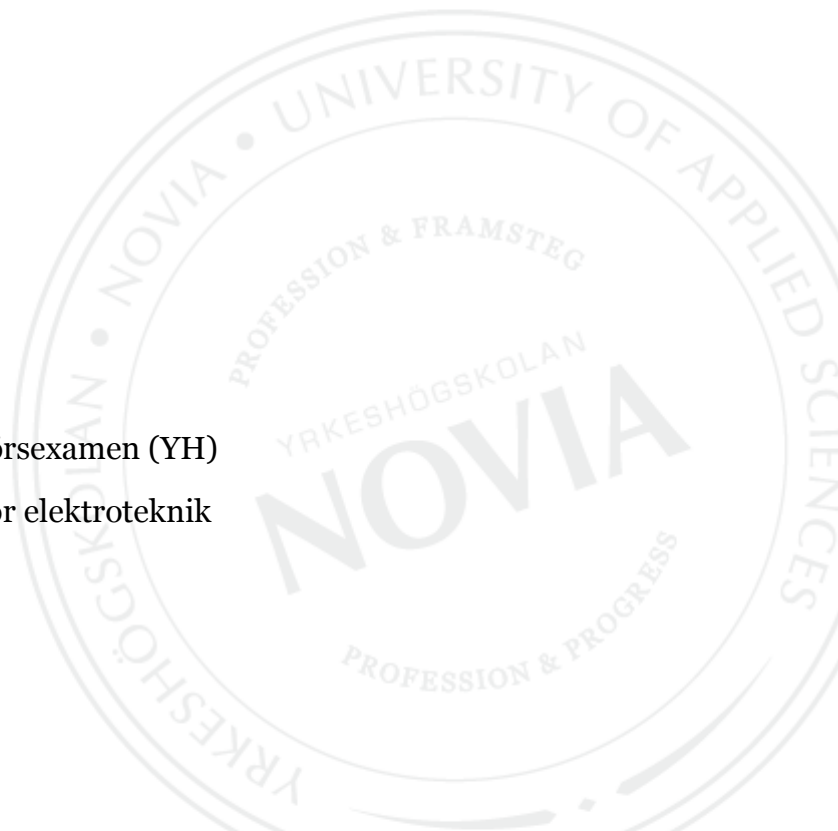


Styrssystem för DEMVE-projekt

Christoffer Nyman

Examensarbete för ingenjörsexamen (YH)
Utbildningsprogrammet för elektroteknik
Vasa 2014



EXAMENSARBETE

Författare: Christoffer Nyman
Utbildningsprogram: Elektroteknik
Inriktningsalternativ: Elkraft
Handledare: Ronnie Sundsten

Titel: *Styrssystem för DEMVE-projekt*

Datum 12.12.2013

Sidantal: 48

Bilagor 3

Abstrakt

Kommunikation mellan olika tillverkares utrustningar i ett elnät, s.k. interoperabilitet, är något som på den senaste tiden blivit aktuellt. Fördelarna med interoperabilitet är flera, främst att man inte är bunden till en viss tillverkare. På så vis kan man fritt välja utrustning, som leder till högre konkurrens, vilket ger högre standard. IEC-61850 standarden behandlar just detta koncept, genom att definiera ett standardiserat kommunikationsspråk som samtliga apparater förstår.

Det här examensarbetet är gjort för Yrkeshögskolan Novia i Vasa, inom DEMVE-projektet. Syftet med arbetet är att bygga upp ett styrssystem bestående av ABB:s MicroSCADA, som genom IEC-60870-5-104 protokollet har kontakt med en kommunikations-gateway COM600. Som i sin tur kommer att övervaka flertalet reläer från olika tillverkare genom IEC-61850. Styrsystemet kommer att användas i utbildningssyften i Technobotnia i Vasa.

