

# Analys och implementering av felindikeringsystem på jordkabelnät

Romeo Libäck

Examensarbete för ingenjörsexamen (YH)

El- och automationsteknik

Vasa 2021



## EXAMENSARBETE

Författare: Romeo Libäck  
Utbildning och ort: El- och automationsteknik, Vasa  
Inriktningsalternativ: Elkraftsteknik  
Handledare: Lars Enström, Ronnie Sundsten

Titel: Analys och implementering av felindikeringsystem på jordkabelnät

---

Datum: 24.05.2021

Sidantal: 37

Bilagor: 4

---

### Abstrakt

Dagens tekniker inom elektronik och elkraft går framåt med en märkbar fart, elbolagen försöker hänga med och uppdatera sina nät så bra det går. Högre krav på kontinuerlig och stabil leverans av elkraft förnyas varje år. Detta leder till att elbolagen behöver ha bra översikt och skyddsanordningar på sitt elnät, för att snabbt lokalisera, isolera och reparera fel som kan uppkomma i elnätet.

I detta arbete blev ett nytt fellokaliseringssystem installerat i en transformatorstation med fiberförbindelse för att få kommunikation med driftcentralen. Driftcentralen fick en ny översiktsbild med indikering och mätningar samt alarm från enheten i stationen. Inställningar och parametrar gick att ställa in från produktens webbserver och dessa förklaras och beskrivs i arbetet. Hur installationen i transformatorstationen görs tas också fram och förklaras i praktiska delen.

Underlag för teorin har tagits ur faktaböcker och elektroniska artiklar samt produktbroschyrer, företagens hemsidor och genom personlig kommunikation i form av intervjuer samt presentationer från företag. I resultatdelen tas det upp hur stor skillnad det är på de olika systemen som finns på marknaden idag och varför det blev produkten i fråga som valdes till detta projekt.

---

Språk: svenska

Nyckelord: feldetektorer, mättransformatorer, elnät

---

## BACHELOR'S THESIS

Author: Romeo Libäck

Degree Programme: Electrical Engineering, Vaasa

Specialization: Electrical Power engineering

Supervisor(s): Lars Enström, Ronnie Sundsten

Title: Analysis and implementation of fault indication systems on earth cable networks

---

Date: 24.05.2021

Number of pages: 37 Appendices: 4

---

### Abstract

Today's technologies in electronics and electric power are advancing with a remarkable speed, the electricity companies are successively trying to keep up and update their grid networks in a regular basis. Higher requirements for continuous and stable supply of electricity are renewed every year. This means that the electricity companies need to have a good overview as well as protective devices on their electricity grid to quickly locate, isolate and repair faults that may arise in the electricity network.

In this thesis, a new fault locating system was installed in a transformer station with fiber connection to have communication with the operating center. The operating center received a new overview layout with indication, measurements, and alarms from the unit in the station. Settings and parameters could be set from the product's web server and these are explained and described in the thesis. The practical part also illustrates how the installation in the transformer station is carried out.

The basis for the theory has been taken from reference books and electronic articles as well as product brochures, corporate websites and through personal communication in the form of interviews and company presentation. The results section discusses how significant a difference there is between the different systems on the market today and why the product in question was chosen for this project.

---

Language: swedish

Key words: fault detectors, instrument transformers, electricity network

---

# Innehållsförteckning

1	Inledning.....	1
1.1	Uppdragets bakgrund.....	1
1.2	Syftet med uppgiften.....	1
1.3	Herrfors som Uppdragsgivare.....	1
1.4	Historia.....	2
2	Elnätets uppbyggnad .....	4
2.1	Elnätet i Finland.....	4
2.1.1	Stamnätet.....	4
2.1.2	Region och distributionsnät .....	5
2.1.3	Kabelnät och luftledning.....	5
3	Säkerhet i nätet .....	7
3.1	Styrning och övervakning av mellanspänningsnät .....	7
3.1.1	Reläskydd .....	8
3.2	MicroSCADA som övervakningssystem.....	9
3.2.1	Kommunikationsprotokoll.....	9
4	Feltyper .....	10
4.1	Kortslutning.....	10
4.2	Överström .....	10
4.3	Mättransformatorer .....	11
4.3.1	Strömtransformatorer .....	11
4.3.2	Spänningstransformatorer .....	12
4.4	Dagens metoder för fellokalisering på Herrfors nät.....	12
5	Några av de undersökta felindikatormodulerna som finns på marknaden .....	14
5.1	ABB RI0 600 .....	14
5.2	Netcontrol .....	15
5.3	Protrol.....	16
6	Ibruktagnin g av felindikeringssystem .....	18
6.1	Undersökning och framförande av produkter .....	18
6.2	Protrols feldetektor .....	18
6.2.1	Webbserver konfiguration till Protrol IPC 4020.....	20
6.2.2	Programmering av systemet till MicroSCADA .....	25
6.3	Installering av IPC4020 och strömtransformatorer .....	28
6.3.1	Installering av IPC4020 skåp .....	29
6.3.2	Montering av strömtransformatorer .....	30
6.4	Testning och slutförande.....	32
7	Resultat .....	34

8	Diskussion.....	35
	Källförteckning.....	36
	Bilaga	

# 1 Inledning

Detta examensarbete har gjorts åt uppdragsgivaren Oy Herrfors Ab (i fortsättningen Herrfors) uppdraget var att ta fram en lämplig felindikator för jordkabelnätet. Felindikeringsenheten skulle passa in i deras befintliga övervakningssystem och i parkstationen där den skulle användas. Planera och kartlägga en lämplig parkstation eller flera parkstationer för att få det som önskades av systemet som skulle användas för detta arbete. Målet var att Herrfors skulle få ett fullständigt system till det hörde installation, - programmering och testning om möjligt.

## 1.1 Uppdragets bakgrund

Herrfors har idag tiotals fjärrstyrda elstationer med fiberförbindelser på jordkabelnätet och med dessa fiberförbindelser är det lätt att kommunicera med driftcentralen. Om ett fel inträffar på en jordkabel idag kan det vara svårt att lokalisera var och hur felet har inträffat. Med hjälp av en felindikator skall lokaliseringen av fel bli lättare och klarare på Herrfors elnät.

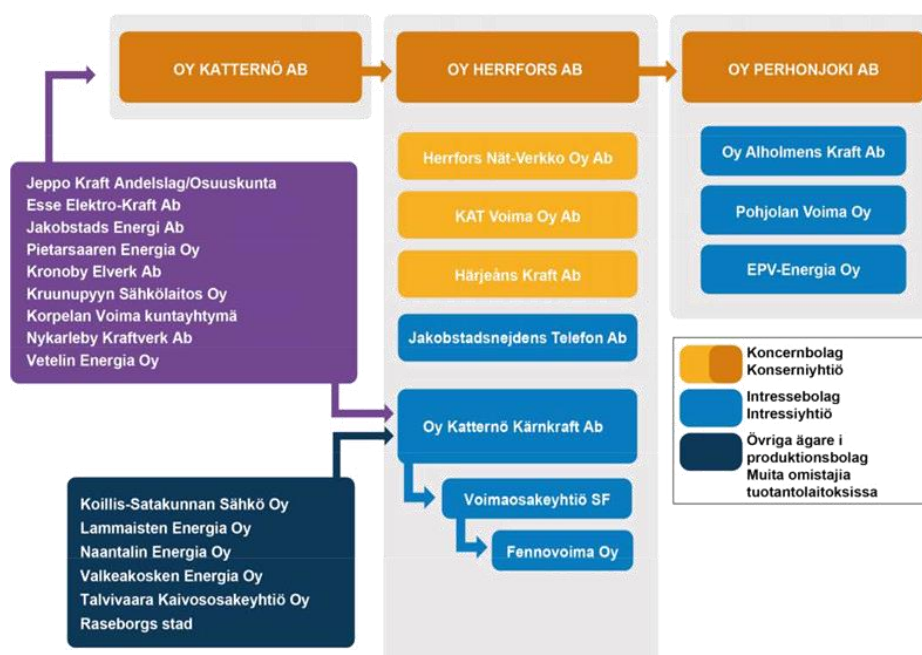
## 1.2 Syftet med uppgiften

Herrfors hade en vision om att få en säkrare jordkabellinje. Uppgiften gjordes för att underlätta sökning av fel på jordkabelnätet och för att minska längden på strömavbrott vid fel. Strömavbrott och fel kan repareras och hittas snabbare med en mer detaljerad information. För att få den informationen behövs en felindikator, den ska ha möjlighet att kommunicera via kommunikationsprotokoll till ett kontrollsystem så att driftcentralen i Jakobstad ska ha tillgång till olika data från indikatorerna. Indikatorerna ska ha flera olika funktioner, dessa funktioner tas upp senare i detta arbete.

## 1.3 Herrfors som uppdragsgivare

Herrfors är ett elbolag som sträcker sig från Vörå i söder till Alavieska i norr. Herrfors ingår i Katternögruppen och är ett dotterbolag till ett medelstort lokalt ägt kraftbolag med namnet Ab Katternö Oy (i fortsättningen Katternö). Herrfors är inte det enda dotterbolag som hör till Katternö. Även Oy Perhonjoki Ab och Katternö Kraft Oy Ab. Dessa är bolag som har hand om Katternös elansskaffningar, fjärrvärmeproduktion och nättjänster. (Oy Herrfors Ab, 2019c).

Herrfors har i nuläget sju vattenkraftverk som producerar el dagligen. Dessa anläggningar finns utsatta i Perho å, Esse å och Kimo å. Herrfors är också elproducent via de kraftproducerande bolagen Alholmens Kraft, EPV Energia, Kanteleen Voima och Pohjolan Voima. Herrfors distribuerar elektricitet från bolagets nät till deras konsumenter. Den mängd el som såldes 2017 kan delas in i olika källor. Energikällor 46 %, kärnkraft 27%, fossila källor 27% och förnybara (*Figur 1.*) beskrivs Katternögruppens uppbyggnad och alla auktionärer. (Oy Herrfors Ab, 2017; Oy Herrfors Ab, 2019a).



Figur 1. Katternögruppens ägare och styrelser. (Oy Herrfors Ab, 2019c)

## 1.4 Historia

Det hela började på 1900-talet när Jakobstads stad ville köpa en del av Esse å. De hade planerat att det skulle passa bra med ett vattenkraftverk där. När staden fick priset så bedömde de att det blir bättre att satsa på ett kol- och vedeldat kraftverk inne i Jakobstad istället. Sju år senare kom den första elgeneratoren till Herrforsen, generatoren blev installerad in i ett träsliperi. Förutom till sliperiet genererades det också ström till Kållby skola, ortens gästgiveri och några gårdar i närheten. (Oy Herrfors Ab, 2019b).

När första världskriget var i full gång, år 1921, var det svårt att få ljus i gårdarna på grund av att oljan till oljelamporna var svår att få tag på. Då började man verkligen komma i gång med elektriskt ljus, och då ville alla i närheten ansluta sig till kraftverken vid åarna. Kållby Kvarn och Kraftcentral Ab byggde ett kraftverk vid Långforsen och ett vid Herrforsen.

Långforsens kraftverk började leverera el ända till Karleby genom Kronoby och Lepplax. Kraftverket vid Herrforsen hade hand om Bennäsområdet, och efter några år var samarbete inlett med Kållbybolaget. (Oy Herrfors Ab, 2019b).

När läget hade varit oförändrat i över 50 år, blev Herrfors Ab ägare till båda kraftverken året 1921. År 1976 köpte Katternö upp Herrfors Ab, då var Katternö för första gången en energiproducent som gav köparen ett elnät med betydande antal konsumenter i både Karleby och Pedersöre. I nuläget har Herrfors all distribution av el och fjärrvärme till Katternögruppens konsumenter. (Oy Herrfors Ab, 2019b).



## 2 Elnätets uppbyggnad

Det här kapitlet behandlar Finlands elnät samt ger läsaren en teoretisk inblick i olika funktioner och krav som behövs för att få en förståelse om hur viktigt det är med ett komplett skyddssystem i ett elnät.

