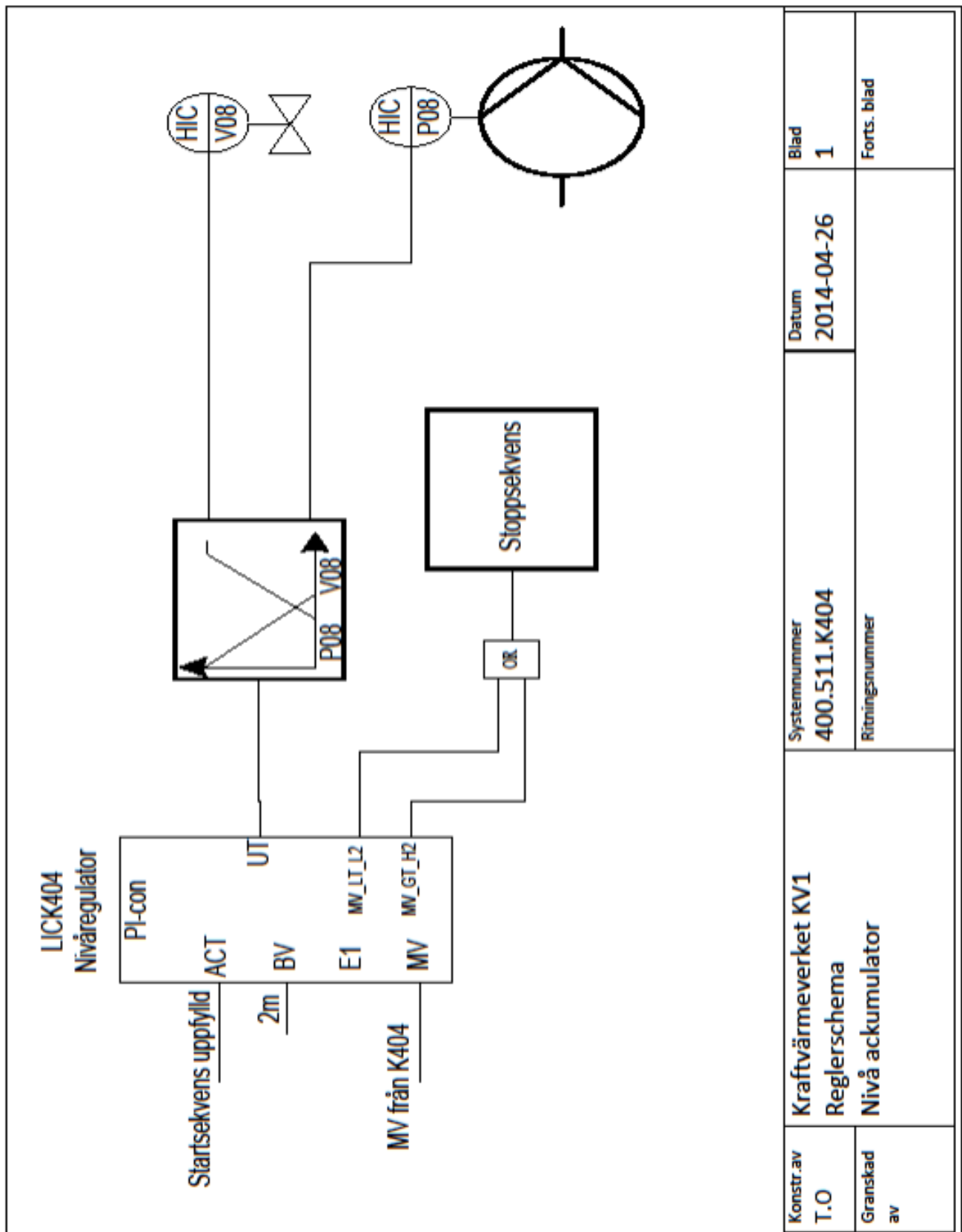
5.4.2 Nivåreglering ackumulator

Regulatorn LIC404 får ett mätvärde från nivågivaren K404 och har ett börvärde på 2m. Utsignalen från regulatorn går in i en split range där utsignalen från splitrangen till ventilen är från 100-0 % mellan 0-60 % för utsignalen från regulatorn och utsignalen från splitrangen till pumpen är från 0-100 % mellan 40-100 % för utsignalen från regulatorn.

Med hjälp av en split range delar man upp utsignalen så att signalen till ventilen går från 100-0 % när utsignalen är mellan 0-60 %. Signalen till pumpen går från 0-100 % när utsignalen är mellan 40-60 %

Anledningen till att de båda signalerna till pumpen och ventilen korsar varandra vid 50 % är för att få en mjuk övergång mellan laddning och urladdning, samt att de ska vara beredda på när det väl blir överslag mot antingen laddning eller urladdning.

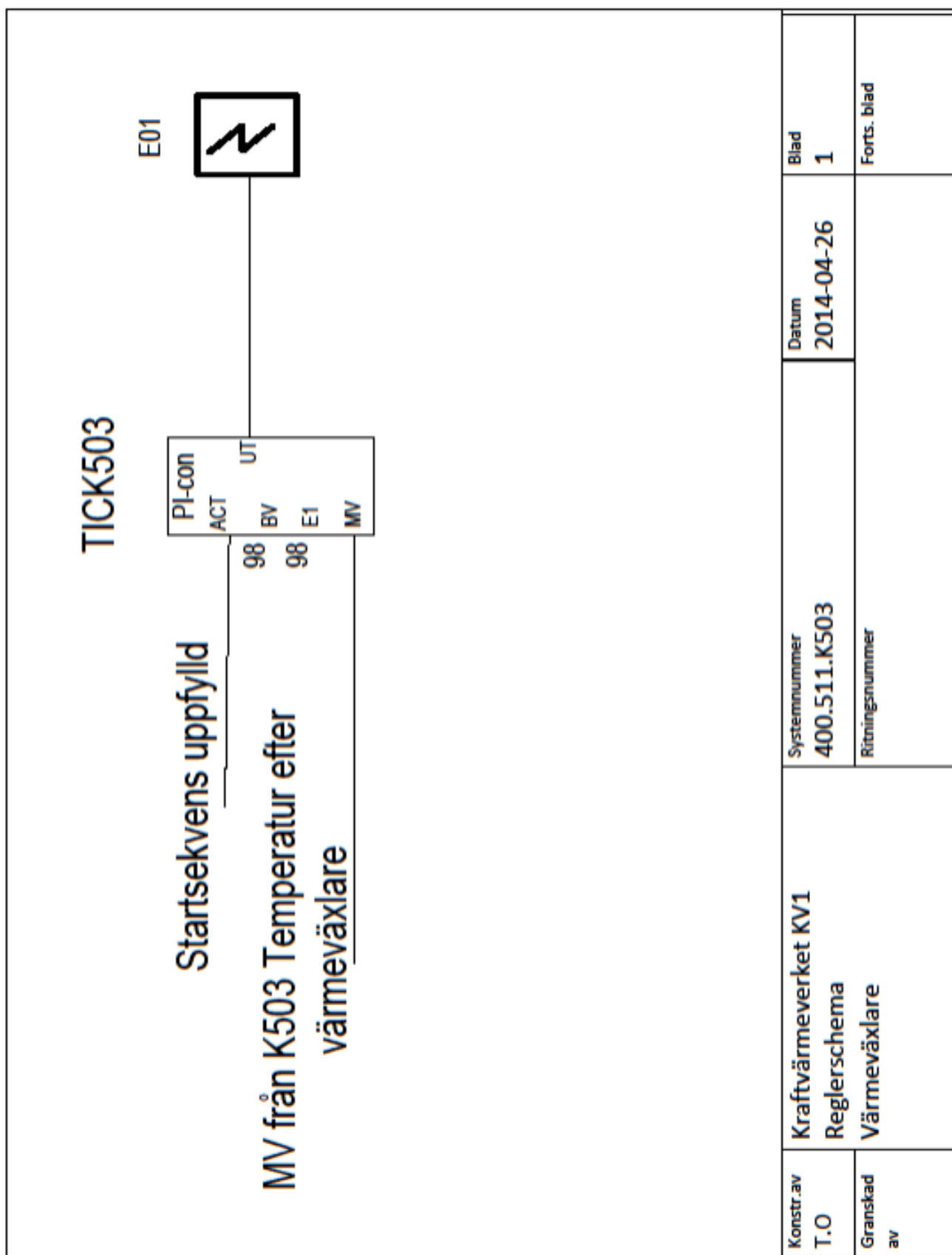
Kommer ett nivåalarm på antingen hög nivå(2,8m) eller låg nivå(1,2m) så ska stoppsekvensen(sid.13) startas.



Figur 8: Reglerschema som visar hur pump P08 och ventil V08 regleras vid nivåregleringen.

5.4.3 Reglering värmeväxlare

Regulatorn TIC503 får ett mätvärde på temperaturen av toppskiktet från temperaturgivaren K503. Börvärdet är på 98°C.