Språk: svenska

Nyckelord: IEC-61850, IED, MicroSCADA,

Förvaras: webbiblioteket Thesus.fi

OPINNÄYTETYÖ

Tekijä: Christoffer Nyman
Koulutusohjelma: Sähkötekniikka
Suuntautumisvaihtoehto: Sähkövoimatekniikka
Ohjaaja: Ronnie Sundsten

Nimike: *DEMVE-projektin ohjausjärjestelmä*

Päivämäärä 12.12.2013

Sivumäärä: 48

Liitteet: 3

Tiivistelmä

Sähköverkossa tapahtuva eri valmistajien laitteiden välinen kommunikaatio, ns. yhteentoimivuus, on tullut tärkeäksi viimeaikoina. Yhteentoimivuuden edut ovat monet, joista tärkein on, että ei enää ole sidottu yhteen valmistajan kanssa. Siten voi vapaasti valita laite, mikä johtaa kovempaan kilpailuun, mikä puolestaan johtaa korkeampaan laatuun. IEC-61850 standardi käsittelee juuri tätä ideaa, määrittelemällä standardisoitu kommunikaatiokieli, jota kaikki laitteet ymmärtävät.

Tämä opinnäytetyö on tehty DEMVE-projektissa Vaasassa, ammattikorkeakoulu Novia:lle. Työn tavoite on rakentaa ohjausjärjestelmä, joka sisältää ABB:n MicroSCADA, jolla on yhteys yhdysväylän COM600 kanssa IEC-60870-5-104 protokollan kautta. Yhdysväylä valvoo monien eri valmistajien releitä IEC-61850 protokollan kautta. Ohjausjärjestelmää tullaan käyttämään koulutusmateriaalina Technobotniassa Vaasassa.

Kieli: ruotsi Avainsanoja: IEC-61850, IED, MicroSCADA,

Arkistoidaan: verkkokirjasto Theseus.fi

BACHELOR'S THESIS

Author: Christoffer Nyman
Degree programme: Electrical Engineering
Specialization: Electrical Power Engineering
Supervisor: Ronnie Sundsten

Title: *Control system for DEMVE-project*

Date 12.12.2013

Number of pages: 48

Appendices: 3

Abstract

Communication between different vendors' devices in an electrical grid, so called interoperability, is something that has become relevant lately. There are multiple benefits with interoperability, above all you are no longer tied to a specific vendor. That way you can freely choose between devices, which leads to more competition, which in return leads to higher quality. The IEC-61850 standard, based on this concept, defines a standardized communication language that all devices understand.

This thesis is written for the DEMVE-project at Novia University of Applied Sciences in Vaasa. The purpose of the thesis work has been to build a control system consisting of ABB's MicroSCADA, which communicates through the IEC-60870-5-104 protocol with a communication-gateway COM600. This gateway will then supervise multiple IEDs from different vendors through the IEC-61850 protocol. The control system will be used for education purposes in Technobothnia in Vaasa.

Language: Swedish Keywords: IEC-61850, IED, MicroSCADA,

Filed at: web library Theseus.fi

Innehållsförteckning

1	Introduktion	1
1.1	Uppdragsgivare	1
1.2	DEMVE-projektet	1
1.3	Syfte	1
2	Elddistribution, driftövervakning och fjärrstyrning	2
2.1	Elddistribution	2
2.2	Driftövervakning	2
2.3	Fjärrstyrning	2
3	Hårdvara/Mjukvara	4
3.1	Skyddsrelän	4
3.1.1	ABB – Relion	4
3.1.2	Schneider – MiCOM	4
3.1.3	Siemens – Siprotec	4
3.1.4	VAMP – 50 och 300	5
3.2	Styr-och övervakningsstation	5
3.3	MicroSCADA	5
3.3.1	Historia	5
3.3.2	Koncept	6
3.3.3	Konfiguration	7
3.4	COM600	9
3.5	Arbetsstation	10
3.5.1	PCM 600 Engineering Pro	10
3.5.2	IET600	11
3.5.3	SAB600	12
3.6	SWITCH	13
3.7	MEINBERG LANTIME	14
4	Kommunikation	15
4.1	Ethernet	15
4.1.1	Historia	15
4.1.2	OSI Seven-layer	16
4.2	TCP/IP	17
4.2.1	Historia	17
4.2.2	Koncept	17
4.3	MMS	18
4.3.1	Historia	19
4.3.2	Koncept	19