### 2.1 Elnätet i Finland

I Finland består elnätet av flera olika elsystem för att allt skall fungera i en större grad. I ett elnätssystem finns olika kraftverk, elstationer, elnät, fördelningstransformatorer och mycket mer som är anslutet till elnätet. De olika elnäten består av stamnät, regionalnät, distributionsnät och så förstås konsumenter. Dessa elnät blir kategoriserade beroende av deras storlek och spänning. Finland har också möjlighet att koppla sig samman i det nordiska elnätssystemet som består av Norge, Sverige och östra Danmark. Det betyder att hela Finland är sammankopplat med dessa länder.

Elstationen är den punkten i elnätet där kraftledningar med olika spänning samlas för att fördelas ut åt olika håll eller omvandlas med en fördelningstransformator som transformerar ner den höga överföringsspänningen till en sådan nivå så att den lämpar sig för användarna. Transformatorer finns på lite olika platser beroende på om det är en luftledning eller en jordkabel. Större konsumenter och hallar kan också ha egna transformatorer. I dagens elnät är det vanlig att ha transformatorerna i en så kallad parkstation, från parkstationen fortsätter linjen med jordkabel, i stället för en luftledning. Där luftledning används och spänningen transformeras är transformatorn oftast fast mellan två elstolpar. (Hänninen, 2019).

#### 2.1.1 Stamnätet

Den största spänningen vi har i Finland är 400 kV och kallas stamnät. För att få en inblick i hur stort det är så är det ungefär 2000 gånger större än det som kommer in i våra hem. Till stamnätet hör också 220 kV och 110 kV linjer. Dessa sträcker sig genom hela Finland, kan tänkas att de är elnätets motorvägar. Den största delen av elen som förbrukas överförs via stamnätet. Stamnätet är oftast byggd med luftledningar för att kostnaden på jordkabel är så höga när det gäller långa sträckor.

När linjen blir lång kommer den också ha stora effektförluster så därför behövs höga spänningar för att begränsa överföringsförlusterna. Stamnätet ägs och övervakas av Fingrid,

Fingrid är Finlands stamnätsbolag deras linjegator sträcker sig ungefär 15 000 km runt om i Finland. Det är också stamnätet som har förbindelse till våra grannländer. (Hänninen, 2019).

### **2.1.2 Region och distributionsnät**

Från stamnätet leds elen vidare i kraftledningarna till regionnätet via elstationer. Elstationerna transformerar ner spänningen till 110 kV, som i huvudsak är den spänning som används i regionnätet. Från regionnätet distribueras elen i stora drag till distributionsnätet, men distributionsnätet kan också vara direkt kopplat till stamnätet. Distributionsnätet har en lite lägre spänningsnivå som ligger mellan 0,4–110 kV. I Finland ägs distributionsnätet av mindre elbolag som har sina egna elstationer och landskap som de underhåller samt distribuerar elektricitet till. Distributionsnätet är alltså det nät som nästan alla förbrukare är anslutna till. Beroende på förbrukarens storlek och situation kan de också anslutas till större nät som till exempel region- eller stamnätet. (Fingrid, u.å.a).

### **2.1.3 Kabelnät och luftledning**

När det talas om kabelnät menas det nät som är under marken och ledningsnät är det som går mellan stolpar i luften. Det finns många olika saker som skiljer luftledningar och kabelnät åt. Den största skillnaden är den synliga delen. Efter att en kabel är ner grävd i marken och maskinerna är borta så vet ingen var kabelvägarna finns, endast vid vattenhinder brukar det vara skyltat med ”KABEL”. Däremot kommer luftledningar alltid att synas. I dagsläget installeras nästan bara kabelnät på grund av de nya kraven som kom i elmarknadslagen 2013. (Elmarknadslag 255 , 2013). I och med denna lag sjönk också priset på jordkablar, så i dagsläget är det ingen större prisskillnad på luftlinjedragning eller jordkabeldragning.

Livslängden på en luftledning är dock längre än på ett kabelnät. Detta beror på att det är lättare att underhålla en luftledning och servicen är kostnadseffektiv. När det uppstår ett fel på luftledningar är det oftast naturen som har orsakat felet. Till exempel kan ett träd ha dragit ner ledningar eller så kan en blixtnedslag ha slagit ner i någon transformator, det kan också vara fordon som har kommit för nära och rivit ner en ledning. Genom att ha kabelnät minimeras riskerna för att få externa skador från till exempel träd. Fel i jordkabel kommer oftast från att en grävmaskinschaufför har haft för bråttom och inte frågat efter kabelkartor eller någon som borrar av en kabel i misstag. Stenar eller vatten som kommer åt att skava på kabeln med tiden, kan också orsaka problem.

Att lokalisera var ett fel har uppstått på en jordkabel är mycket mera komplicerat än på luftledning. För en jordkabels felsökning behövs ett fellokaliseringsverktyg eller någon form av feldetekterings moduler och mätningar. När det kommer fel på luftledning ser oftast montörerna var felet är. Av de fel som uppkommer på linjer finns ungefär 90 procent på luftledning och 10 procent på kabelnät. När det uppstår ett fel på en nergrävd kabel är servicetiden för att få den i bruk igen ungefär 25 gånger längre än på luftledning. (Fingrid, u.å.b).

### 3 Säkerhet i nätet

I nätstationer finns det oftast en distributionstransformator som transformerar om spänningen från mellanspänning till lågspänning. När det går från mellanspänning till lågspänning finns det säkringar både på mellan- och låg spännings sidan. Säkringarna vid mellanspänningssidan är ett större reservskydd mot överström och överbelastning för distributionstransformatorn. Säkringarna på lågspänningssidan finns för att begränsa området när ett fel uppstår, det innebär att det bara är kunder som får ström från den samma distributionstransformator som faller bort vid avbrott. (Lexholm, 2016).

Ringmatning, också kallat slingnät, är en metod för att korta av elavbrott. Med ringmatning kan nät- eller driftpersonalen vid behov styra matningen från ett håll till ett annat i olika nätstationer. Detta är för att inga förbrukare skall bli utan el en längre tid och för att ha möjlighet att reparera felet säkert. Med hjälp av ringmatning kan personen manövrera elen från en linje till en annan, beroende på var felet finns. Manövreringen sker med en så kallad lastfrånskiljare eller linjefrånskiljare, när det går med kabelnät från en transformatoriosk blir manövreringen med en lastfrånskiljare. Linjefrånskiljare finns på stolpar, de används där det byts från luftledning till kabel. Styrningen av dessa sker oftast på distans nuförtiden, det kallas fjärrstyrning. För att fjärrstyrningen av brytare och frånskiljare skall fungera behövs det någon form av kommunikation till något kontrollrum. Dessa kommunikationsmöjligheter tas upp längre fram i texten (avsnitt 4.1.2). (Lexholm, 2016).

#### 3.1 Styrning och övervakning av mellanspänningsnät

När det uppstår fel på någon mellanspänningslinje i nätet behövs det personal som kan genomsöka och lokalisera fel på den sträckan som felet kan ha uppkommit på. Genom olika metoder går det att begränsa sökområdet så att personalen vet vilka linjer som ligger bakom den matande brytaren och det reläskydd som har löst ut. Om detta har inträffat på en jordkabel behövs det oftast lite mera åtgärder än om felet finns i en luftledning. Här är det vanligt att använda en kabelfelsökare vilket gör det lite mera tidskrävande. Där det finns mätningar till exempel med felindikatorer i nätstationen kan dessa avläsas och felet kan hittas snabbare än med en felsökare. (Lexholm, 2016).

Mätningarna kommer från så kallade strömtransformatorer, spänningstransformatorer eller en kombination av båda. Dessa transformerar ner spänning och ström till hanterbara nivåer. Detta innebär oftast att det inte alls behövs någon utryckningspersonal som lokaliserar felet. (Lexholm, 2016) Mera om dessa transformatorer senare i arbetet.

### 3.1.1 Reläskydd

Reläskydd eller skyddsterminal är i huvudsak hjärnan för en effektbrytare som skyddar elkraftsystemet och personer. Skyddsterminalen finns oftast i ett elnät i någon större fördelningsbyggnad där det går ut till flera mellanspänningsnät med effektbrytare i mellan. När det uppstår fel på någon mellanspänningslinje kommer brytaren som matar den linjen att koppla bort alla konsumenter som får sin spänning från den brytaren eller facket. (Lexholm, 2016).

Skyddsreläet är försett med ett jordfelsskydd och överströmsskydd, i vissa stationer kan det finnas något som heter distansskydd. Skyddet mäter spänningen med spänningstransformatorer för att räkna ut distansen från fördelningsstationen till stället där felet finns på mellanspänningslinjen. Detta är inte alltid så pålitligt när det bara ger en uppskattning på hur långt ifrån fördelningsstationen felet har uppstått, när det i en mellanspänningsstation går linjer åt olika håll kan inte systemet exakt få ut vilken linje det handlar om, men med felindikering kan systemet få en mer detaljerad uppskattning av avståndet och vilken linje som felet kan vara på. (Lexholm, 2016).

Skyddsterminalerna kan också ha kommunikation med driftcentralen eller en elektriker och reläskydden kan också ”prata” med varandra. Något av det viktigaste är att skydden minns och sparar värden på intressanta tidpunkter och data som kan användas i olika kontrollsystem för olika funktioner eller störningsrapporter. (ABB, u.å.a).

Uppgiften med skyddsterminalerna är att så snabbt som möjligt kunna ge styrsignaler till en brytare av något slag som i sin tur ska bryta den del av nätet som fel har inträffat på. Skyddet skall bryta så snabbt som möjligt för att begränsa de skador som fel kan ha skapat. Ett reläskydd har flera hundra parametrar som går att ställa in för att reläet skall fungera rätt enligt elnätets uppbyggnad, när en av dessa parametrar överskrids skall reläet så snabbt som möjligt ungefär en tid på 2–40 ms ge ett styrkommando till någon enhet. Dessa tider och funktioner kan också ha någon tidsfördröjning beroende på känsligheten på elnätets uppbyggnad om det uppstår små överbelastningar relativt ofta i nätet, då skall dessa parametrar ha någon större tidsfördröjning. Till exempel om det blåser och någon kvist eller något annat snuddar en luftledning skall inte hela området behöva brytas, dessa kan vara fel som uppstår lika snabbt som de försvinner, detta också för att minska små avbrott i elnätet. (Kanckos, 2011).

## 3.2 MicroSCADA som övervakningssystem

Det som beskriver ett SCADA-system (supervisory control and data acquisition) är styrning, datainhämtning och övervakning. För att SCADA ska vara fullständigt behövs det mjukvara och hårdvara, med ett SCADA system kan företag och organisationer styra sina processer som till exempel en motor i ett brytarfack i en elstation eller en pump i ett vattenkraftverk antingen lokalt eller på distans. För att detta ska fungera behövs ett programmerbart logiskt styrdon (PLC) i samarbete med fjärrterminalsenheter (RTU) dessa element har som uppgift att kommunicera med olika utrustning, det kan vara sensorer, givare och styrreläer av olika slag. Från givare och sensorer samlas data in som sedan skickas vidare med olika adresser till en databas, databasen har programmerats så att de flytande värden genereras om till alarm och förklarande visuella symboler till ett kontrollrum där driftpersonalen noggrant följer med dessa alarm och värden. Detta kallas Human-Machine Interface (HMI), från kontrollpanel kan personalen också ge kommandon till reläer ute i olika hallar och stationer för styrning av frånskiljare eller stoppventiler i ett vattenkraftverk. (COPA-DATA, u.å).

I ett SCADA system är HMI nästan den viktigaste delen, ofta blandas dessa benämningar men det är två helt olika saker. SCADA är för att styra och övervaka i en större krets som ett vattenkraftverk eller ett elnät, all data som kommer från PLC, RTU, och sensorer skickas till ett centralt SCADA system som har sitt eget HMI paket. Alltså HMI är en del av SCADA men SCADA är inte en del av HMI. Dagens SCADA system har så bra uppkoppling och så bra realtidsdata att nästan all styrning kommandon och mätningar sköter sig själv. (COPA-DATA, u.å).

### 3.2.1 Kommunikationsprotokoll

För att två eller flera enheter skall kunna ”prata” med varandra måste de vara kompatibla med varandra, detta görs med ett kommunikationsprotokoll. Kommunikationslänken kan också vara av olika slag beroende på område och tillgång, dessa kan vara allt från en fiberkabel till en radiosignal via en satellitstation. I detta projekt användes IEC 60870-5-104 som hör till fiberoptik för att få kommunikation mellan enheten och driftcentralen.