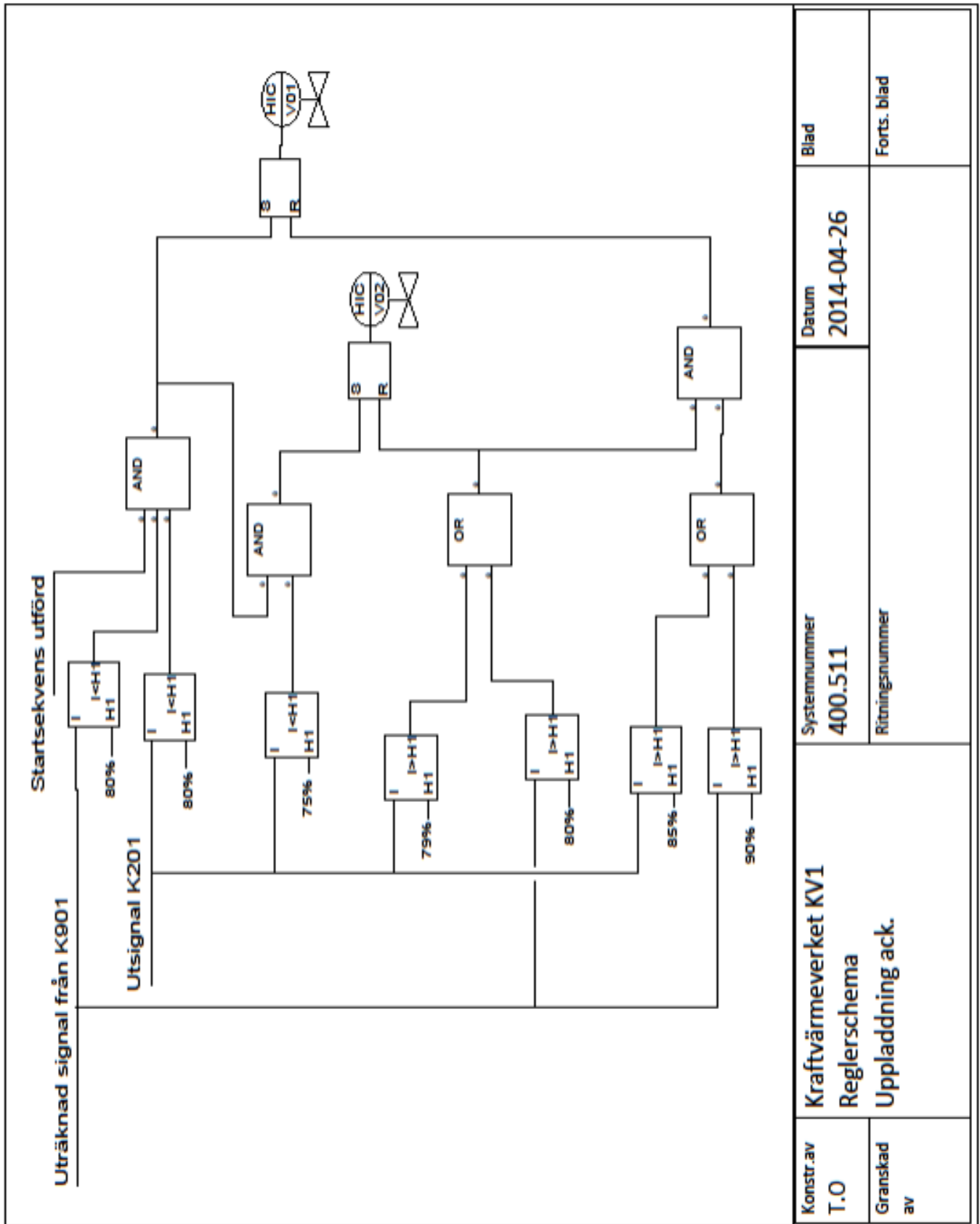


Figur 9: Reglerschema som visar hur elvärmaren E01 regleras.

5.4.4 Uppladdning

Om energimängden är under 80 % och effekten på tornbypumparna är på under 80 % ska ventil V01 öppnas och släppa in fjärrvärme från framledningen. Är effekten på tornbypumparna under 75 % öppnas även ventil V02.

Ventil V02 stängs om energimängden är över 80 % eller effekten på tornbypumparna är över 79 %. Ventil V01 stängs om energimängden är över 90 % eller effekten på tornbypumparna är över 85 %.



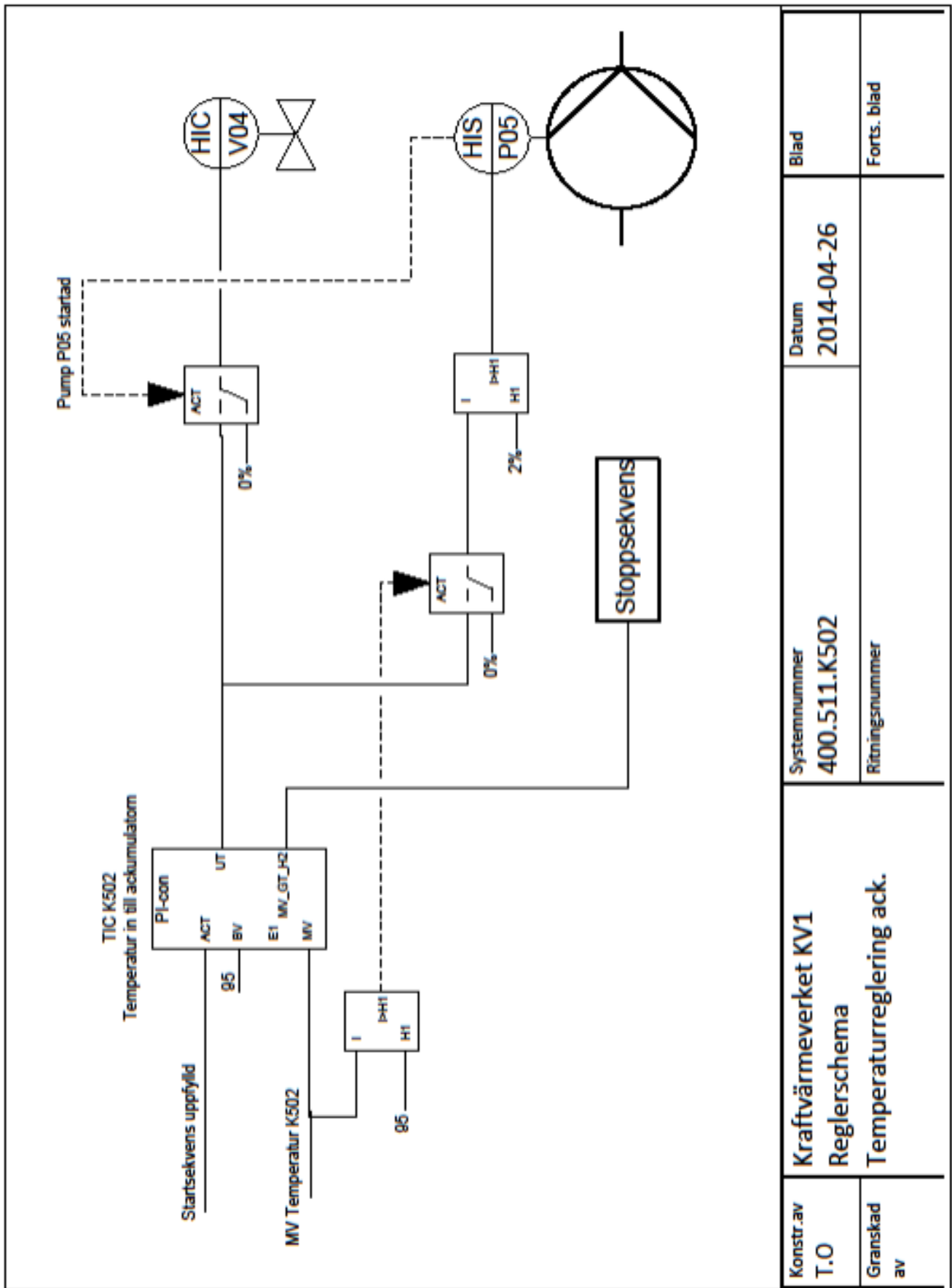
Figur 10: Reglerschema som visar hur uppladdningsventilerna V01 och V02 styrs.

5.4.5 Temperaturreglering

Regulatorn TIC502 får ett mätvärde på temperaturen från temperaturgivaren K502. Börvärdet ligger på 95°C och när avvikelser på temperaturen blir mer än 3 % över börvärdet ska pump P05 startas.

När pump P05 har startats släpps reglersignalen genom en ACT-grind och vidare till ventil V04 som reglerar flödet från botten av ackumulatören ut till inflödet till toppen av ackumulatören.

Får regulatorn TIC502 ett larm så skickas en signal som startar stoppsekvensen (sid.13) och stänger ned ackumulatördriften.



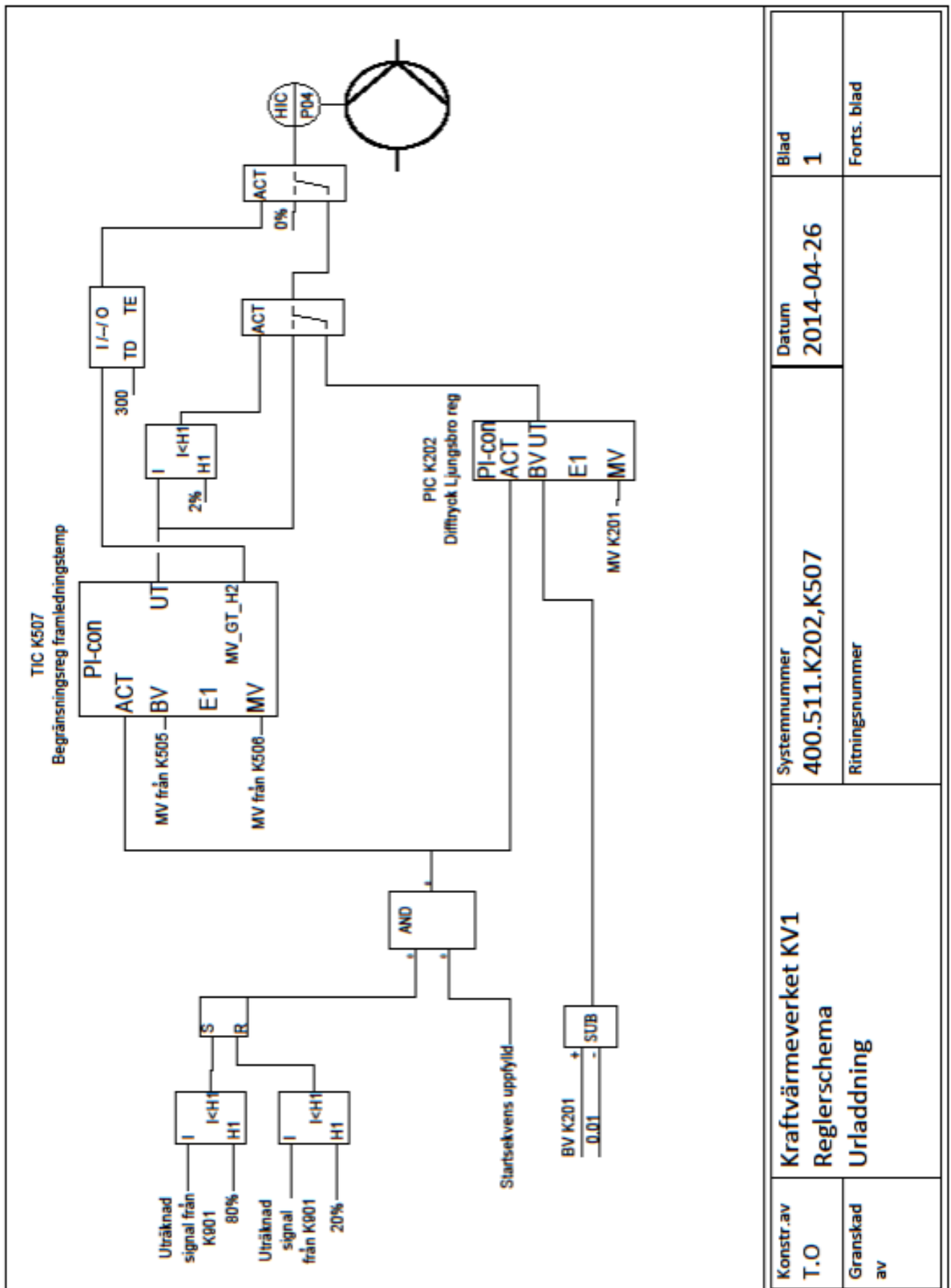
Figur 11: Reglerschema som visar hur shuntpump P05 styrs och hur shuntventil V04 regleras.