4.4	IEC-61850.....	20
4.4.1	EPRI	20
4.4.2	IEC.....	21
4.4.3	Samarbete mellan IEC-och EPRI	21
4.4.4	Koncept.....	22
4.4.5	Funktion.....	23
4.4.6	Filtyper	25
4.5	OPC.....	26
4.5.1	Historia	26
4.5.2	OPC Foundation	27
4.6	IEC-60870-5-104	30
4.6.1	Historia	30
4.6.2	Koncept.....	30
4.6.3	Funktion.....	31
5	Utförande	32
5.1	COM600	32
5.2	VAMP.....	33
5.3	ABB Relion.....	35
5.4	Schneider Electric MiCOM	37
5.5	Siemens Siprotec.....	37
5.6	Tillbaka till COM600.....	38
6	Resultat och diskussion	42
6.1	Resultat	42
6.2	Diskussion.....	44
7	Källförteckning.....	46

Förkortningar och ordlista

Applikation	Mjukvara programmerad att utföra speciella uppgifter, t.ex. styra en elstation.
ARPANET	Advanced Research Projects Agency Network, grunden till det vi idag kallar Internet.
Bitrate	Överföringskapacitet
CDC	Common Data Class, huvudgrupp för signaler d.v.s. styrning, indikation o.s.v.
CET	Communication Engineering Tool, kommunikationsverktyg.
CID	Configured IED Description, konfigurerad reläfil.
COM	Component Object Model, en metod för att dela binärdata mellan olika applikationer.
DARPA	Defense Advanced Research Projects Agency, utvecklade ARPANET.
DCOM	Distributed Component Object Model, Microsoft baserad COM.
DHCP	Dynamic Host Configuration Protocol, nätverksprotokoll för IP-nätverk.
DIX	Dec-Intel-Xerox, gammal Ethernet standard.
EPA	Enhanced Performance Arcitecture, en 3-skiktsmodell för kommunikationsprotokoll.
FC	Functional Constraint, gruppering för signaler.
Gateway	Nätssluss, en enhet som kopplar ihop två olika nätverk med två skilda kommunikationsprotokoll, i det här fallet COM600.
HMI	Human Machine Interface, gränsnittet varifrån man styr processer.
ICD	IED capability description, okonfigurerad reläfil.
IEEE	Institute of Electrical and Electronic Engineers, institution som utvecklade Ethernet standarden.
IEC	International Electrotechnical Commission, kommitén som utvecklat alla IEC-standarder.
IED	Intelligent Electrical Device t.ex. ett överströmsrelä.
Interoperabilitet	Att utrustning från samma eller olika tillverkare har möjlighet att utbyta information och använda den för funktioner.
IP	Internet Protocol
LAN	Local Area Network, Lokalt nätverk, ett datakommunikationssystem på ett begränsat område med snabb datakommunikation.

LN	Logical Node, logisk nod.
LD	Logical Device, logisk enhet.
MAC	Media Access Control, protokoll för LAN-kommunikation.
MAP	Manufacturing Automation Protocol, grunden till MMS-protokollet.
MMS	Manufacturing Message Specification, vertikala kommunikationsprotokollet för DEMVE.
Nod	Varje enhet som kan skicka, ta emot eller föra vidare data är en nod.
OLE	Object linking and embedding, standard utvecklad av Microsoft för länkning av objekt mellan applikationer.
OPC	OLE for Process Control, är en serie av standarder med mål att få öppen kommunikation mellan enheter inom industrin.
OSI	Open Systems Interconnection, en 7-skiktmodell för kommunikationsprotokoll.
PLC	Programmable Logic Controller, programmerbar logik för styrning.
Rack	Inom industrin ett skåp för att montera enheter.
RTU	Remote Terminal Unit, enhet för styrning och indikation speciellt för SCADA.
SCADA	Supervisory Control and Data Access, industriellt styrprogram.
SCD	System configuration description, IEC-61850-fil för ett helt system.
SCIL	Supervisory Control Implementation Language, programmeringsspråk för MicroSCADA.
SCL	Substation Configuration Language, IEC-61850 filformat.
SLD	Single Line Diagram, Enlinjesschema
SNTP	Simple Network Time Protocol, protokoll för tidssynkronisering.
SOAP	Simple Object Access Protocol, XML-baserat protokoll för utbyte av information.
TCP/IP	Transmission Control Protocol/Internet Protocol, LAN-protokoll.
Template	En grundmodell, som används som utgångspunkt för ett program, så att formatet inte måste göras om från början varje gång det ska användas.
VMD	Virtual Manufacturing Device, objekt i MMS-standarderna.
XML	Extensible Markup Language, sidbeskrivningspråk som SCL är uppbyggt på.