Med fiberkommunikation får man en stabil och snabb kommunikation, hastigheten varierar mellan 10 Mbit/s upp till 1Gbit/s. En annan fördel är att fiberoptik går att använda på ställen där störningar kan uppkomma, därför används fiber i industrialläggningar, kraftstationer samt transformatorstationer för kommunikation med reläskydd och annan kontrollutrustning. (Jacobsson, 2016).

## 4 Feltyper

I ett elsystem kan det uppstå flera typer av fel i detta kapitel behandlas några av de vanligaste felen och hur de skiljer sig ifrån varandra. I ett elnät behöves det också olika mätinstrument och utrustning för att få ut vilken typ av fel det handlar om, de olika mätinstrumenten tas upp och beskrivs i detta kapitel. När det uppstår avbrott på en slinga i elnätet har elbolagen sina egna sätt att lokalisera och undersöka, i arbetet får man en inblick i hur Herrfors gör när det uppstår avbrott på deras elnät.

### 4.1 Kortslutning

Kortslutning eller shuntnfel uppstår när två eller flera strömförande delar med olika potential rör varandra, detta innebär att ett trefasnät ändras från ett normalt läge med symmetriska strömmar och spänningar som är innanför godkända gränsvärden, till ett elnät med onormala strömmar och spänningar. Dessa fel orsakar också att frekvensen blir instabil. När det uppstår kortslutning på ledningar med högre spänningar bildas det ofta ljusbågar och överhettningar med följd till brand. (Jacobsson, 2016).

### 4.2 Överström

Alla kraftleverantörer har krav på att leverera elenergi där frekvens och spänning är inom rätt gränsvärden, elnäten är dimensionerat så detta ska uppfyllas. Varje del i nätet har också ett nominellt värde även ett minimum och maximivärde för spänning, frekvens, ström och effekt. Gränsvärden är specificerade på olika apparater av leverantörer som transformatorer, generatorer samt motorer. Dessa gränsvärden övervakas från driftcentraler och lokalt för att hela tiden ha koll på frekvenserna. Om det blir obalans i elnätet på grund av jordfel eller fasslutning, så att bortkoppling av ett större område inträffar kommer frekvensen på elnätet minska. För att förhindra detta finns det lokal eller automatisk belastningsfrånkoppling för att hålla frekvenser inom rätt område, dessa områden rörs kring 49 till 51 Hz i våra nät. Inom mindre anläggningar är det vanligare med frekvensändringar när kortvariga överbelastningar uppkommer. (Jacobsson, 2016).

Dessa kan förekomma om det finns för stora belastningar på en ledning eller något mekaniskt fel har inträffats på någon enhet. Om till exempel en motor är gammal och sliten kan den börja gå för tungt, detta leder till att det blir överström som har orsakats av överbelastning. Med hjälp av ett överströmsskydd går det att hindra motorer, generatorer, transformatorer eller ledningar från att brinna upp. Framför allt finns överströmsskydden för personskador.

Nuförtiden är det standard med överströmsskydd på motorstyrningar. Förväntad belastning uträknas för motorn och motorn blir dimensionerat efter lasten som den bör orka ”dra”, och överströmsskyddet inställs lite över den nominella strömmen för att skyddet ska utlösa när det går för tungt eller något fel har inträffats. (Sleva, 2009).

### 4.3 Mättransformatorer

Någon typ av mättransformatorer är nödvändigt i ett elnät för att transformera ner spänningen eller strömmen till en hanterbar nivå för olika kontrollsystem och mätningar, dessa instrument är en förutsättning för att driftcentralen i ett fungerande elnät ska få fellokalisering och mätningar på sina linjer. Det finns olika typer av mätinstrument, dessa är strömtransformatorer eller spänningstransformatorer eller en blandning av båda. (Mattus, 2017). I detta arbete användes bara strömtransformatorer, för att enheten som installerades klarade av att känna av jordfelsdetektering med endast strömtransformatorer som i vanliga fall är spänningstransformators uppgift.

#### 4.3.1 Strömtransformatorer

Strömtransformatorer är ett instrument som är särskilt utformade för att producera en växelström i den sekundära lindningen som är exakt det som mäts i den primära lindningen. Strömtransformatorer omvandlar höga strömmar till ett värde som är hanterbart för en mätutrustning eller ett skyddsrelä. (Sleva, 2009).

I en strömtransformator finns det flera varv av lindningar lindade runt kärnan, ungefär som en vanlig transformator, skillnaden på en strömtransformator är att de lindade varven runt kärnan på primära sidan är ganska få. Sekundära sidan har dock flera varv lindade runt kärnan detta är olika beroende på hur mycket strömmen ska bli nerskalad. Storleken på strömtransformatorn bestäms då enligt primärsidans maximala ström. Den sekundära sidan har alltid ett maxvärde på 1 A eller 5 A. (Sleva, 2009).

I detta arbete användes en strömtransformator som hade en förhållande på 300/1 A, det betyder då att när det går en ström på 300 A genom strömtransformatorns primärlindning går det 1 A genom den sekundära sidan på strömtransformatorn. Med hjälp av strömtransformatorerna fick systemet beräknat ut fel som bland annat jordfel eller kortslutning.



### 4.3.2 Spänningstransformatörer

Som strömtransformatorn är också spänningstransformatorn konstruerad att avspegla primärlindningen med sekundärlindningen men med spänning i stället för ström. Spänningstransformatörer transformerar också ner spänningen till ett hanterbart område för mätinstrument, skyddsreläer och kontrollutrustningar. Transformatorerna är installerade så att de mäter spänningen över ”fas till fas”, ”fas till noll” eller ”fas till jord”. (Sleva, 2009). Spänningstransformatorn har också bara en kärna på primärsidan som strömtransformatorn, på den sekundära sidan har den flera kärnor. Dessa går att använda för olika skyddssystem eller effektmätningar av olika slag. (Mattus, 2017).

Det finns två typer av spänningstransformatörer, dessa är induktiva eller kapacitiva. Den induktiva varianten är vanligaste att ha i ett elnät för att den är den mer kostnadseffektiva typen av dem. Den kapacitiva är det lite annorlunda när det gäller installationen, den kapacitiva blir bara installerad mellan ”fas och jord”. (Sleva, 2009). Spänningstransformatorn har kondensatorer som gör att den höga spänningen blir mer användbar. Kondensatorerna är inte optimala i alla lägen för att de har en bestämd urladdningstid. (Mattus, 2017).

## 4.4 Dagens metoder för fellokaliserings på Herrfors nät

När ett jordfel eller överströmsfel i dagsläget inträffar på någon av Herrfors linjer går det inte exakt att veta var på linjen felet har uppstått men med lite manövrering och testning får driftcentralspersonalen och montörer oftast på klart mellan vilka frånskiljare felet finns. I praktiken ser det ut så här när det kommer fel på dagens linjer:

- ❖ Skyddsterminalen samlar in data, om fel inträffar kommer reläskyddet trippa och sända fel adresser till driftcentralen med alarm. Distansskyddet samlar upp det högsta mätta värde som sedan sparas i databasen för automatisk uträkning av ungefär distans från skyddsterminalen till felet på linjen. På samma gång dessa händelser sker har brytaren i matande fack löst ut, denna process sker under en sekund.
- ❖ Om det finns fjärrstyrda frånskiljare öppnas dessa från driftcentralen, personen öppnar slingan ungefär på halva sträckan första gången, testar att köra in den matande brytaren igen. Om brytaren hålls inne vet driftpersonalen att felet är efter den öppnade frånskiljaren i slingan. Om den inte hålls fast är felet mellan elstationen och frånskiljaren.

- ❖ Denna process upprepas tills driftpersonalen eller dejouren har lokaliserat felet så långt att den vet mellan vilka två frånskiljare felet kan ha uppkommit.
- ❖ Om felet är på luftlinje kan montörerna oftast gissa sig fram när de vet var de utsatta linjerna finns, efter att montörer har kört runt och letat men inte funnit felet. Så klättrar montörer upp i stolpar för att få bättre syn över linjer, där det finns nedtag eller skarv är ofta intressanta platser, dessa är några som hör till nödzonen.
- ❖ Om felet har kommit på en nergrävd kabel måste personal oftast gå med en kabelfelsökare detta kan ta tid, men om personalen känner till något nybygge eller vägarbete som ligger intill kabelvägen brukar man kontakta grävansvariga först.

Under tiden har driftledare eller montörer manövrerat frånskiljare för att så få konsumenter som möjligt inte ska vara utan ström så länge servicearbetet pågår, detta går smidigt när det finns i stort sett fungerande ringmatningar i hela Herrfors system. (Personlig kommunikation, 9.3.2021, Joakim Järn, arbetsledare Herrfors nät, Kållby).

## 5 Några av de undersökta felindikatormodulerna som finns på marknaden

Inom elkraftsbranschen idag finns det flera företag som har specialiserat sig på felindikerings verktyg och enheter både för luftlinje samt jordkabel. De metoder och lösningar som företagen erbjuder skiljer sig lite från varandra beroende på funktion, teknik och förstås omfattningen. Utmaningen är att hitta det system som lämpar sig bäst till det ändamålet man söker.

### 5.1 ABB RIO 600

ABB är ett globalt teknikföretag som har inriktning på elkraftssystem samt automationsteknik. ABB har lång erfarenhet inom hårdvara och mjukvara. Företaget började ungefär för 130 år sedan och idag har de runt 105 000 anställda i mera än 100 länder, i Finland är det kring 5000 anställda. (ABB, 2020).

RIO 600 är en kortslutnings- och jordfelsindikator för mellanspänningsstationer, enheten har ett brett utbud av I/O signaler både av digitala och analoga signaler för mätning och styrning. En fördel med denna enhet mot andra, är att den har ingångs- och utgångssignaler inne i modulen så den behöver inte ha någon extern modul för styrning och indikering. Detta leder till mindre trådar och ledningar inne i en nätstation. För ett distributionsnät får man också något som kallas *Fault Passage Indication*-funktion, med i RIO 600 enheten. Men denna funktion är det möjligt att få en exakt mätning på ström och spänning från ett 20 kV nät, med hjälp av ABB:s lätta sensorer och spänningstransformatorer. (ABB, u.å.b).

Med mätinstrumenten kan enheten bestämma riktning till fel och vilka frånskiljare felet har passerat, och sedan sända dessa mätningar till ett SCADA system eller ett skyddssystem i stationen. RIO 600 går också att använda som en ensam enhet för fellokalisering. Med ABB:s patenterade jordfelsdetektering, Multifrekvent admittansberäkning (MFA) kan modulen driftsäkert indikera på högresistiva samt intermittenta jordfel. Detta fungerar lika på ett bra isolerat nät som på ett lite mindre isolerat nät, detta system fungerar också på luftlinjer. Med den multifrekventa funktionen går det att hindra onödiga bortkopplingar i en station när felet detekteras snabbt. (ABB, u.å.b).

För att ABB:s enheter ska indikera och lokalisera alla typer av fel behövs det både spänningstransformatorer och strömtransformatorer. Detta är en nackdel när både kostnaden och installationen blir större, dessa transformatorer är också bara konstruerade för

inomhusbruk. Modulerna har nog använts i utestationer i Finland med båda negativa och positiva resultat, de största problem med inomhus produkter i ”utomhus” miljö är att smuts och kondens kan samlas på isolatorer som leder till brand och ljusbågar.

## 5.2 Netcontrol

Netcontrol grundades 1991 i Finland, de har också kontor runt om i Norden. Deras kundkrets är väldigt stor, dit hör stora elföretag, industrianläggningar, värmeverk, elektriska järnvägar och producenter av förnybar energi. De specialiserar sig på produkter som styrenheter för transformatorstationer, SCADA-system, RTU:er och motormanöverdon med mera. Produkterna är tillverkade för nya installationer men också för eftermonteringsmöjligheter, Netcontrols produkter är också kompatibla med många andra tillverkare. (Netcontrol, 2021).