5.4.6 Urladdning

När energimängden i tanken är över 80 % och startsekvensen är uppfylld ska både begränsningsregulatorn och regulatorn PIC202 börja skicka ut regleringssignaler. Regulatorn PIC202 får sitt börvärde från börvärdet på effekten på tornbypumparna subtraherat med 0,01. Anledningen till att man subtraherar med 0,01 är att man inte vill att pump P04 ska ta över arbetet med att hålla ett tryck över Ljungsbro från tornbypumparna. Mätvärdet är mv från PIC201.

Begränsningsregulatorn TIC507 får börvärdet från K505 som visar temperaturen på framledningen innan urladdningsledningen. Mätvärdet är från K506 som visar temperaturen på framledningen efter urladdningsledningen. Blir signalen större än 2 % ska begränsningsregulatorn ta över från PIC202 och sänka effekten på pump P04 eftersom att temperaturen på framledningen då har blivit för låg.

Larmar regulatorn TIC507 i mer än 300 sekunder stängs pumpen P04 av.



Figur 12: Reglerschema som visar hur urladdningspump P04 regleras.

Konstr.av T.O	Kraftvärmeverket KV1 Reglerschema Urladdning	Systemnummer 400.511.K202,K507	Datum 2014-04-26	Blad 1
Granskad av		Ritningsnummer	Forts. blad	

5.5 Beräkning av laddningsprocent i ackumulator

Koderna skrevs i ett system kallat ABB 800Xa. Beräkningen utförs i K901 som får in värden från alla temperaturgivare på ackumulatorn och sedan räknar ut laddningsprocenten. Värdet skickas sedan vidare enligt P&I-Schemat på sidan 13.

Referenser som har använts som hjälp vid kodskrivningen:[5]

```
float insig_A;  
float insig_B;  
float maxEnergi;  
float tmp;  
float ladFak;
```

```
/** Ackumulerad energimängd  
*****  
* W = m * cp ( tA - tR )  
* W = cp ( SUMMA n=1, 9 ) mn(tA - tR )n  
* W = cp * rå ( SUMMA n=1, 9 ) Vn(tA - tR )n  
* Vn är lika fränsett de fyra översta skickten.  
* W = cp * rå * Vn ( SUMMA n=1, 9 )( tA - tR ) n  
* K1 = cp * rå * Vn = cp * rå * PI * D * D / 4. * Hn ( kW s )  
* Cp ( 75 grader C ) = 4.194 kJ/kg o K ( cp = (h95 - h50)/(95 - 50 )  
* rå(90 grader C) = 965 kg/m3  
* D = 8 m  
* hn = 1 m  
* K1 = (4.194 * 965 * 1 * PI * 8 * 8 ) / ( 3600. * 1000 * 4 ) = 0.057  
* (MWh/grader Kelvin )  
* W = 0.057 (SUMMA n=1, 9 ) ( tA - tR )n  
*****  
*****/
```



```

tmp = K404;

if(tmp>3){
    insig_A =(K511 - K520) * tmp;
    insig_A +=(K512 - K520);
    insig_A +=(K513 - K520);
    insig_A +=(K514 - K520);
}
else if(tmp>2){
    insig_A =(K512 - K520) * tmp;
    insig_A +=(K513 - K520);
    insig_A +=(K514 - K520);
}
else if(tmp>1){
    insig_A =(K513 - K520) * tmp;
    insig_A +=(K514 - K520);
}
else if(K514>K520){
    insig_A =(K514 - K520) * tmp;
}

if(K515>K520){
    insig_A +=(K515 - K520);
}
if(A_TT016>K520){
    insig_A +=(K516 - K520);
}
if(A_TT017>K520){
    insig_A +=(K517 - K520);
}
if(A_TT018>K520){
    insig_A +=(K518 - K520);
}
if(A_TT019>K520){
    insig_A +=(K519 - K520);
}

insig_A *= 0.057;
maxEnergi = 9 * (K509 - K520) * 0.057;
insig_B = maxEnergi - insig_A;
ladFak = insig_A / maxEnergi;

```

5.6 Kretsscheman

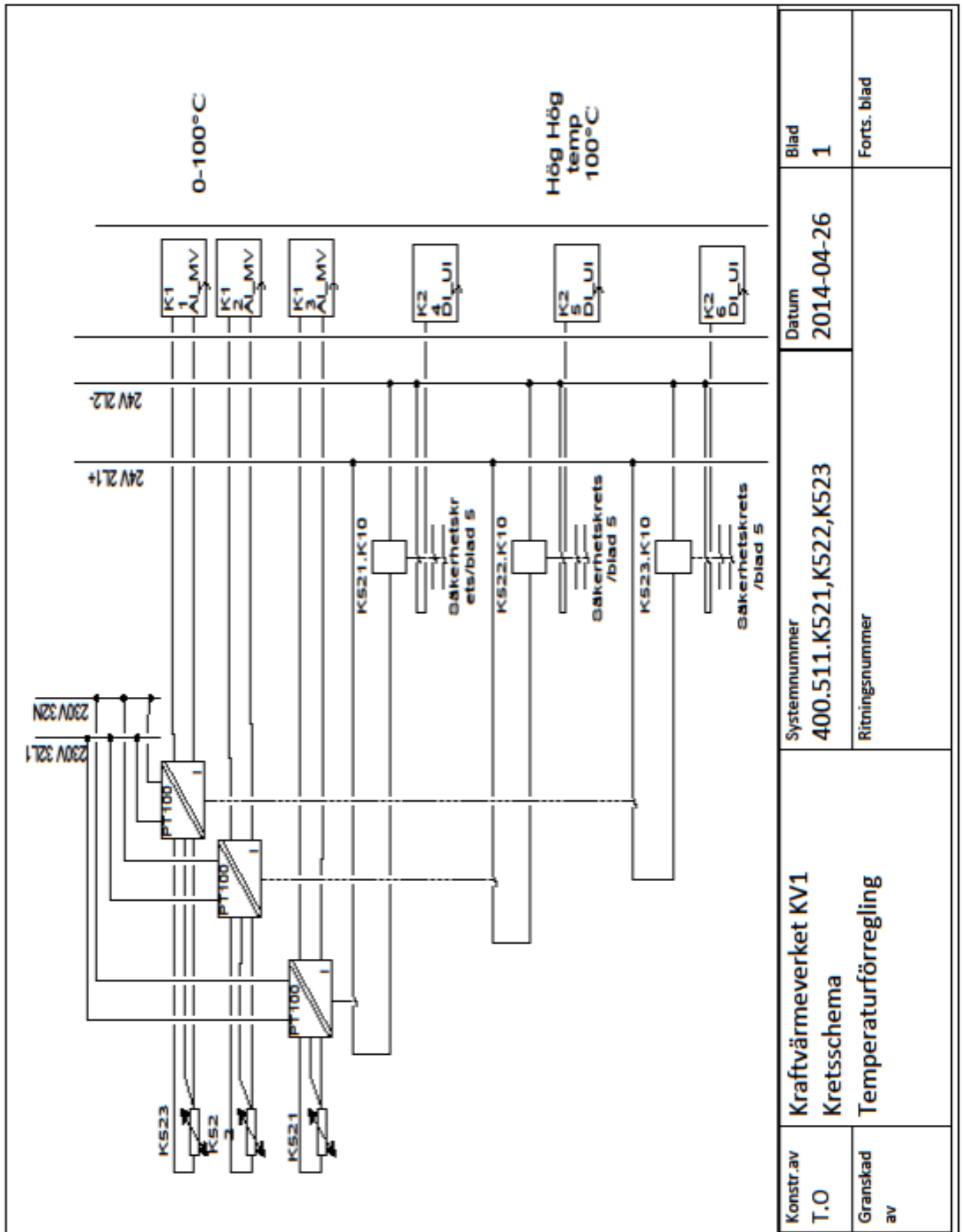
Kretsschemana visar bl.a. kopplingen för de hårdvirade säkerhetsfunktionerna, kopplingar för styrda och reglerade ventiler och pumpar samt vad som ska visas i styrsystemet.

Referenser som har använts som hjälp vid ritningen av kretsscheman:[11,14]

5.6.1 Temperaturförregling

Tre temperaturgivare, K521, K522 och K523 är kopplade till varsitt gränsvärdesdon (PT100). På grund av den extra ledningsresistansen som uppstår mellan givaren och donet så kopplar man ihop dem med tre ledningar som kompensation.