1 Introduktion

Under det fjärde året på Novia, var det dags att börja med ett examensarbete. Jag fick höra av Matts Nickull att Novia skulle vara involverade i ett samarbetsprojekt med andra högskolor i Vasa. Projektet heter DEMVE och behandlar standarden IEC-61850 i en flerleverantörmiljö. Detta sker med en laboration bestående av flera reläer, en nätverksgateway och två stycken individuella styrsystem. I detta examensarbete tas det ena av två styrsystemet upp. Styrsystemet är från ABB och heter MicroSCADA.

I det här examensarbetet dokumenteras Novias del i projektet, med inriktning på styrsystemet. Det första kapitlet innehåller introduktion och bakgrund till projektet. I det andra kapitlet tas hårdvaran och dess mjukvara upp. I kapitel tre behandlas kommunikationen mellan enheterna. I det fjärde kapitlet tas själva utförandet upp och problem som uppkommit i projektet. I det femte och sista kapitlet diskuteras arbetet.

1.1 Uppdragsgivare

Som uppdragsgivare för examensarbetet fungerar Yrkeshögskolan Novia och som handledare har lektor Ronnie Sundsten fungerat.

1.2 DEMVE-projektet

”Development of the Education Services of IEC-61850 in Multi Vendor Environment” eller ”Utveckling av IEC-61850-utbildningstjänster i en miljö med flera leverantörer” är ett projekt som startades 1.8.2011. Inom projektet samarbetar Vasa Universitet, Vasa Yrkeshögskola, Yrkeshögskolan Novia, Vasa Energiinstitut och projektledningen styrs av Teknologicentrum Merinova. Syftet med samarbetet är att alla skolor kan använda sig av utrustningen i utbildningssyften. De olika skolorna har skilda uppgifter inom projektet: Vasa Yrkeshögskola (VAMK) har hand om reläerna d.v.s. IEDs och deras konfiguration, Vasa Universitet köper in relätestningsutrustningen och Yrkeshögskolan Novia har hand om driftcentralsutrustningen, vilket innebär styrsystemen, displayer, möbler och dylikt.

1.3 Syfte

Syftet med projektet är att studerande ska få bekanta sig med standarden IEC-61850 och vad den används till. Projektet är dock inte endast tänkt för utbildning av skolornas elever, utan också företag som är intresserade av teknologin ska ha en möjlighet att ta del av informationen. Förutom företag så ska planerare och konsulter få bekanta sig med produkter och lösningar, som hör till miljöer med flera leverantörer.

2 Eldistribution, driftövervakning och fjärrstyrning

Nedan följer en kort introduktion för eldistribution och varför det finns stort behov av fjärrstyrning inom elkraft.

2.1 Eldistribution

Mekanisk kraft tas tillvara från energikällor, t.ex. fossila bränslen, nukleära bränslen och vatten med kraftverk. Kraftverken fungerar som generatorer, som omvandlar den mekaniska kraften till elkraft. I Finland har vi omkring 400 kraftverk för elproduktion. Efter att elen är producerad blir den transporterad till konsumenter, vilket kallas eldistribution.

Elen har en mycket hög spänning under det första skedet av distributionen, som sker i stamnätet. Stamnätet består av 400 kV, 220 kV och 110 kV här i Finland, eftersom den höga spänningen leder till att förluster minskar då sträckorna är långa. Från stamnätet är regionala distributionsnät inkopplade som transformerar 110 kV spänningen till 20 kV, som direkt går till industrin eller som transformeras i till 0,4 kV i parktransformatorer som går direkt till konsumenterna. /11/