Produkten Netcon 100 är en kompakt enhet med en modulär uppbyggnad som gör den till en expansionsvänlig produkt och kostnadseffektiv lösning. Med hjälp av Netcons 100 exakta mätresultat kan företag undvika onödiga investeringar i elnätet för ”säkerhetens skull”. Med Netcons lösningar på mellanspännings nivå förkortas linjefelen och områden minskas, med deras fellokalisering fås också riktning till felet. Det gör det smidigare att sektionera bort rätt del av elnätet för att operatörer snabbt skall kunna inleda reparationsarbeten. (Netcontrol, 2019).

Feldetektorn har fem steg för jordfel och fyra steg för överström per utgång, jordfelsberäkningen är baserad på admittansberäkning och intermittenta jordfel. Netcon 100 har också en separat licenserad skyddsfunktion för jordfel och kortslutning, enheten kan manövrera brytare beroende på fel för att skydda utgående ledningar, den fungerar i princip som ett standardskyddsrelä. Enheten kan styra ända upp till 9 utgångar med olika skyddsfunktioner. (Netcontrol, 2019).

Krav på elnät och stationer ökar hela tiden men Netcon 100 har några speciella egenskaper. Till exempel när en dörr är öppen i en transformatorstation, meddelar enheten det till driftcentralen. Samt en temperaturövervakning på transformatorn i stationen för minskning av brand, detta är mera viktigt när transformatorer är inne i någon fastighet. (Netcontrol, 2019).

Netcon FDM112 är kortet som sätts till enheten för felindikering och fellokalisering på mellanspänningsnätet, modulen har beräkningsfunktioner som räknar ut felstället och felreaktansen med hjälp av elkvalitetsmätning och störningsregister. Kortet finns i två olika

versioner, detta är beroende på hur strömmätningarna fås från ledningarna. Den noggrannare varianten använder Rogowski-spolar, dessa är runt två faser och noll ledaren. Varianten lämpar sig på nät där det finns låga jordfelsströmmar. För att få en exaktare mätning har Netcon monteringsplattor som kan monteras runt sensorn för att få rätt storlek till kabeln i frågan. Netcon har också ett kort som passar bättre när det finns färdigmonterade strömtransformatorer i transformatorstationer eller ställverk. (Netcontrol, 2019).

Netcons mjukvara är också mycket flexibel, kunder har möjlighet att programmera och skriva sina egna koder och program för sitt eget behov, programmen kan:

- Sända olika kommandon till systemet för olika styrenheter.
- Få realtidsinformation från systemet.
- Övervaka ifall förändringar sker, och få sparade loggar från systemet.



Figur 2. Netcon 100 enhet med Netcon FDM112 modul. (Netcontrol, 2019)

### 5.3 Protrol

Protrol är ett svenskt företag som grundades 2002 och har ungefär 10 anställda, företaget inriktar sig inom energisektorn. Deras fokusområden är allt från övervakningsutrustning och relädon i parkstationer till större elstationer. De har också kunskap om reläskydd för specialapplikationer. Produkterna är konstruerade för kostnadseffektiv feldetektering och driftövervakning. (Protrol, 2021).

IPC4020 är en felindikerings enhet som indikerar både på överström, jordfel, riktat jordfel och fasbrott. Den har flera in och utgångar för styrning och indikering och därför passar den bra i en nätstation, och den går att få med en expansions modul för manövrering och indikering upp till 4 objekt. Med expansionsmodulen får man också feldetektering på 3 linjer till. Kommunikationen med driftcentralen går med IEC 60870-5-104 protokoll och fungerade bra i vårt fall när det fanns färdigt fiber i transformatorstationen. (Protrol, 2019)

När deras patenterade enhet inte behöver någon spänningstransformator för mätning av jordfelsdetektering, gör det IPC4020 till en mycket kostnadseffektiv lösning. Det patenterade systemet klarar av att detektera höghögsmiga jordfel samt intermittenta jordfel utan spänningsmätning och ändå få en bra selektivitet vid låga strömmar. Detektorerna mäter asymmetrin mellan faserna för att få ut jordfel med bara strömtransformatorer. (Protrol, 2019).

Med IEC4020 följer det med en webserver för programmering och konfigurering av enheten, ett lättanvänt verktyg med status bilder och manövrerings möjligheter. Från webbgränssnittet går det att ställa in detektor funktioner, gränsvärden för de olika felen. Från webbservern går det också att få ut en störningsskrivarfunktion med verktyget går det att få ut i vilken fas felet har inträffats på, eller om något värkar vara fel på linjerna. (Protrol, 2019).



Figur 3. Protrols IPC4020 Feldetektorenhet. (Protrol, 2019)

## 6 Ibruktagnig av felindikeringsystem

Utförandet av detta examensarbete fick sin början på vintern 2018 när jag började undersöka vad det fanns för olika metoder och enheter. Systemen skulle gå att använda med Herrfors gamla nät och alla de andra kraven som Herrfors hade på detta arbete.

### 6.1 Undersökning och framförande av produkter

Arbetet började med att försöka hitta den rätta produkten som passade bäst med det gamla systemet som Herrfors hade installerat från tidigare. Jag började med att lista upp alla krav som fanns och sedan var det att börja forska i vad som fanns på marknaden. Inom detta område börjar det vara ganska vanligt med felsökning och att lokalisera fel, det finns ganska många olika produkter ute på marknaden men inte så många som uppnådde de olika funktionerna som vi sökte.

Ett av det viktigaste var att produkten skulle ha rätt kommunikationsprotokoll. Dessa förklaras i kap.4.2.1. TCP/IP eller Ethernet behövdes i detta arbete för att få kontakt med driftcentralen i Jakobstad.

Några produkter som jag hade läst mig in på och som jag framförde åt Herrfors för anskaffning och fortsättning var till exempel Netcontrol, ABB, Protrol. Dessa nämns i kap 6, och den som kom att användas i detta arbete var Protrol IPC4020 feldetektor med expansionsmodul.

### 6.2 Protrols feldetektor

Det svenska företaget Protrols produkt IPC 4020 feldetektor är den nyaste feldetektorn på marknaden som håller koll på både överström och jordfel som tas upp i kap.5. Protrols modul kom i detta projekt att vara den huvudsakliga enheten. Produkten presenterade jag åt Herrfors i början av år 2019, de tyckte att produkten i sin helhet hade de krav som Herrfors hade förväntat sig. Produktens användarvänlighet var en av de större faktorerna och att den inte behövde någon spänningsmätning som förklaras i kap.5, därför blir det också en kostnadseffektiv lösning. Kommunikationsprotokollet som produkten använde var IEC 60870-5-104 så det passade bra med det Herrfors hade i system från tidigare. 4020 modulen var ganska enkel men den hade det som krävdes för att klara det arbete som söktes.

Jag hade haft kontakt med företaget som gör produkten och fått en bra kundservice från start, snabba svar och bra förklaringar till mina frågor som jag hade ställt. Detta var också en stor anledning till att vi valde just den här produkten, om det i framtiden uppkommer problem visste vi att det kunde snabbt lösas. Eller om någon del går sönder skulle det inte ta lång tid för att få en ny komponent från Ludvika där detta företag hade sitt kontor.

I slutet av april 2020 skickade vi in en offert på detta system med tillbehör. Till detta paket hörde ett standardskåp som de kallade det, i skåpet skulle det finnas IPC 4020 feldetektorn med en expansions modul. Fjärrterminaler, batteriladdare, batteri, överspänningsskydd och likriktare för omvandling av spänning från 230 VAC till 24 VDC. Expansionsmodulen var för att få mätning på två linjer till, med denna expansion modul installerad har enheten mätning på tre utgående fack och styrning och indikering till fyra fack. Utan denna modul skulle enheten bara ha haft mätning av en utgående linje. Batteriet fungerar som ett reservsystem om matningen skulle försvinna till enheten. Så skulle detta system ta över så att det alltid skulle vara felindikering och styrning fast strömmen försvinner i transformatorstationen.

Med detta paket tillhörde också dessa så kallade strömtransformatorer som beskrivs i kap.5.4.1. I detta fall behövde vi nio stycken för att vi skulle ha möjlighet att fellokalisera på tre linjer. Dessa strömtransformatorer var av typ (300/1 A) 2,5 VA, plastinkapslad och öppningsbara detta syns i högra kanten på (*Figur 4.*) På transformatorn är också en vit lapp, på lappen finns en symbol som visar vilken riktning strömtransformatorn ska vara installerad. P2 skall vara riktad mot objektet alltså linjen och P1 ska vara riktad mot samlingskenan detta syns också på (*Figur 4.*)





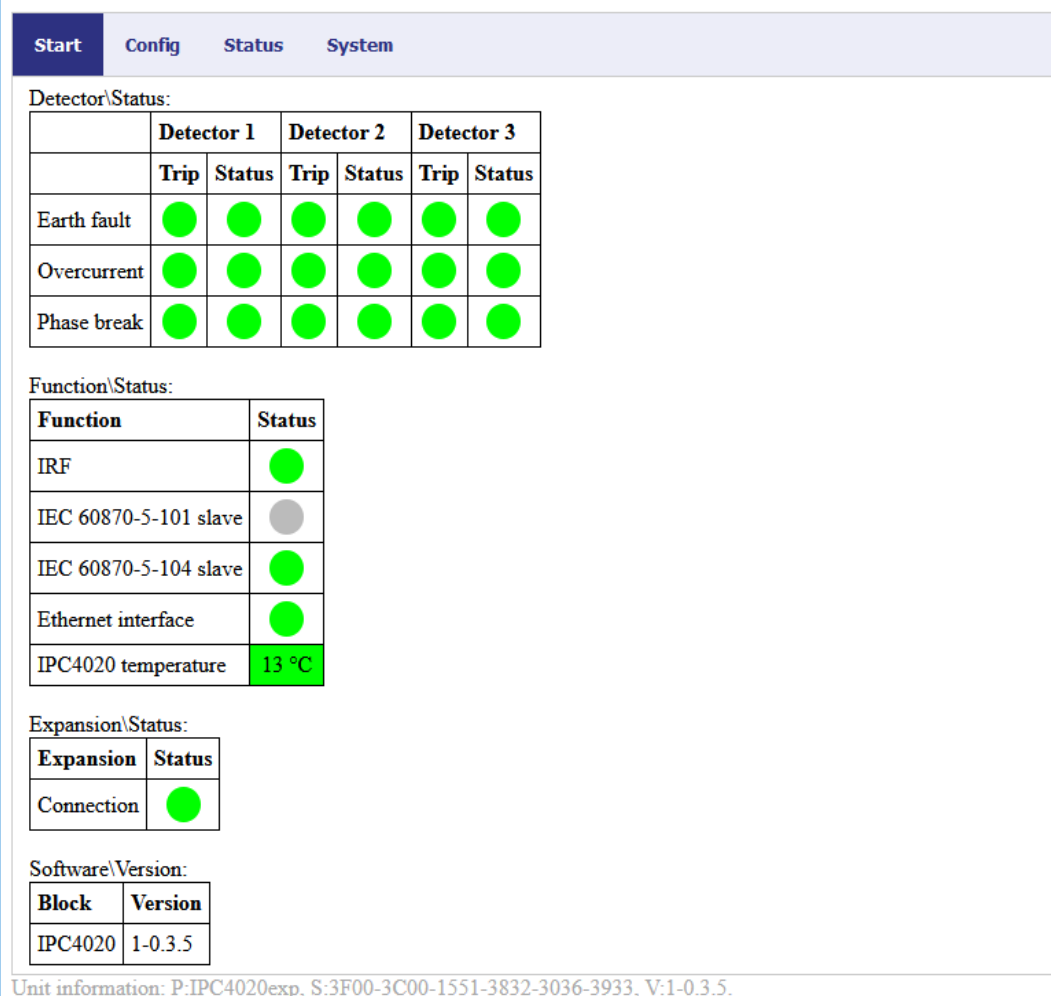
Figur 4. Strömtransformator med öppningsbart hölje för mätning av ström i en fas.

Detta paket blev ganska så förmånligt så vi bestämde att vi skulle testa detta alternativ, beställningen blev av och det tog inte länge innan vi fick det. I mitten av juni hade vi paketet på kontoret då var det bara att sätta sig in och börja konfigurera enheten.