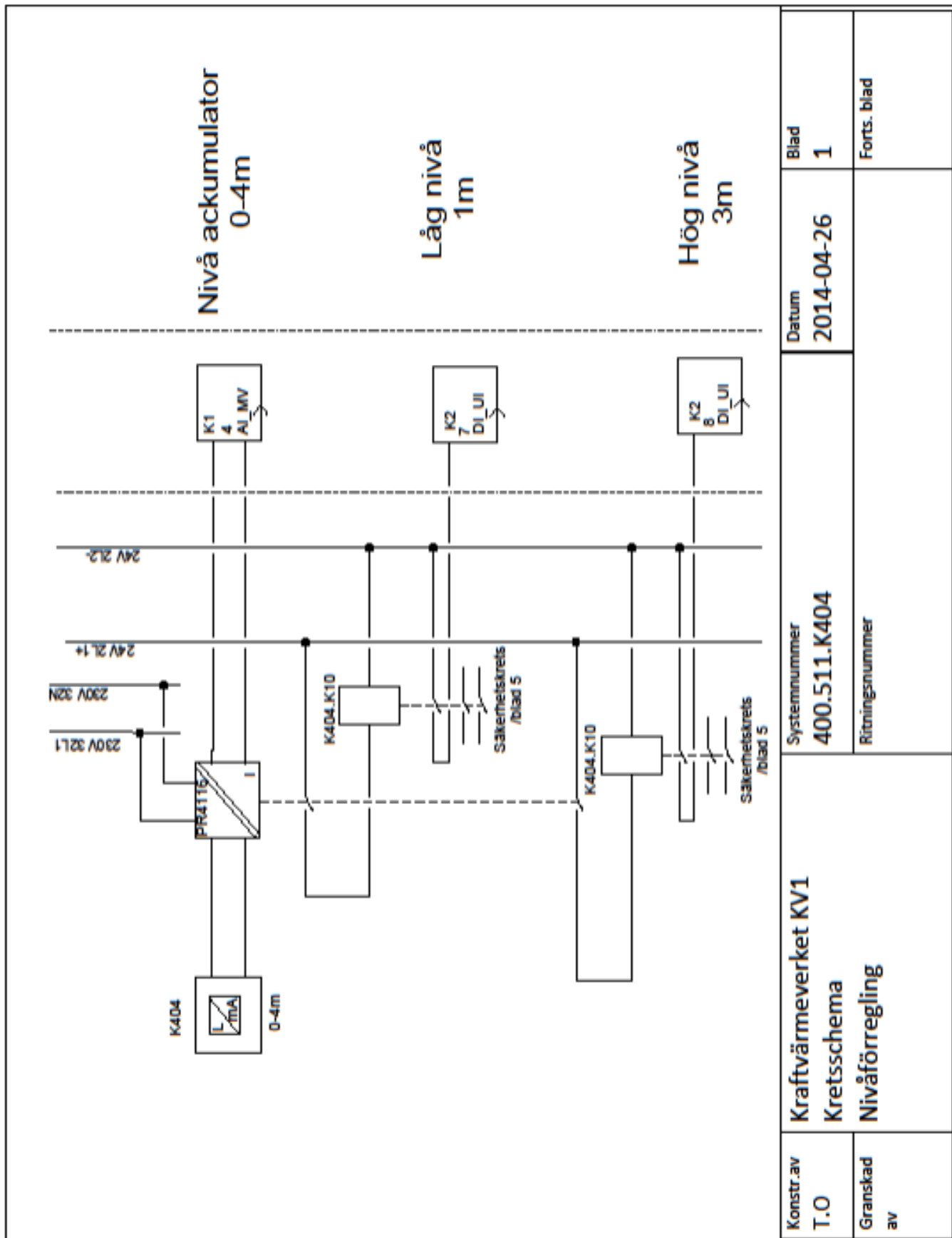
Passeras gränsen på 100°C drar reläet som bryter säkerhetskretsen och ett hårdvirat stopp sker.



Figur 13: Kretsschema som visar hur temperaturgivarna K521, K522 och K523 används till en temperaturförregling.

5.6.2 Nivåförregling

Nivågivaren är kopplad till ett gränsvärdesdon(PR4116). Gränsvärdesdonet har två gränser, en för hög nivå och en för låg nivå. Bryts hög nivå så drar reläet K404.K10 och säkerhetskretsen bryts samt att ett larm skickas till styrsystemet. Bryts låg nivå så ska samma sak hända. När säkerhetskretsen bryts sker ett hårdvirat stopp.



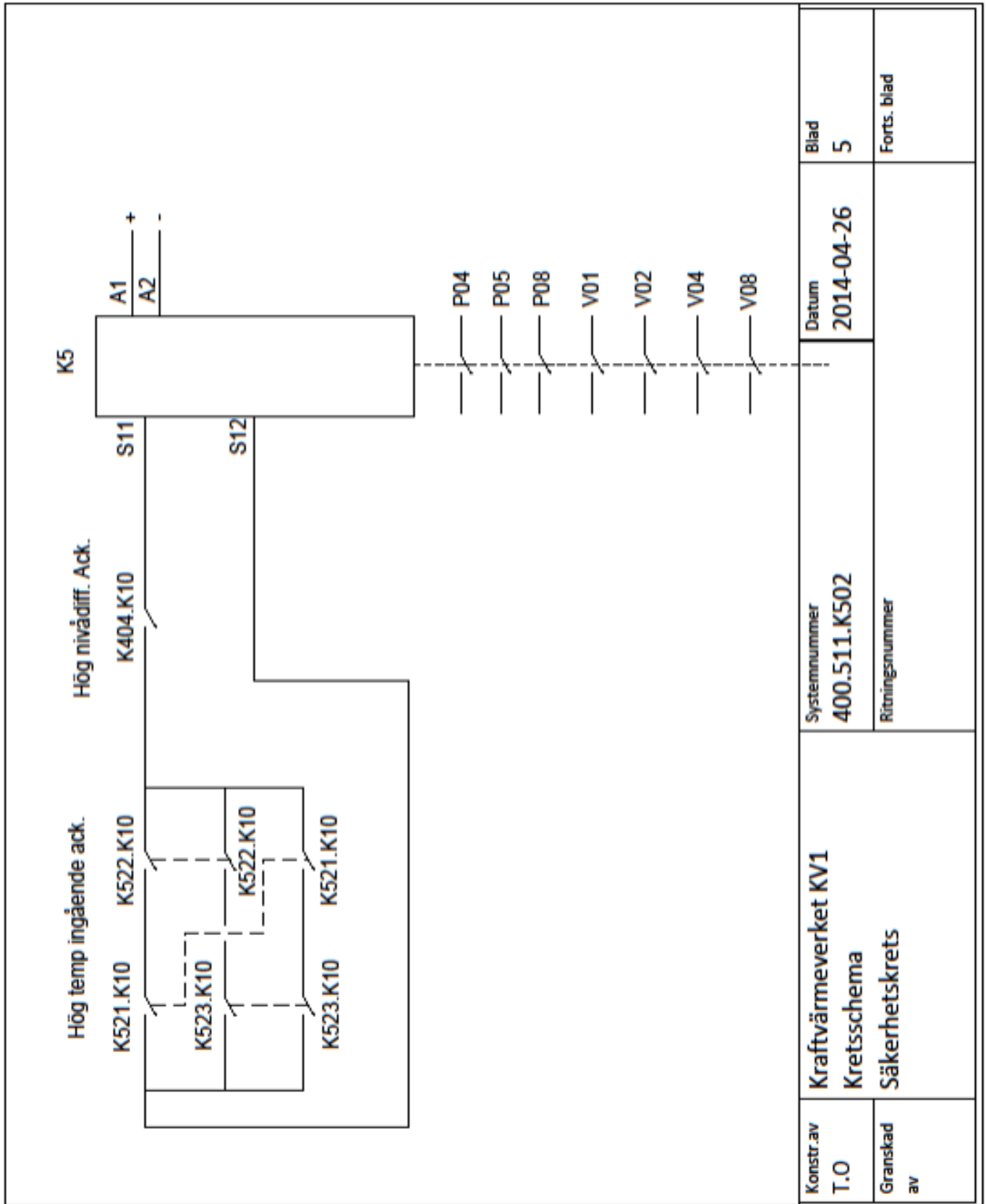
Konstr.av T.O	Kraftvärmeverket KV1 Kretsschema Nivåförregling	Systemnummer 400.511.K404	Datum 2014-04-26	Blad 1
		Ritningsnummer		Forts. blad
Granskad av				

Figur 14: Kretsschema som visar hur nivågivaren K404 används till en nivåförregling.

5.6.3 Säkerhetskrets

Reläet K5 bryts och stänger ner alla styrda och reglerade pumpar och ventiler i systemet om två av de tre temperaturgivarna K521, K522 och K523 bryts eller nivågivaren K404 bryts.

Anledningen till att man har en två av tre-koppling på temperaturgivarna är för att förhindra ett hårdvirat stopp om en givare går sönder.



Figur 15: Kretsschema som visar en säkerhetskrets med en två av tre-koppling för temperaturgivarna K521, K522 och K523 och en brytare för nivågivaren K404

5.6.4 Pump P05 och P07

I styrsystemet så har man kontroll över start och stopp funktionen samt att status på driftindikeringen, motorströmmen, nödstoppet och säkerhetskretsen visas.

Pumpen har en gemensam start och stoppknapp. När reläet K1 är sluten ska pumpen startas och när den bryts ska pumpen stoppas.

Driftindikeringen visar om pumpen är i drift eller ej beroende på om reläet K7 är sluten eller inte.