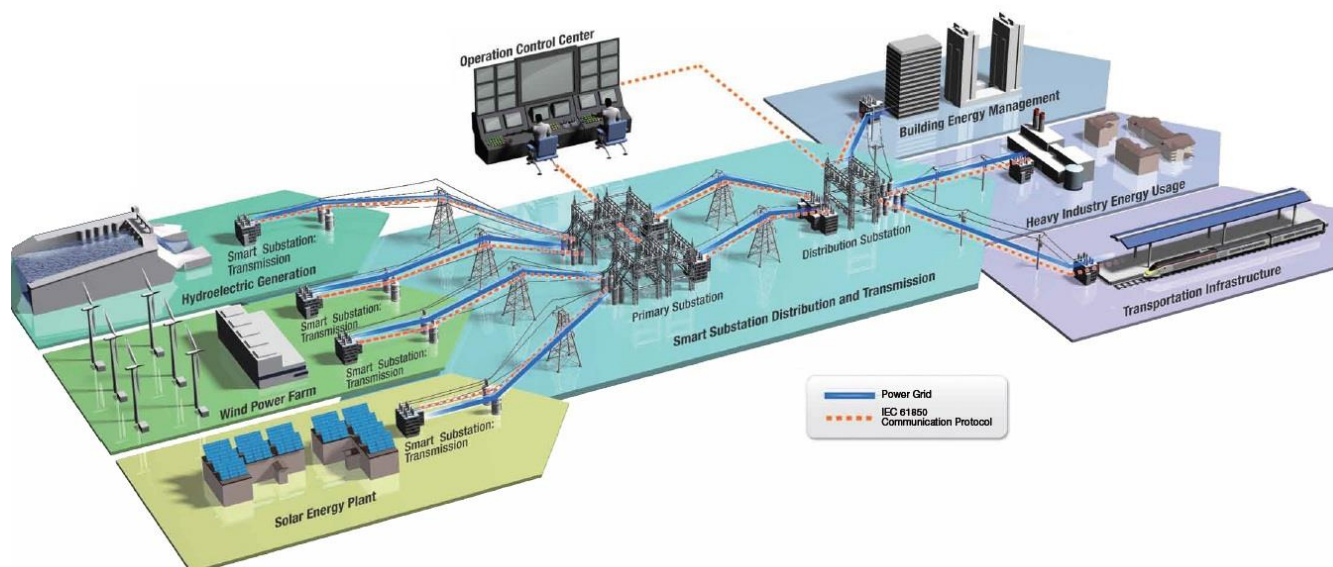
2.2 Driftövervakning

Eldistributionskedjan övervakas ner till 20 kV nivå, från 400/110 kV elstationer till 110 kV/20 kV elstationer. Givetvis övervakas kraftverken också, men det sker lokalt. I elstationer skyddar man utrustningen med brytare, frånskiljare och säkringar från fel, som kan uppkomma under produktionen eller distributionen.

PLC eller RTU används ifall informationen ska skickas ut från stationen, alltså operatören övervakar från skild driftcentral. Det leder till att styrsystemet endast behöver kontakt till en enhet, som i sin tur har kontakt med alla andra enheter. Information från processen fås då från skyddsrelän som skickar till RTU/PLC, som i sin tur skickar till styr- och övervakningssystem i kontrollrum. I kontrollrum har operatörer dygnet runt uppsyn över elprocessen. Från kontrollrummen är det möjligt att fjärrstyra elstationer.

2.3 Fjärrstyrning

Fjärrstyrning innebär att styra saker från avstånd, inom elkraft kan avstånden vara hundratals kilometer. Styrningen sker från en processbild genom TCP/IP till RTU/PLC vidare till skyddsrelän, som i sin tur driver motoriserade brytare och frånskiljare. Reservkommunikationen, ifall kabel grävs av eller dylikt, sker vanligtvis via radiomodem. Fjärrstyrning tillåter att understationerna är obemannade, eftersom operatören har full kontroll över stationen.



Figur 1. Övervakning av elprocessen. /10/

3 Hårdvara/Mjukvara

Laborationen är uppbyggd av ett ring kopplat LAN-nätverk med hjälp av fyra stycken routrar (se bilaga 2). Varav de tre nedersta är kopplade till relärack, test rack 1–3, där det ingår ett antal reläer per rack. Reläerna är kopplade till simulatorer, som simulerar brytare och frånskiljare och kan mata in ström i kretsen. Den översta routern är kopplade till två individuella styrsystem, som också i sin tur är monterade i ett rack: control center rack 1 (se bilaga 2).