### 6.2.1 Webbserver konfiguration till Protrol IPC 4020

För att komma åt de inbyggda funktionerna och data som finns lagrade i IPC4020s webserver, måste användaren koppla upp sig via Ethernet eller med USB och ha ett användarnamn och ett lösenord. När användaren har kontakt och loggat in kommer det till startsidan, där får personen en statusbild över allt som är i bruk och programmerats. Första sidan är i huvudsak den sidan som visar om allt är i sin ordning alla dioder som finns fysiskt på enheter speglas till webserver om alla dioder är gröna är allt som det ska vara, gråa dioder betyder att de funktionerna är ur bruk eller inte aktiva för tillfället. Dessa dioder kan också ha färgen gul eller röd betydelsen är olika beroende på fel och funktion. (Figur 5).

## Protrol IPC4020exp - Holmvägen 2196



Figur 5. Webbserverns huvudsida med status indikeringar.

De inställningar som var av intresse för detta pilotsystem var detektorernas mätvärden och adresser som skulle sättas in i MicroSCADA-programmet. De objekt som användes var detektorernas indikeringar för överström, riktat jordfel, oriktat jordfel och fasbrott. Strömmätningar blev också insatta i MicroSCADAs övervakningssystem då användes det analoga ingångar.

Överströmmen har en startsignal och två trippsignaler, första trippsignalen är inställd på 500 A om det blir kortslutning och strömmen går över 500 A kommer det att ge en startsignal på överström. Om den är över det inställda värdet i 500 ms kommer det trippas och sända ut ett alarm till driftcentralen som meddelar att det är överström på det fack som den söndriga kabeln är kopplad på. På samma gång ser driftpersonalen vilka faser det är frågan om när de

läser av strömmätningarna. Den andra tripp signalen är inställd på 10 000 A och en bränntid på 10 s. Men om det blir kortslutning skall nog första stegen redan veta om det och skicka felindikering till driftcentralen. Andra steget är bara i nödfall ifall inte modulen skulle hinna reagera på första.

Riktat och oriktat jordfel har också en startsignal och en trippsignal vilket betyder att den får sin startsignal när summaströmmen överstiger inställt nivå och trippsignalen blir hög när inställd tid har uppnåtts. I detta fall har vi en ström på 2 A och en tids gräns på 500 ms på riktat jordfel på oriktat är det 10 A och 400 ms. Oriktat jordfel är också inställd så att endast grundtonen mäts och jämna övertoner undertrycks. Övertoner är mått på hur mycket ström och spänning som skiljer sig från den ideala sinuskurvformen. Dessa parametrar och inställningar är samma på alla tre detektorerna. Inställningarna framställs på (*Figur 6 och 7*).

Start **Config** Status System

Config operations:

Unit	Read from unit	Write to unit
File	Open...	Save as...

Unit Communication I/O-addressing **Detector** SNMP Accounts

Common **Detector 1** Detector 2 Detector 3

**Detector 1 config**

Current Transformer:

Ia/Ib/Ic	300	A primary current
----------	-----	-------------------

Over Current:

Enable	<input checked="" type="checkbox"/>
Level 1	500.0 A [RMS]
Delay 1	150 ms
Level 2	10000.0 A [RMS]
Delay 2	10000 ms
Event delay	0 ms
Input qualifier	non
Trip relay	non
Relay pulse	500 ms

Earth Fault:

Enable	<input checked="" type="checkbox"/>
Level	2.0 A [RMS]
Delay	500 ms
Event delay	150 ms
Input qualifier	non
Trip relay	non
Relay pulse	500 ms
Reignition enable	<input checked="" type="checkbox"/>
Reignition delay	2500 ms

Figur 6. Första detektors överström och jordfelsinställningar.

Non dir. Earth Fault:

Enable	Always ▾
Level	10.0 A [RMS]
Delay	400 ms
Event delay	150 ms
Input qualifier	non ▾
Trip relay	non ▾
Relay pulse	500 ms
Measurement type	Fundamental ▾
Low level	1.0 A [RMS]
High level	30.0 A [RMS]

Phase Break:

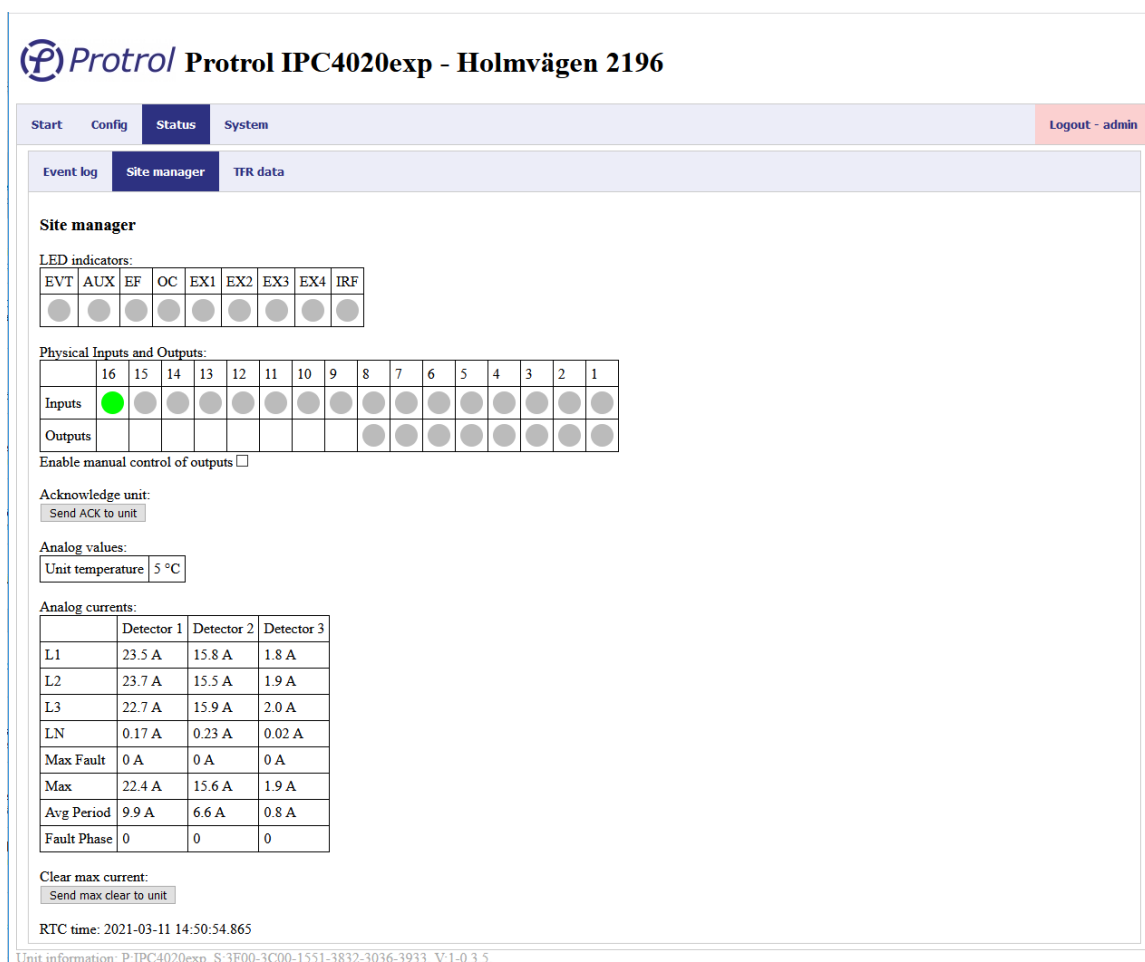
Enable	<input checked="" type="checkbox"/>
Low Level	5.0 A [RMS]
High Level	20.0 A [RMS]
Delay	5000 ms
Trip relay	non ▾
Relay pulse	500 ms

Figur 7. Första detektorns oriktad jordfel och fasbrottninställningar.

Som tidigare nämnts skulle denna modul endast meddela och berätta i mera detaljerad form vilken typ av fel och peka direkt ut mellan vilka parktransformatorstationer felet har uppstått. Med denna enhet kommer det också 16 binära ingångar och 8 binära utgångar för indikering och styrning av fränksiljare, men eftersom fjärrstyrning redan fanns i denna parkstation så användes inte allt som denna enhet hade att erbjuda. En tanke med hela projektet var också att i framtiden när nya stationer byggs att inte använda de vanliga fjärrstyrnings lådorna, bara ha dessa med färdiga feldetektering inbygg. När det fanns så kraftiga styrnings kontakter i enheten att det skulle gå att direkt styra motorer för fränksiljare från IPC4020s utgångs kort. Att inte behöva ha styrnings reläer är en stor kostnadsfråga som skulle falla bort ifall det endast användes de inbyggda rälerna.

I den här stationen skulle det också gå att endast använda feldetektorpaketet för styrning och indikering, det skulle bara kräva lite ombyggning och lite omprogrammering i MicroSCADA -programmet. Men eftersom detta är ett pilotprojekt ansågs det att det viktigaste skulle prioriteras. Så därför användes bara de analoga ingångarna, för mätning av

ström i L1, L2, L3 och FN (fas till noll), och detektorernas digitala ingångar. Modulen har också en inbyggd temperaturmätning som mäter hur många grader det är inne i enheten. Dessa mätningar och indikeringar kan också ses i webbservern (*Figur 8.*)



*Figur 8.* Holmvägens indikeringar och mätningar.

Som tidigare nämnts och som (*Figur 8*) presenterar så användes inte ingångarna eller utgångarna, därför är dessa dioder gråa, och dioderna för EVT till IRF är inte aktiva alltså är de också gråa. Om någon av dessa blir aktiva blir dioderna gula eller röda beroende på vilken funktion som tänds. Den enda ingångs kanalen som är aktiv är den för Lokal/Fjärr indikering, dessa signaler kommer från brytaren som sitter fast på locket i skåpet, i nuläget är brytaren satt till lokalt läge när kanal 16 är aktiv, manövreras brytaren till fjärr skulle kanal 15 bli aktiv. Brytarens läge har ingen betydelse i nuläget när det inte används någon utgång som kan styras. Om utgångs signalerna tas i bruk och driftpersonalen skulle vilja styra utgångarna från driftcentralen, skulle denna brytare behöva vara i fjärrläge annars lyckas inte de

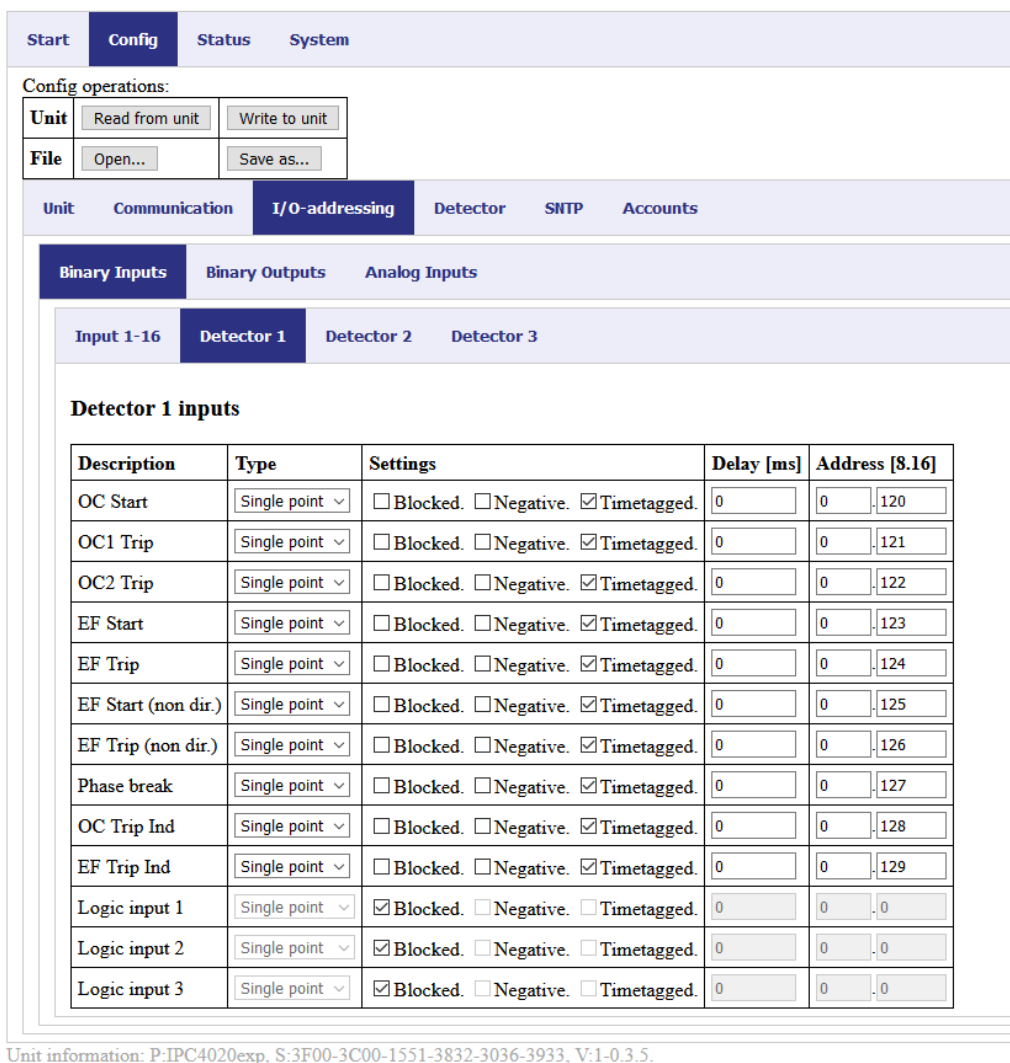
kommandon som driftcentralen ger. Brytaren finns i huvudsak för service, så driftpersonalen inte ska ha möjlighet att köra brytarna när någon är inne och arbetar i stationen