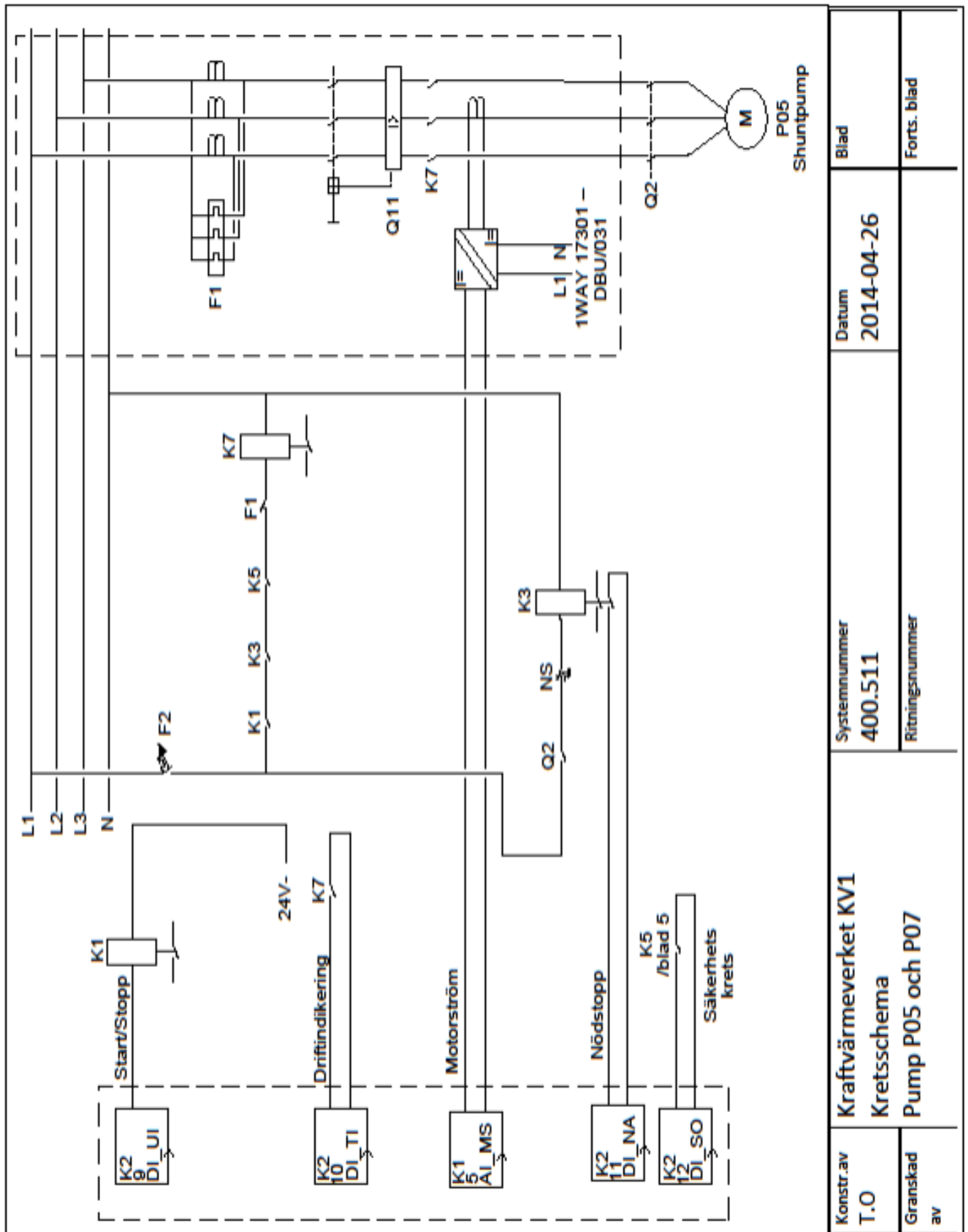
Nödstoppet får en sluten ledning om reläet K3 är sluten. K3 är sluten så länge det lokala nödstoppet(NS) ej är påverkad eller brytaren i ställverket(Q2) ej har dragits.

F1 är en säkring mot för höga strömstyrkor och bryter när gränsen passeras.

Pumpen startas när reläet K7 är sluten. K7 sluts när en startpuls har skickats(K1), nödstopp(K3) ej är bruten, säkerhetskretsen(K5) ej är bruten och säkringen(F1) ej är påverkad.

F2 är en automatsäkring som skyddar reläerna K7 och K3. Skillnaden på en vanlig säkring och en automatsäkring är att man kan återställa den genom en vanlig brytare.

Q11 är ett motorskydd som bryter om t.ex. strömmen blir för hög eller om en fas av någon anledning skulle försvinna.



Figur 16: Kretsschema som visar hur shunt pump P05 och uppvärmnings pump P07 har kopplats samt hur styrsystemet fungerar.

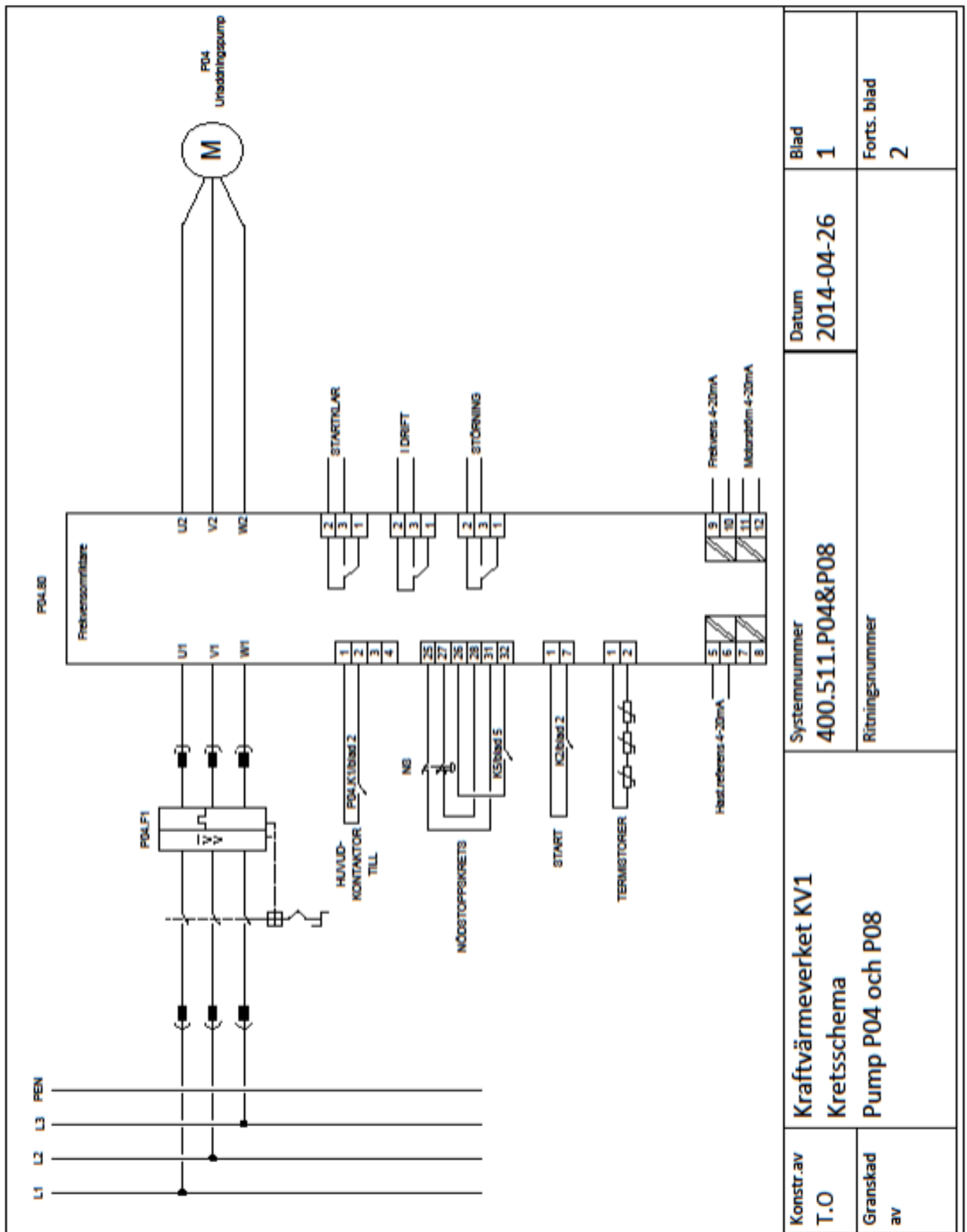
5.6.5 Pump P04 och P08

Pumpen är kopplad till en frekvensomriktare. Är effektbrytaren F1 ej utlöst, huvudkontaktorn till, nödstoppskretsen ej påverkad och en startsignal har skickats så ska pumpen startas.

Bryts effektbrytaren, huvudkontaktorn, nödstoppskretsen eller startreläet så stoppas pumpen.

Nödstoppskretsen består av dubbla lokala nödstopp samt ett säkerhetskretsrelä.

Anledningen till att man har dubbla nödstopp är en säkerhetsåtgärd mot om något av nödstoppen går sönder. Risken att båda går sönder samtidigt är minimal.