### **6.2.2 Programmering av systemet till MicroSCADA**

Alla signaler och mätningar som vi använde från feldetektorn skulle också in i Katternös MicroSCADA-system så driftpersonalen skulle få en grafisk och användarvänlig bild på de funktioner som kom till användning i det nya systemet. Detta gjordes med hjälp av några dummysymboler som sattes in i den befintliga bilden som fanns över parkstationen. Om det kommer ett fel på någon jordkabel som går ut från T2196 skall det meddela och ge alarm till driftcentralen, personalen vet då att det är Holmvägens parkstation som det handlar om. När driftdejuren tar fram den visuella bilden av stationen ska det då visa vilken typ av fel och vilken linje det handlar om. Med denna information kan driftpersonalen mera specifikt hänvisa åt montörerna var felet kan ha uppkommit.

Som tidigare nämnt har felindikatorn olika adresser som läggs in i MicroSCADAs databas, dessa adresser har ett nummer per fel, signaladresserna är standard från 120 till 332 men de går också att ändra, i detta fall var det fabriksvärden som användes. När någon av dessa blir aktiva kommer det i den visuella SCADA bilden visa i symbolform vilken typ av fel och vilken detektor som har fångat upp felet. Varje felindikator hade 13 adresser av dessa 13 kom 8 i användning i den visuella bilden. Vilken adress som hörde ihop med vilket fel fick vi från webbservern i (*Figur 9*)

## Protrol IPC4020exp - Holmvägen 2196



Unit information: P:IPC4020exp, S:3F00-3C00-1551-3832-3036-3933, V:1-0.3.5.

Figur 9. Första detektorns standard adresser för felindikering till MicroSCADA.

I figuren framställs vilken typ av fel det handlar om, att enheten är inställd så att den skickar tidpunkt till databasen när felet har inträffat. Vilka adresser som skall användas i MicroSCADAs databas beroende på fel och att dessa indikeringar använder "single point" som betyder att de är aktiva när fel finns och inte aktiva när allt är som det ska. Till exempel frånskiljare de har "double point" indikering detta för att säkerhetsställa att den inte har fastnat i något mellanläge alltså inte öppen eller stängd.

MicroSCADAs övervaknings layout blev konstruerat så enkelt som möjligt och så förståelig som möjligt inga extra värden eller symboler, det sägs att det inte kan bli för mycket information men det är inte alltid rätt. I ett säkerhetssystem ska det bara vara de symboler

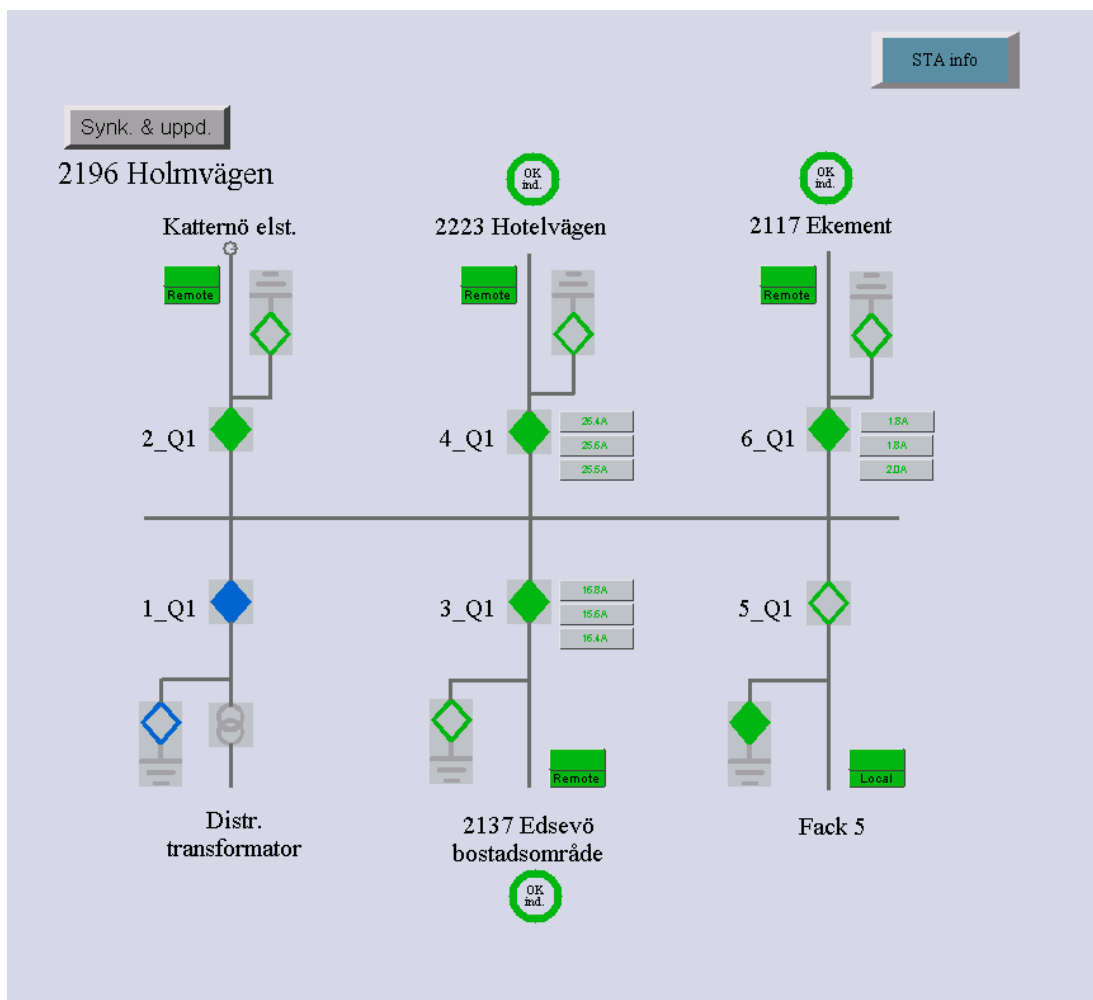
och värden som är absolut viktigaste för att användaren skall förstå processen. I säkerhetssystem är det oftast gröna symboler när allt är i ordning och rött om något är fel.

SCADA bilden är en standardlayout på en fjärrstyrd parkstation, på layouten finns det texter och förklaringar, vilket fack och linje som matar vilket område. Lägen på lastskiljebrytarna och jordknivarna, om de är i lokal- eller fjärrstyrningsläge. Det som inte finns på någon annan bild i Herrforssystem är de nya indikeringarna för denna parkstation. Det sattes in 3 rutor bredvid lastfrånskiljarna för att kunna läsa av strömmätningar på alla tre faserna, en cirkel med förklarande text i. I cirkel kommer det symboler och text som förklarar vilket fel som har inträffats på linjen om det är fel blir också cirkel röd. (*Figur 10.*) De förklarande symbolerna är:

- Överström första steget: I>
- Överström andra steget: I>>
- Riktat jordfel: Io>->
- Oriktat jordfel: Io>

För fasbrott kommer det ingen symbol men cirkel blir röd och det står med text fasbrott.





Figur 10. Holmvägens MicroSCADA bild med felindikering och strömmätning på fack 3Q1, 4Q1, 6Q1.

### 6.3 Installering av IPC4020 och strömtransformatorer

Efter allt material hade konfigurerats och studerats blev det att planera en tid för installering av hela paketet i parktransformatorstationen som har namnet T2196 HOLMVÄGEN, denna parkstation syns på (Figur 11). I stationen var allt i bruk redan så det krävdes en klar plan på hur detta skulle gå till, alla som skulle vara med på installeringen behövde veta deras uppgift för att allt skulle gå säkert till. För detta arbete behövdes en driftledare som hade en klar bild på vilka lastfrånskiljare och jordningsfrånskiljare som skulle manövreras för att få de fack där feldetektorerna skulle användas helt spänningslösa. Detta gick bra när Herrfors har en fullständig ringmatning som förklaras noggrannare i kap.2.3.



Figur 11. Parktransformatorstationen där IPC4020 utrustningen har sin mätning.

### 6.3.1 Installering av IPC4020 skåp

Något av det första som gjordes innan det bestämdes att det skulle bli denna station var att konstatera att det fanns tillräckligt med utrymme för installering av det nya skåpet i stationen. Inget spänningsavbrott behövdes heller för detta arbete, denna låda blev installerad under den befintliga fjärrstyrningslådan som vi också tog 230 VAC matningen från. En Ethernet anslutning lånades också från den befintliga lådans Cisco switch detta för att få kommunikation till driftcentralen i Jakobstad. Under den befintliga fjärrlådan fanns dock ett fiberrack men detta gick enkelt att flytta detta hade vi också planerat tidigare så vi visste var den skulle få sin nya plats. dessa skåp och rack finns på (Figur 12.)



Figur 12. Station med IPC4020 skåp installerat (i nedre högra hörnet).

### 6.3.2 Montering av strömtransformatorer

I denna parkstation finns det fem mellanspänningsfack, en inkommande linje och fyra utgående med en utgående linje som reserv. Dessa utgående fack spännsätter tre andra parktransformatorstationer.

- Frånskiljare 2Q1: är inkommande linje från Katternös 110kV station och spännsätter Holmvägens transformator.
- Frånskiljare 3Q1: är utgående linje som spännsätter Edsevö bostadsområde, denna frånskiljare var i normalt öppet läge.

- Frånskiljare 4Q1: är utgående linje som spänningsätter Hotellvägens transformatorstation, denna brytare är normalt i stängt läge.
- Frånskiljare 5Q1: är reserv tills vidare
- Frånskiljare 6Q1: är utgående linje som spänningsätter Ekement transformatorstation, denna brytare var i normalt stängt läge.

Dessa strömtransformatorer blev monterade på linjerna 3Q1,4Q1 och 6Q1. För att lyckas med det skulle de nämnda linjerna göras spänningslösa en i taget. Det går att montera dessa strömtransformatorer med spänning på men då är det en annan process och när detta var första gången så var det bäst att ta det säkra före det osäkra. När linjen var kall var det bara att börja koppla och montera dessa transformatorer runt varje fas. När monteringen var klar skulle lastfrånskiljarna manövreras, så att de frånskiljarna med felindikering på så skulle alla vara i normalt stängt läge, detta för att transformatorerna var installerad efter frånskiljaren och därför inte skulle ha fungerat ifall frånskiljarna hade lämnat i öppet läge som tidigare. För att få till det skulle det öppnas några frånskiljare i någon annan station så att ringmatningen skulle fungera som den gjorde men på lite annat sätt.

Strömtransformatorn är inte isolerad för högspänning så därför måste varje fasjordning gå igenom strömtransformatorn och jordas därefter, detta för att inte mäta skärmströmmen i kabeln. (*Figur 13*). Till vänster på bilden är också en skarv låda som användes för att kablarna som kommer från transformatorerna inte var tillräckligt långa för att räckta till IPC4020 skåpet som är installerat in i lågspänningsfacket.



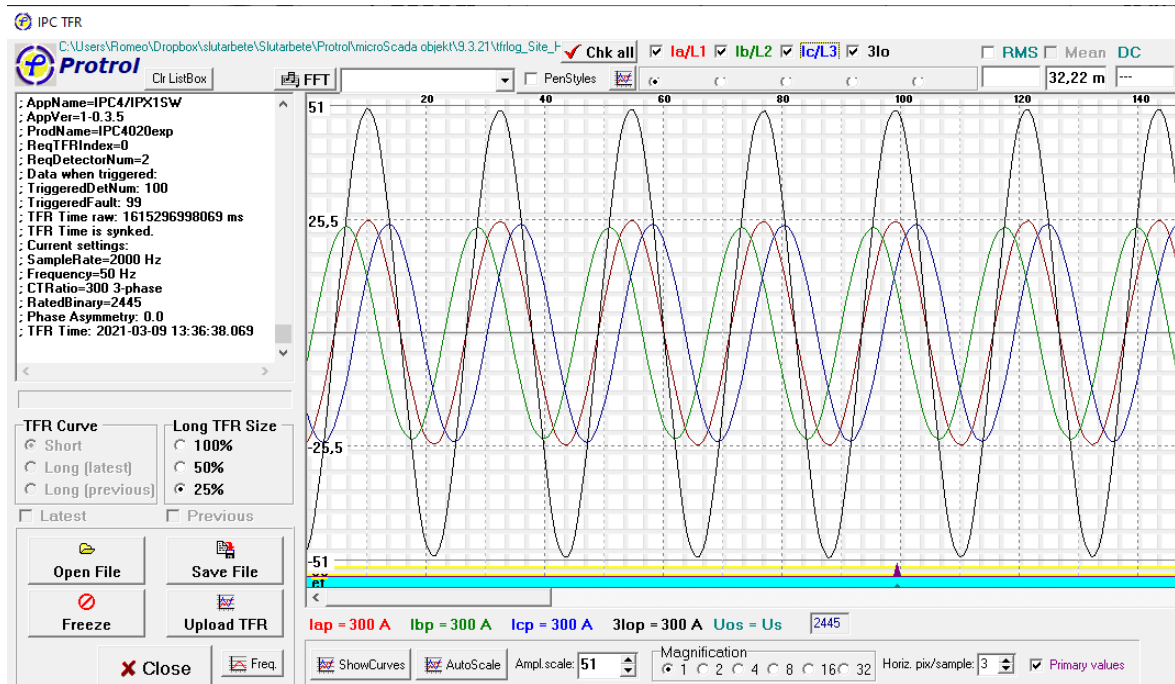
Figur 13. Strömtransformatorer som mäter strömmen i alla faser.

#### 6.4 Testning och slutförande

Innan felindikeringen togs i bruk skulle allt kontrolleras och testas, kontrollen gick i stora drag via webbservern. Från webbservern gick det att köra ut en störningsfil, i störningsfilen visades strömmarna i kurvform med hjälp av den funktionen kunde det uteslutas om det var något installationsfel. Fel installerad transformator eller att en fas är borta resulterar till att det blir en hög summaström.

I detta projekt hade två detektorer blivit omsvängda, noteringen kom från att webbservern visade att fas till jord (LN) mätningen var dubbelt så stor mot fasströmmarna. Det var lite spännande när LN strömmen ska vara så nära noll som möjligt. Med hjälp av en störningsfil konstaterades det att LN kurvan var på samma frekvens som L1 strömmen (*Figur 14.*) Vi provade att byta plats på plus och minus på den fasan, när webbservern är i realtid gick det att notera direkt efter ombytet av polaritet om det blev rätt. Efter ändringen gick LN

strömmen ungefär från 50A till 0.17A, detta fel kom troligen från att den riktgivande lappen som fanns fast klistrad på strömtransformatorn var monterad fel väg från fabrik.



Figur 14. Protrols störningsfil med polaritet fel på första fasen (L1).

## 7 Resultat

Resultatet blev en fullständig felindikering på linjerna som gick ut från parkstationen Holmvägen T2196. Målet var att driftpersonalen och dejourer skulle få bättre koll på vilken utgående linje ett fel hade inträffat på. Tidigare var detta en utmaning när reläskyddet bara hade gett ett uträknat avstånd men inte vilken utgående linje efter transformatorstationen felet hade inträffat på.

Med arbetet kom det nya användarvänliga processbilder till driftcentralen med indikeringar och alarm för olika typer av fel. Detta kom att underlätta arbetet för montörer, att hitta var felet kan ha uppstått. Tiden för service av en jordkabel minskas med noggrannare mätvärden och information, detta var vårt mål. Enheten var en ganska förmånlig produkt som var lätt installerad och liten som hade de funktioner som Herrfors hade krav på. Det finns så klart andra enheter som skiljer sig med andra skyddsfunktioner och mätningar. Det finns ingen felindikerings modul som är det rätta för alla har både för och nackdelar, så det är förstås svårt att slå fast att denna version blev bäst just till detta ändamål.

Med Protrols felindikeringssystem fick vi det nyaste och kanske den förmånligaste på marknaden, och med hjälp av den nya mättekniken som Protrols detektorer använder slipper man spänningstransformatörer, detta leder till mindre installation samt kostnader, på samma gång som underhåll minskar. Denna enhet var nästan gjord just för denna station, när det gick att installera till en extern modul så man fick indikering och lokalisering på 3 utgående linjer i stället för en linje. Detta hade inte Protrol tidigare i sitt system, om man skulle ha flera linjer var man tvungen att installera en till enhet. Det skulle ha blivit ganska dyrt i vår station när vi ville ha mätningar på så många linjer.

Det andra alternativet vi övervägde var ABB:s metoder och moduler, för att den fjärrstyrning som fanns i stationen var av ABB:s typ och all logik skulle ha passat bra med det befintliga. En försäljare från ABB var också och presenterade deras nyaste system, och visade vad vi skulle behövt för olika komponenter. Han lyfte förstås upp och berättade gärna om den multifrekventa admittansberäkning som deras detektorer och enheter använder, och att detta system hade vunnit "Network Initiative of the Year 2017" utmärkelsen. En annan orsak som var bra med ABB är att de har kontor i Vasa och det skulle inte ha varit svårt att få reservdelar eller service. Herrfors hade också bra kontakt från tidigare med ABB så deras system kändes som ett bra alternativ. Vi frågade efter en offert på de delar som vi skulle ha behövt till denna station, men det blev lite för dyrt för detta pilotprojekt.

## 8 Diskussion

När jag första gången var och funderade kring mitt examensarbete hos Herrfors lade de fram två olika alternativ som jag hade möjlighet att välja mellan. Det ena var att göra en helhetsplanering av jordfelskompensering, eller också det som kom att bli detta projekt. Det andra arbetet skulle säkert ha varit ett intressant och lärorikt projekt, men orsaken till att jag inte valde det arbetet var för att det fanns redan många examensarbeten och rapporter om det men åt andra elbolag. Därför tyckte jag att jag får mera ut av ett arbete där det finns mindre underlag från tidigare. Att jag var tvungen att lägga ner mera tid på att ta fram teori och material för arbetet gav också mer kunskande i ett större område än bara det som behövdes. I detta arbete kom också automations och programmerings kunskaper in i bilden när MicroSCADA och olika konfigureringar skulle programmeras till arbetet.

Har också haft stor nytta av min tidigare jobbat vid Herrfors och därav ha fått en grund i hur viktigt det är med ett stabilt och säkert elnät. Hur länge det tar att försöka hitta ett fel på en jordkabel med en kabelfelsökare, eller till exempel hur noggrann man måste vara när man drar en ny jordkabel så inga stenar ligger under. Att ha haft kollegor som gärna delar med sig av sina goda kunskaper inom olika områden vid Herrfors har också kommit till en stor nytta när man har skrivit på den teoretiska delen.

Som tidigare nämnt fick Herrfors ett fungerande felindikeringsystem i en transformatorstation, med kunskap och inblick för att kanske i ett senare skede införskaffa system till ytterligare stationer för ännu snabbare lokalisering av fel. Herrfors fick också mera vetskap om olika företag som har inriktning inom fellokalisering verktyg. Det är också en fördel för framtiden om Herrfors skulle vilja testa någon annan typ av system i andra stationer.

Jag själv tycker att Herrfors fick ett bra och kostnadseffektivt system som uppfyllde de krav som Herrfors hade med projektet. Jag tror också att detta system kommer att ge bra resultat i fortsättningen och spara tid vid avbrott på jordkabelnätet som går ut från denna station i fråga.

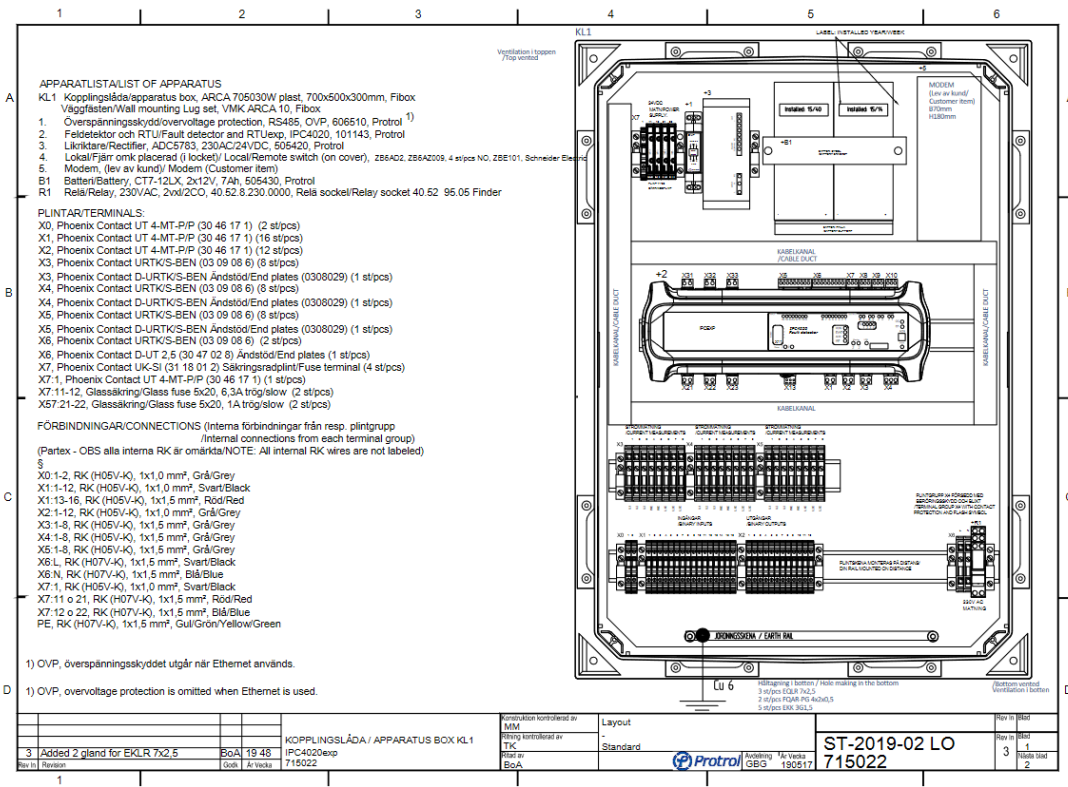
Ett stort tack till min handledare Mikael Sundström och MicroSCADA-ansvarig vid Herrfors, för bidrag och stöd under programmering samt av idrifttagning av enheten. Vill också tacka min arbetsledare vid Herrfors Joakim Järn för att jag flera somrar fått kunskap om linjearbete, och för fungerande av driftledare samt säkerhetsansvarig till detta projekt under installationen av detektorerna i högspänningsfacken.