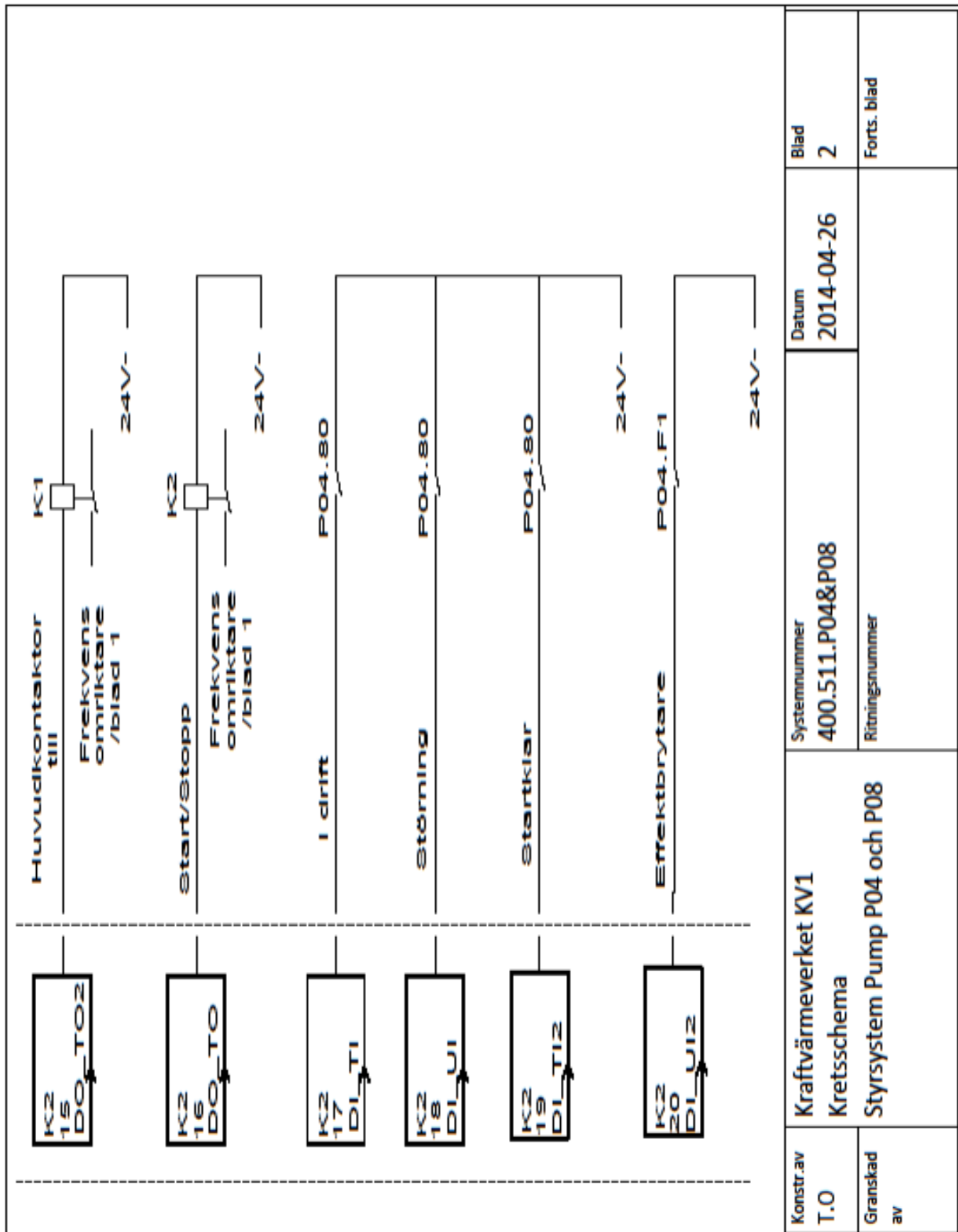


Figur 17: Kretsschema som visar hur urladdningspump P04 och nivåregleringspump P08 har kopplats.

Fortsättning P04 och P08

Huvudkontaktorn är inbyggd i frekvensomriktaren och skickar en signal när frekvensomriktaren har en spänning på vänster sida och reläet K1 sluts. Pumpen har en gemensam start och stopp funktion. Pumpen startas när en utsignal skickas och sluter reläet K2. Bryts utsignalen så bryter reläet K2 och pumpen stoppas.

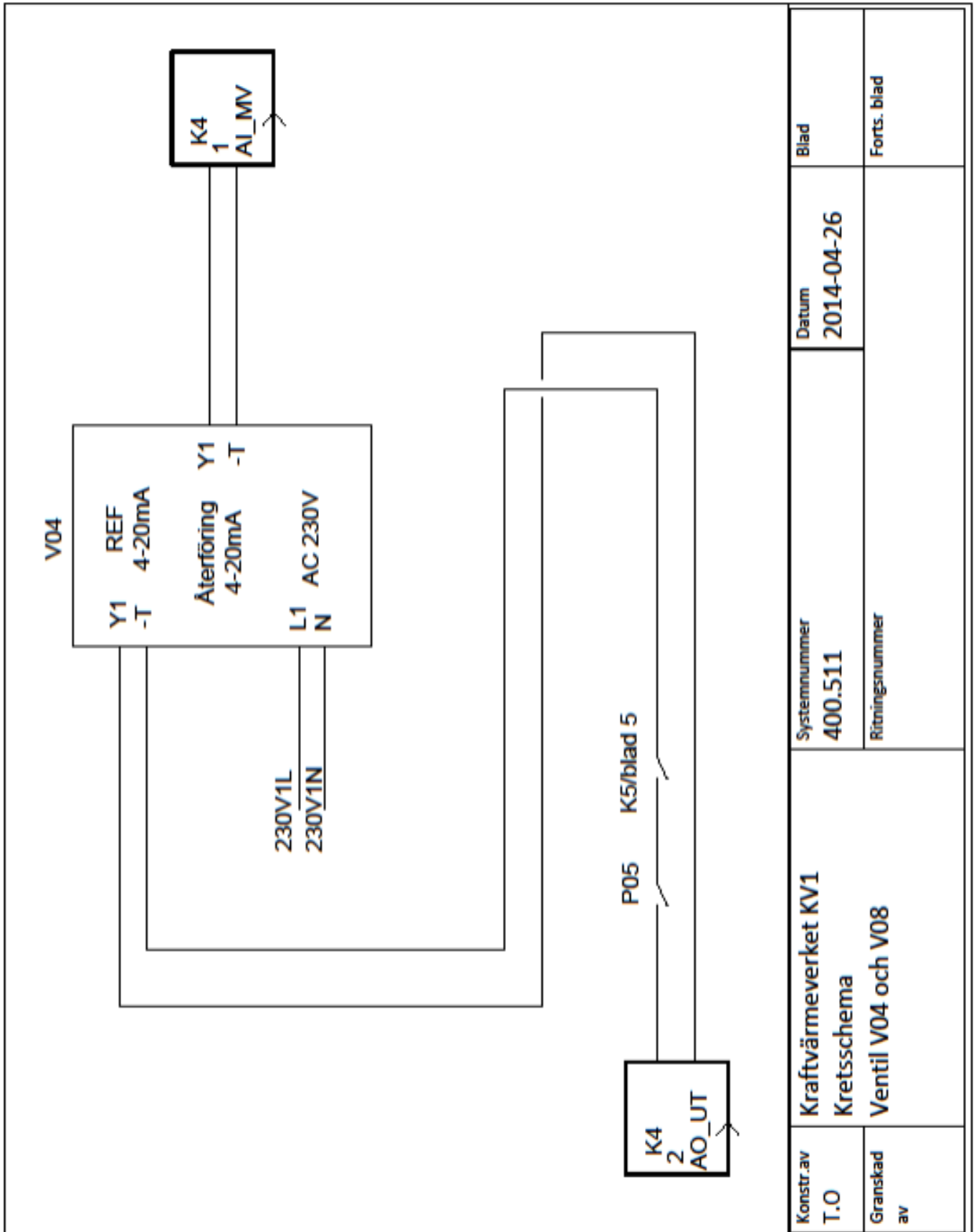
Driftstatus, störning och startklar visas i styrsystemet. Även en statusindikator på effektbrytaren visas i styrsystemet.



Figur 18: Kretsschema som visar hur styrsystemet till urladdningspump P04 och nivåregleringspump P08 fungerar.

5.6.6 Ventil V04 och V08

Reglerventilen drivs med 230V AC. Så länge säkerhetskretsen K5 inte är bruten och pump P05 är igång så tillåts ventilen att reglera. Ventilen får även en lägessignal.



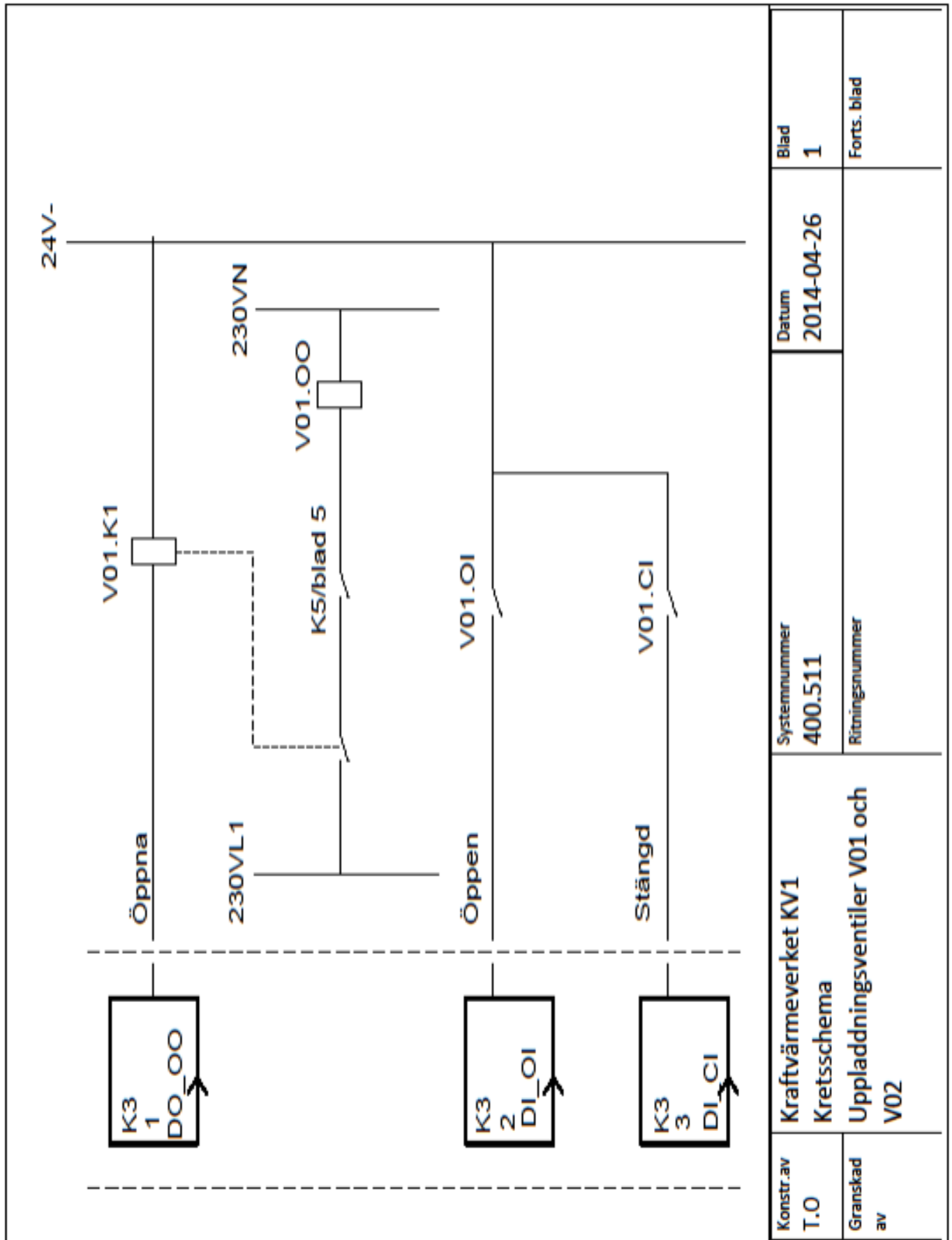
Konstr.av	Kraftvärmeverket KV1		Systemnummer	Blad
T.O	Kretsschema		400.511	Datum
Granskad av	Ventil V04 och V08		Ritningsnummer	2014-04-26
				Forts. blad

Figur 19: Kretsschema som visar hur shuntventil V04 och nivåregleringsventil V08 har kopplats.