## Källförteckning

- ABB. (2020). *Om ABB*. Hämtat från <https://new.abb.com/se/om-abb> den 01 04 2021
- ABB. (u.å.a). *Reläskydd- kraftnätets väktare*. Hämtat från <https://new.abb.com/se/om-abb/teknik/sa-funkar-det/relaskydd> den 16 03 2021
- ABB. (u.å.b). *Remote I/O unit RIO600*. Hämtat från ABB: <https://search.abb.com/library/Download.aspx?DocumentID=1MRS757487&LanguageCode=en&DocumentPartId=&Action=Launch> den 01 04 2021
- COPA-DATA. (u.å). *Vad är SCADA*. Hämtat från <https://www.copadata.com/sv/produkter/zenon-software-platform/visualization-control/vad-aer-scada/> den 03 04 2020
- Elmarknadslag 255*. (den 9 8 2013). Hämtat från <https://www.finlex.fi/sv/laki/ajantasa/2013/20130588?search%5Btype%5D=pika&search%5Bpika%5D=elmarknad#highlight2>
- Fingrid. (u.å.a). *Allmän beskrivning*. Hämtat från <https://www.fingrid.fi/sv/grid/sahkonsiirto/allman-beskrivning/> den 18 03 2020
- Fingrid. (u.å.b). *Genom luften eller i jorden*. Hämtat från <https://www.stjornarradid.is/lisalib/getfile.aspx?itemid=40a9219b-0fdd-11e8-9427-005056bc530c> den 11 Mars 2021
- Hänninen, K. (2019). *Finsk Energiindustri*. Hämtat från [https://energia.fi/sv/basfakta\\_om\\_energibranschen/energinat/elnat](https://energia.fi/sv/basfakta_om_energibranschen/energinat/elnat) den 17 03 2020
- Jacobsson, K. A. (2016). *Elkraftshandboken: 1,Elkraftsystem* (3:dje uppl.). Stockholm: Liber.
- Kanckos, S. (2011). *Planeringsarbete för byte av skyddsrelä, Examensarbete*. Vasa: Yrkeshögskolan Novia.
- Lexholm, M. (den 27 4 2016). *NÄTUPPBYGGNAD OCH AUTOMATIKER FÖR ÖKAD TILLGÄNGLIGHET*. Hämtat från <https://energiforskmedia.blob.core.windows.net/media/19696/natuppbyggnad-och-automatiker-for-okad-tillganglighet-energiforskrappport-2016-274.pdf> den 02 04 2020
- Mattus, R. (2017). *Handbok för ibruktagning av elstationer*. Vasa: Yrkesskolan Novia, .
- Netcontrol. (2019). *NETCON 100 En smart plattform för distributionsautomation*. Hämtat från [https://www.netcontrol.com/wp-content/uploads/2019/09/M00104-BR-SV-9\\_Netcon-100-brochure.pdf](https://www.netcontrol.com/wp-content/uploads/2019/09/M00104-BR-SV-9_Netcon-100-brochure.pdf) den 29 03 2021
- Netcontrol. (2021). *About us*. Hämtat från <https://www.netcontrol.com/about-us> den 30 04 2021

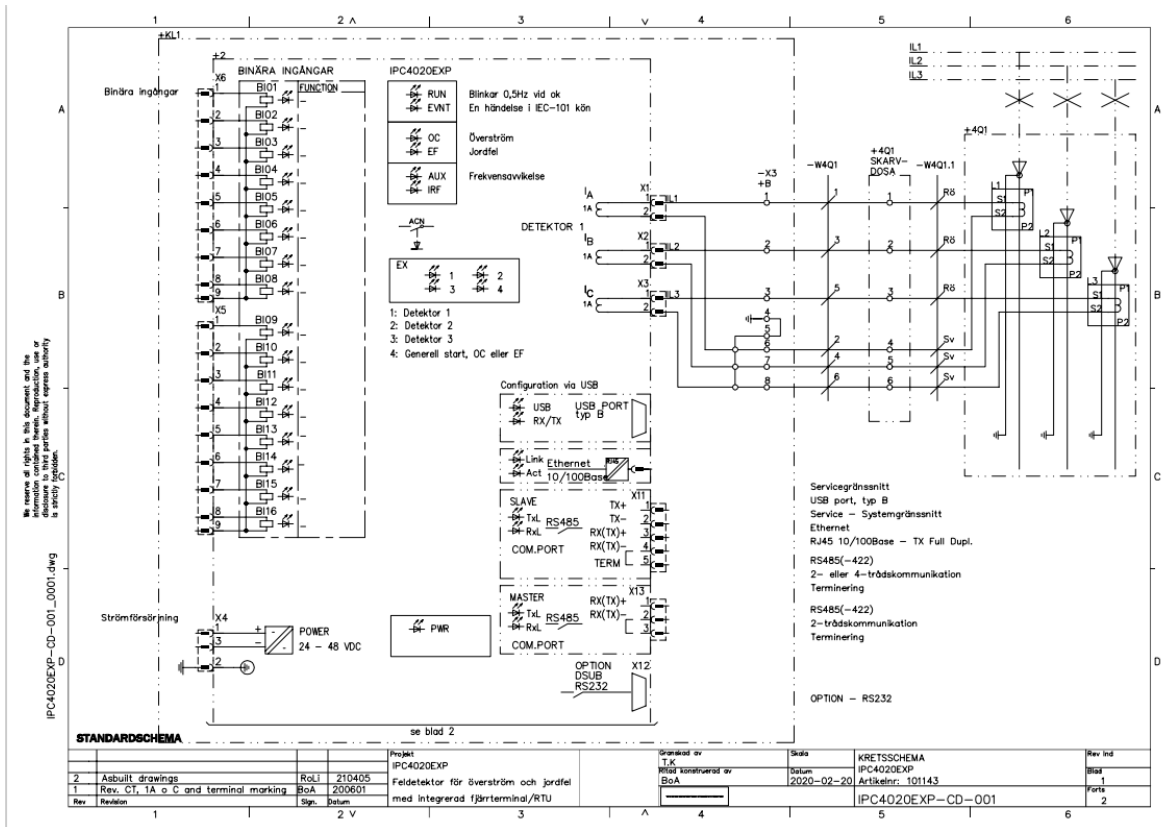
- Oy Herrfors Ab. (2017). *Elens ursprung*. Hämtat från Elens Ursprung:  
<https://www.herrfors.fi/elavtal/elens-ursprung/> den 18 10 2018
- Oy Herrfors Ab. (2019a). *Verksamhet*. Hämtat från Verksamhet:  
<https://www.herrfors.fi/om-oss/verksamhet/> den 5 1 2019
- Oy Herrfors Ab. (2019b). *Historia*. Hämtat från Historia: <https://www.herrfors.fi/om-oss/historia/> den 2 1 2019
- Oy Herrfors Ab. (2019c). *Ägare och styrelse*. Hämtat från <https://www.herrfors.fi/om-oss/aegare-och-styrelse/> den 16 1 2019
- Protrol. (den 2 12 2019). *IPC4020 Feldetektor och Fjärrterminal*. Hämtat från  
[https://www.protrol.se/uploaded\\_files/IPC4020\\_datablad\\_2010\\_se1.pdf?v20201116085617](https://www.protrol.se/uploaded_files/IPC4020_datablad_2010_se1.pdf?v20201116085617) den 30 04 2021
- Protrol. (2021). *Om oss*. Hämtat från <https://www.protrol.se/om-oss> den 30 04 2021
- Sleva, A. F. (2009). Power System Components. i *Protective Relay Principles* (ss. 27-31). Boca Raton, Florida: CRS Press.



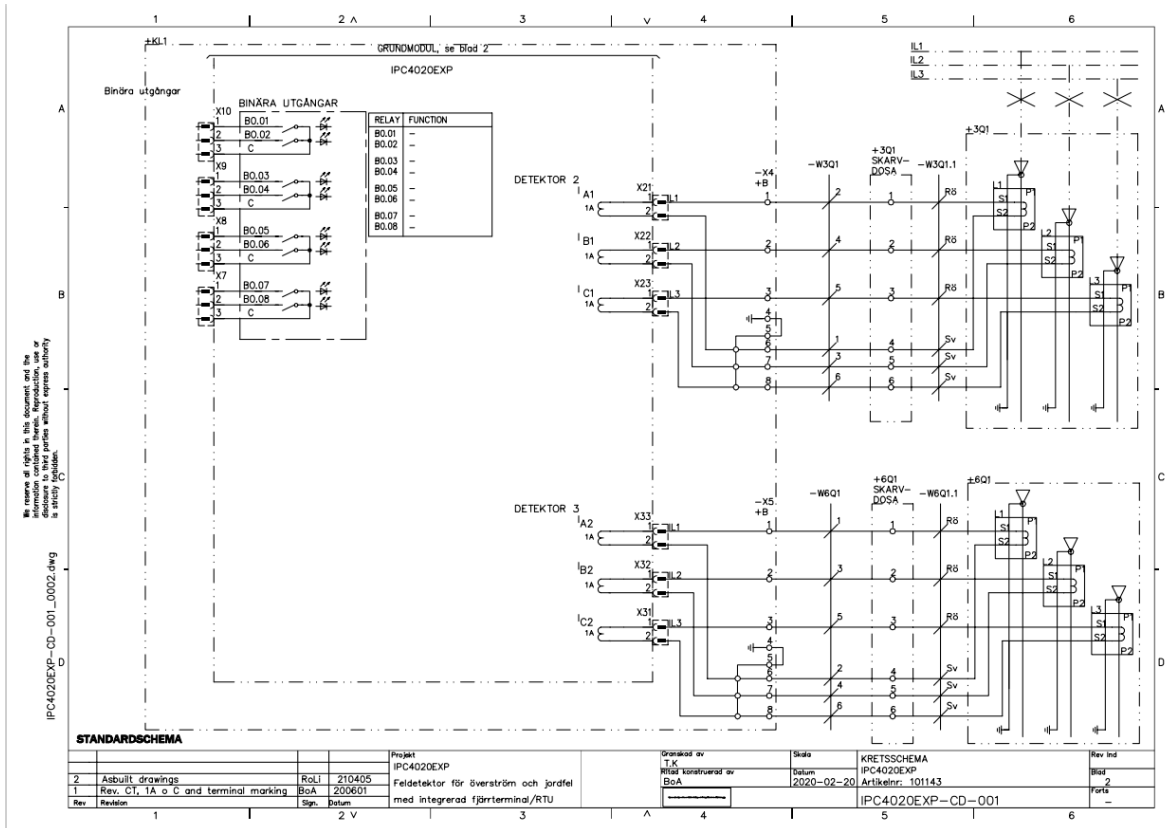
Bilaga 1. Protrols felteknisk skåp (Layout)

LED	Beskrivning
<b>PWR</b>	Grön diod som indikerar att enheten har strömförsörjning
<b>RUN</b>	Grön diod som normalt blinkar med 0,5 Hz frekvens
<b>EVNT</b>	Gul diod som indikerar att det finns ett telegram i kön som inte gått iväg via fjärrgränssnittet för slavprotokoll
<b>AUX</b>	Gul diod som i standardutförande indikerar att enheten hanterar en frekvensavvikelse
<b>IRF</b>	Röd diod som indikerar internt fel.
<b>USB</b>	Gul diod som tänds då USB-porten är ansluten
<b>OC</b>	Röd diod som indikerar att överström har detekterats
<b>EF</b>	Röd diod som indikerar att jordfel har detekterats
<b>TX2</b>	Gul diod som indikerar att telegram skickas på seriell masterport
<b>RX2</b>	Gul diod som indikerar att telegram tas emot på seriell masterport
<b>TX3</b>	Gul diod som indikerar att telegram skickas på seriell slavport
<b>RX3</b>	Gul diod som indikerar att telegram tas emot på seriell slavport
<b>Tx/Rx</b>	Tvåfärgad grön-röd diod som växlar när det är trafik på USB-porten
<b>EX1</b>	Gul diod som visar att detektor 1 har detekterat fel – gäller expanderad enhet
<b>EX2</b>	Gul diod som visar att detektor 2 har detekterat fel – gäller expanderad enhet
<b>EX3</b>	Gul diod som visar att detektor 3 har detekterat fel – gäller expanderad enhet
<b>EX4</b>	Gul diod som i standardutförande indikerar start feldetektering

Bilaga 2. Tabell över LED-indikeringar på frontpanelen



Bilaga 3. As built ritning detektor 1



Bilaga 4. As built ritning detektor 2/3