5.6.7 Ventil V01 och V02

Ventilen öppnas om en signal kommer från DI_OO(open order) som sluter reläet K1 och säkerhetskretsen K5 inte är bruten. Bryts K1 eller säkerhetskretsen så stängs ventilen.

Lägesindikatorer visar om ventilen är öppen eller stängd.



Figur 20: Kretsschema som visar hur uppladdningsventil V01 och V02 har kopplats.

6. Slutsats

Slutprodukten av det här examensarbetet är ett fjärrvärmesystem med öppen ackumulatortank som styrs med ett antal olika reglerfunktioner för att kunna kontrollera uppladdning, urladdning och den allmänna driften av tanken. Säkerhetsfunktioner som bl.a. tryck- och nivåalarm på ackumulatortanken, samt temperaturalarm på inflöde till tanken och temperaturdifferens på framledningen var några av de skydd som behövdes för att garantera en riskfri drift av ackumulatortanken.

Utöver alla reglerfunktioner och kretsscheman som ritats ner som svarar på frågan för hur systemet skulle styras med hjälp av en ackumulatortank, så var det viktigt att få reda på att oljecisternen i Ljungsbro inte kunde användas som en öppen ackumulatortank på grund av att den var för liten för att täcka energibehovet.

Att tanken var för liten skulle dock inte påverka systemuppbyggnaden eller regleringen något nämnvärt. Det enda i rapporten som skulle behöva ändras är energiberäkningen, där ett antal variabler får nya värden samt att ett antal nya temperaturgivare skulle sättas in så att det inte blir för stora mellanrum mellan temperaturmätningarna.

Eftersom systemet inte har testats i verkligheten så är det inte säkert att allt i styrningen fungerar felfritt och att vissa börvärden, m.m. kan behöva ändras om systemet ska tas i bruk i framtiden. Även strömstyrkor, spänning m.m. till pumpar är omöjligt att veta förrän byggandet har påbörjats.

6.1 Framtida utvecklingsmöjligheter

I dagsläget så har produktionen i Linköping en begränsad kapacitet för hur mycket fjärrvärme de kan pumpa ut till Ljungsbro innan pumparna går på full effekt. Detta blir ett problem under vintermånaderna då det krävs att en oljepanna sätts igång för att täcka den energin som pumparna inte klarar av att täcka. Eftersom att distributionspumparna kommer ha en effekt på 100 % under större delen av vintern leder detta till att ackumulatortanken inte kommer kunna användas.

För att lösa detta skulle man kunna installera en pump på returledningen i systemet så att distributionspumparna på framledningen avlastas.

Med kapaciteten att klara av den totala förbrukningen i Ljungsbro under vintern, samtidigt som pumparna inte behöver gå på full effekt kan även ackumulatortanken användas i systemet.

7. Referenser

Böcker

- [1] Svend Fredriksen och Sven Werner 1993-01-01. *Fjärrvärme. Teori, teknik och funktion*. ISBN 91-44-38011-9
- [2] ABB MasterPiece 200/1 PC-element
- [3] ABB MasterPiece 200/1 Databaselement
- [4] ABB MasterPiece 200/1 Konfigurering och Programmering
- [5] Lennart Ekbohm, Stig Larsson, Lars Bergström, Alf Ölme, Uno Jönsson, Claes-Ingvar Lagerkvist, Sigvard Lillieborg och Thomas Krigsman 2003. *Tabeller och formler för NV- och TE-programmen Femte upplagan*. ISBN 978-91-47-01746-1
- [6] Henrik Alvarez 1990 *Energiteknik Del 1*. ISBN 978-91-44-04509-2
- [7] Per-Åke Stenqvist och Bo Heed 2011. *Vägledning för säkerhetsutrustning vid pann- och värmväxlaranläggningar*. ISBN 978-91-7162-799-5
- [8] Per-Åke Stenqvist och Bo Heed 2008. *Vägledning för expansions-, tryckhållnings-, matarvatten- och pumpcirkulationssystem vid pannanläggningar*. ISBN 978-91-7162-738-4
- [9] Per-Åke Stenqvist 2011. *Vägledning för anläggningar avsedda för eldning med fasta bränslen*. ISBN 978-91-7162-809-1
- [10] Bertil Thomas 2011. *Modern reglerteknik*. ISBN 978-91-47-09323-6

Personer

- [11] Niklas Winberg El-/Regleringenjör Pöyry Sweden AB
- [12] Krister Johansson Anläggningsingenjör Tekniska verken AB

Företag

- [13] Midroc e-mail kontakt

Manualer

- [14] Vacon Användarhandbok NXS/P Frekvensomriktare

Websidor

- [15] <http://www.armatec.se/upload/Artiklar/Artikel%20PED-direktivet%20f%c3%b6r%20tryckb%c3%a4rande%20anordningar.pdf>
12/04-2014

Appendix A

Funktionsbeskrivning

Allmänt

Funktionsbeskrivningen för fjärrvärmesystemet är uppdelat i två huvudrubriker, Sekvenser och Fjärrvärmesystem. I sekvenser beskrivs steg för steg vad som ska utföras vid olika tillstånd.

Fjärrvärmesystem är uppdelat i tre delar(ackumulatordrift öppet kärl, uppladdning av ackumulator och urladdning av ackumulator).

Varje del har sedan 8 underrubriker:

- Allmänt
 - En kortfattad beskrivning av hur systemet fungerar.
- Ingående objekt
 - En tabell över alla objekt som regleras eller som ska visas i styrsystemet.
- Reglering
 - En beskrivning över hur alla regulatorer fungerar.
- Styrning
 - En förklaring över hur de objekt som endast har start och stopp-funktioner(vissa pumpar) eller öppna och stäng-funktioner(vissa ventiler) styrs.
- Manövrar
 - De objekt som ska kunna sättas i manuellt eller automatiskt läge ska beskrivas här.
- Indikeringar
 - En översikt över de objekt där t.ex. lägesindikering(om en ventil är öppen eller stängd) eller driftindikering(om en pump är startad eller stoppad) syns i styrsystemet.
- Förreglingar
 - En beskrivning av de säkerhetsgränser som finns i systemet och vad som händer när de överskrids.
- Larm
 - En tabell över alla larm som finns, vilka säkerhetsnivåer som används och vilka gränser som är satta.

Sekvenser

Startsekvens ackumulator

1. Driftvillkor uppfyllda.
 - Säkerhetskrets ej bruten.
 - Låglarm K402 larmar inte.
 - Höglarm K403 larmar inte.
2. Starta uppvärmningspump P07.
3. Starta elvärmaren E01.
4. Frigör regulator R04.
5. Öppna ledningsventiler V03 och V07.
6. Frigör regulator R08.
7. Starta pump P08.

Stoppsekvens ackumulator

1. Stäng ventil V02
2. Stäng ventil V01.
2. Regulatoravvikelse under 3 % på R08.
3. Stoppa pump P08.
4. Stoppa elvärmaren E01.
5. Stoppa uppvärmningspump P07.
6. Stäng ledningsventil V03.
7. Stäng ledningsventil V07.

Fjärrvärmesystem

Akkumulatordrift öppet kärl

Allmänt

En öppen ackumulatortank laddas upp med överskottsenergi från fjärrvärmenätet.

Förbrukningen av värmeenergin varierar under dygnet, där lågförbrukning av energi i samhället ger möjlighet att lagra energi i ackumulatortanken. Vid högförbrukning används energi från ackumulatortanken till slutkund.

Distributionspumparna 001.C01P01 och P02 förser Ljungsbro med fjärrvärme från Linköpings fjärrvärmenät. Pumparna styrs med en differenstryckmätare över Ljungsbro som mäter fyra olika punkter i systemet (Ljungsbro, Södra nätet, Folkets park och Cloetta). Den punkten med lägst tryck styr pumparnas utsignal.

Nivåregleringen styrs med hjälp av pump P08 som pumpar ut vatten från bottenskiktet när nivån i tanken börjar stiga, samt ventilen V08 som släpper in vatten från returledningen till tanken när nivån börjar sjunka. Pumpen och ventilen styrs av nivåregulatorn LIC404.

Värmeväxlaren E01 ska hålla toppskiktet så nära 100°C som möjligt eftersom att man vill ha en syrefattig miljö i tanken för att förhindra korrosion. Pump P07 pumpar vattnet genom värmeväxlaren som regleras med temperaturregulatorn TIC503.

001 = fjärrvärme

C01 = namn på den specifika pumpstationen

Ingående objekt

Temp fjärrvärme efter värmeväxlare	K503
Difftryck fjärrvärme difftryck över ljungsbro	K201
Tryck ack.tank	K101
Nivå lowlow fjärrvärme botten av ack.	K401
Nivå low fjärrvärme toppen av ack.	K402
Nivå high fjärrvärme toppen av ack.	K403
Diffnivå fjärrvärme ack.	K404
Pump Distribution fjärrvärme framledning	P01
Pump Distribution fjärrvärme framledning	P02
Pump fjärrvärme toppen av ack. uppvärmning	P07
Pump fjärrvärme nivåreg.	P08
Värmeväxlare fjärrvärme uppvärmning	S01
Ventil fjärrvärme nivåreg	V08
Temp fjärrvärme framledning	K509
Temp fjärrvärme ack.	K510
Temp fjärrvärme ack.	K511
Temp fjärrvärme ack.	K512
Temp fjärrvärme ack.	K513

Temp fjärrvärme ack.	K514
Temp fjärrvärme ack.	K515
Temp fjärrvärme ack.	K516
Temp fjärrvärme ack.	K517
Temp fjärrvärme ack.	K518
Temp fjärrvärme ack.	K519
Temp fjärrvärme returledning	K520
Energi fjärrvärme ack	K901

Reglering

Regulator: R01 Tryckhållning Ljungsbro fjärrvärmesystem.

Ärvärde: Lägst difftryck mellan de fyra punkterna Ljungsbro(400.511K201.20), södra nätet(400.511K202.20), Folkets park(400.511K203.20) och Cloetta(450.511K201) styr ärvärdet.

Börvärde: Manuellt inställt

Utsignal: Styr Pump P01 och P02 fjärrvärme distribution Ljungsbro

Begränsningar: Begränsningsregulator(PIC101) ger maxutsignal

Riktning: Direkt

Regulator: R02 Begränsning högt tryck tryckhållningspumpar 001.C01P01, P02.

Ärvärde: Tryckmätare(K101)

Börvärde: Manuellt inställt

Utsignal: Begränsningssignal till regulator(R01)

Riktning: Indirekt

Regulator: R04 uppvärmning toppskikt ackumulator.

Ärvärde: Temperatur(K503) fjärrvärme efter värmeväxlare

Börvärde: 98°C

Utsignal: Styr värmeväxlare(S01) fjärrvärme uppvärmning

Riktning: Direkt

Regulator: R08 nivå ackumulator.

Ärvärde: Nivå(K404) fjärrvärme ackumulatortank

Börvärde: 2m

Utsignal: Styr in och utflöde till botten av ack. (P08 och V08)

Riktning: Direkt

Styrning

Uppvärmningspump P07 startas och stoppas i start och stoppsekvens för ackumulatordrift.

Ledningsventiler V03 och V07 öppnas respektive stängs enligt start och stoppsekvens för ackumulatordrift.

Manövrar

Inget speciellt.

Indikeringar

Lägesindikering på ledningsventil V03.

Lägesindikering på ledningsventil V07.

Driftindikering på uppvärmningspump P07.

Förreglingar

Är nivån i tanken större än 2,7m eller mindre än 1,3m så larmar H1. Ökar nivån till 2,8m alternativt minskar till 1,2m så larmar H2 den mjukvirade säkerhetskretsen ska stänga V01, V02, V08 och stoppa P04 och P08. Ökar nivån ytterligare till 3m alternativt sjunker till 1m så att H3 larmar ska den hårdvirade säkerhetskretsen stänga V01, V02, V08 och stoppa P04 och P08.

Är trycket i tanken större än 0,39Bar ska ett larm skickas till styrsystemet.

Ökar trycket i tanken så att det blir större än 0,41Bar ska ett mjukvirat stopp ske och ackumulatordriften stoppas genom stoppsekvensen.

Ökar trycket ytterligare till mer än 0,43Bar så ska ett hårdvirat stopp ske och ackumulatordriften stoppas direkt.

Larm

Nivåalarm ackumulator	K404	H1 = Larm vid 2,7m eller 1,3m H2 = Mjukv.stopp vid över 2,8m eller under 1,2m H3 = Hårdv.stopp vid
-----------------------	------	--

		över 3m eller under 1m
Trycklarm ackumulator	K101	H1 = Larm vid 0,39Bar H2 = Mjukv.stopp vid 0,41Bar H3 = Hårdv.stopp vid 0,43Bar

Urladdning av ackumulator

Allmänt

Vid urladdning av tanken så används energimätaren K901. K901 räknar ut laddningsprocenten i tanken och är den över 80 % så tillåts urladdningspumpen P04 att regleras efter differenstrycket över Ljungsbro. Går tornbypumparna på full effekt och differenstrycket över Ljungsbro börjar sjunka så ökar effekten på pump P04 och den lagrade energin i ackumulatortanken pumpas ut till framledningen.

Sjunker temperaturen på framledningen allt för mycket så begränsas effekten på pump P04 av en regulator som håller koll på differens temperaturen mellan framledningen innan ackumulatorns utflöde och efter ackumulatorns utflöde.

När fjärrvärme börjar pumpas ut från ackumulatortanken och vattennivån börjar sjunka så börjar ventilen V08 på retursidan att regleras av nivåregulatorn LIC404 och släpper in returvatten för att hålla vattennivån stabil.

När laddningsprocenten i tanken har sjunkit under 20 % stoppas regleringen av P04.

Ingående objekt

Difftryck fjärrvärme difftryck över ljungsbro	K201
Pump fjärrvärme urladdning	P04
Energi fjärrvärme ack.	K901

Temp fjärrvärme framledning innan utflöde från ack.	K505
Temp fjärrvärme framledning efter utflöde från ack.	K506
Difftemp fjärrvärme framledning	K507

Reglering

Regulator: R05 Urladdning ackumulator.

Ärvärde: Tryck(K201) fjärrvärme difftryck över Ljungsbros

Börvärde: BV från PDIC201 – 0,01MPa

Utsignal: Styr Pump(P04) fjärrvärme urladdning

Riktning: Direkt

Regulator: R06 Bergränsning Hög Difftemp Urladdningspump ackumulator.

Ärvärde: Temperatur fjärrvärme framledning efter ackumulator(K506)

Börvärde: Temperatur fjärrvärme framledning före ackumulator(K505)

Utsignal: Styr Pump(P04) fjärrvärme urladdning

Riktning: Direkt

Styrning

Inget speciellt.

Manövrar

Inget speciellt

Indikeringar

Inget speciellt.

Förreglingar

Blir differensen mellan temperaturen före ackumulatören och efter ackumulatören högre än 1°C ska H1 larma. Stiger det till över 2°C och H2 larmar i över 300s ska ett mjukvirat skydd stoppa P04.

Larm

Diff.temperatur framledning före och efter ack.	Uträknad signal K505-K506	H1 = Larm vid 1°C dif. H2 = Mjukv.stopp vid 2°C dif.
---	---------------------------	---

Uppladdning av ackumulator

Allmänt

Vid uppladdning av tanken så får i första hand inte nivåalarmet K405 larma för att tanken är full. Är energinivån i ackumulatortanken under 80 % och effekten på tornbypumparna är under 80 % så tillåts den lilla ventilen V01 att öppnas och släppa in fjärrvärme. Är tornbypumparnas effekt under 75 % så tillåts även den stora ventilen V02 att öppnas.

Är temperaturen på fjärrvärmen som tanken laddas upp med över 95°C så startas shuntpumpen P05 och ventilen V04 börjar reglera utflödet från bottenskiktet av tanken till inflödet till toppskiktet av tanken för att hålla temperaturen vid 95°C.

Ventil V02 stängs sedan när energinivån i tanken är över 80 % eller om tornbypumparna har en effekt på över 79 %. Ventil V01 stängs när energinivån är över 90 % eller om effekten på tornbypumparna är över 85 %.

Under tiden som uppladdningen pågår så regleras nivån av regulatorm LIC404. Eftersom nivån först börjar öka när ackumulatorm laddas upp så är det pump P08 som börjar regleras och pumpa ut vatten från bottenskiktet till returledningen.

Ingående objekt

Temp fjärrvärme före ingång till ackumulatorms toppskikt.	K502
Temp fjärrvärme före ingång till ackumulatorms toppskikt.	K521
Temp fjärrvärme före ingång	K522

till ackumulatorns toppskikt.	
Temp fjärrvärme före ingång till ackumulatorns toppskikt.	K523
Ventil fjärrvärme laddning ack. Liten	V01
Ventil fjärrvärme laddning ack. Stor	V02
Ventil fjärrvärme shuntning	V04
Difftryck fjärrvärme difftryck över Ijungsbro	K201
Pump fjärrvärme shuntning	P05
Energi fjärrvärme ack.	K901

Reglering

Regulator: R03 temperaturreglering laddning ackumulator.

Ärvärde: Temperatur(K502) fjärrvärme före ingång till ackumulatorns toppskikt

Börvärde: 95°C

Utsignal: Styr ventil(V04) fjärrvärme shuntning

Riktning: Direkt

Styrning

Laddning av ackumulator sker när 001.C01P01 och P02 utsignal(K201) går under 80 % och energimängden är under 80 %.

Ventil V01 öppnas.

Går utsignal(K201) under 75 % öppnas ventil V02 också.

V02 stängs sedan om energimängden överstiger 80 % eller om effekten på pumparna P01 och P02(K201) överstiger 79 %.

V01 stängs om energimängden överstiger 90 % eller om effekten på P01 och P02 går över 85 %.

Vid en temperaturdifferens på över 2 % över 95°C ska pump P05 startas.

Går temperaturdifferensen under 2 % ska pump P05 stoppas.

Manövrar

Inget speciellt.

Indikeringar

Lägesindikering på inloppsventilerna V01 och V02.

Driftindikering på shuntpump P05.

Förreglingar

Temperaturregulatort TIC502 larmar vid 96°C, samt gör ett mjukvirat stopp vid 98°C och stänger ned ackumulatordriften genom stoppsekvensen.

Överstiger temperaturen 100°C på två av de tre temperaturgivarna ska ett hårdvirat stopp ske. All drift ska stoppas direkt genom att säkerhetskretsen bryts.

Larm

Temperatur inkommande ack.	Två av tre av K521 K522 K523	H3 = Hårdv.stopp vid 100°C
Temperatur inkommande ack.	K502	H1 = Larm vid 96°C H2 = Mjukv.stopp vid 98°C