De finns som sagt två styrsystem, det ena är tillverkat av Schneider Electric och heter PACiS och det andra är från ABB och heter MicroSCADA. MicroSCADA kommunicerar genom IEC-60870-5-104 protokollet med COM600, som i sin tur har kontakt till alla relän genom IEC-61850.

Control rack 1, vilket detta arbete behandlar, består av tre stycken stationära PC:n, en kommunikationsenhet och en skärm. En PC för MicroSCADA, en för PACiS och den sista för tidssynkronisering. Förutom racken finns två stycken 60" tv:n , som ska underlätta undervisningen.

Genom att hela systemet är monterade i rack på hjul, är det lätt att flytta ifall det krävs. Företaget som sköter om racken och simulatorerna är Digitalo Oy Ab i Vasa.

3.1 Skyddsrelän

Reläerna som skyddar och gör den egentliga styrningen kommer från olika tillverkare. ABB, Schneider Electric, Siemens och VAMP (nu Schneider). Av dessa tillverkare används minst två olika reläer ur deras produktserier. Dessa är insatta i tre stycken relärack, test rack 1–3, som listas i bilaga 3.

3.1.1 ABB – Relion

Ur ABB:s Relion produktserie används två stycken REF615, två stycken REF630 och en RET630. REF är ett ledningsskydd och RET är transformatorskydd. 615 är en simplare modell, som skräddarsys för olika skyddsfunktioner. Medan 630 innehåller uppemot 200 konfigurationsparametrar, vilket gör den väldigt omfattande.

3.1.2 Schneider – MiCOM

Schneiders MiCOM produktserie representeras av en P139 och en P543. P139 är överströmsskydd och P543 differentialskydd.

3.1.3 Siemens – Siprotec

Siemens SIPROTEC 7SJ6312 och 7SJ8041 är båda överströmsskydd, två stycken av vardera finns i projektet.

3.1.4 VAMP – 50 och 300

Två stycken VAMP 52 och en 300 finns i projektet. 52 är enkla kombinerade skydd för matning och motorer som ofta används som reservskydd eftersom de är förmånliga. VAMP 300 är både matnings- och motorskydd, som kan skräddarsys för skyddsbehovet.

3.2 Styr-och övervakningsstation

Består av en stationär PC-dator installerad med MicroSCADA Pro version 9.3, kraven som ställdes på datorn var följande:

- 4.0 GB RAM
- 32-bit Windows 7 Professional
- CPU 3.1 GHz
- 20 GB hårddisk

Datorn valdes till en DELL 790 SFF, som är en behändig och liten stationär PC som uppfyller kraven, vilket gör den enkel att få inpassad i racket.

3.3 MicroSCADA

I grunden har SCADA-system två huvuduppgifter, styrning och indikation. Detta då med människan som operatör, vilket gör att informationen som SCADA-system förmedlar, måste vara aktuell för att operatören ska ta rätt beslut. I jämförelse med t.ex. PLC är SCADA-system gjorda för större geografiska områden, där stationerna ofta är >50 km borta. /8/

I dagens läge består ett modernt SCADA-system av redundanta servrar med ett så kallat HSB-(Hot Standby) koncept. Detta betyder att om en av serverna blir otillgänglig, så tar den andra över. I det här fallet används det inte, då det finns två oberoende styrsystem.

3.3.1 Historia

MicroSCADA började utvecklas år 1981 eftersom ABB, då Strömberg Oy, ville ha ett eget styrsystem. Målen med systemet var följande:

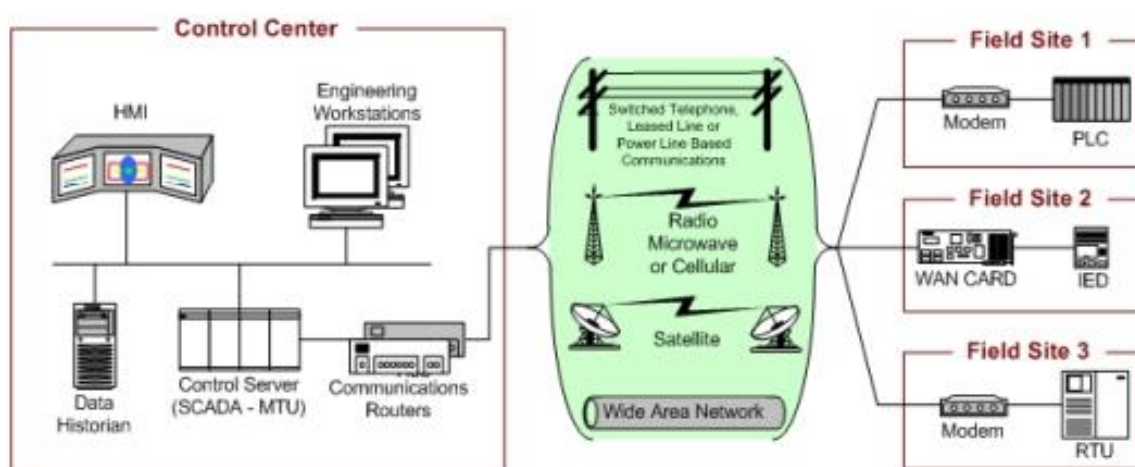
- Fjärr- och lokalstyrning av ställverk och frånskiljarstationer.
- Fjärrstyrning av energidistribuerande nätverk.
- Fjärr- och lokalstyrning av diesel- och vattenkraftverk.
- Fjärrstyrning av fjärrvärme.

Ännu till så inkluderades industriella processapplikationer och vattenrening. Men under den senare delen av 1980-talet, så började man fokusera på huvudmålen: eldistribution och elproduktion. Grundtanken var att man skulle integrera alla funktioner nödvändiga för att hantera energi, det vill säga styrning, rapportering, skydd, optimering osv. i ställverk och driftcentraler. Konceptet kallades distributionsautomation. Man började med att undersöka kraven för systemet, vilket tog ungefär ett år. År 1983 hade man det första systemet klart och året efter första försäljningen. /27/

3.3.2 Koncept

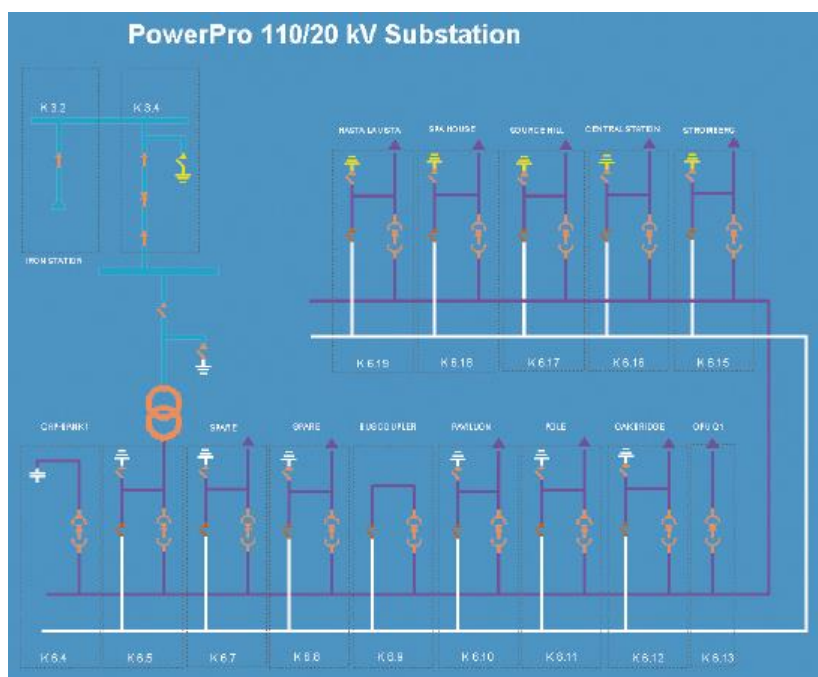
SCADA-system består av ett antal komponenter:

- Ett gränssnitt (HMI) som gör det möjligt för människor att styra och övervaka systemet.
- Ett övervakningssystem, som tar in data och sänder kommandon till processen.
- Fjärrstyrda enheter (RTU), som är kopplade till IEDs, som i sin tur är kopplade till givare i processen och omvandlar givarsignaler till digital data och skickar det till övervakningssystemet.
- Kommunikations infrastruktur som är länken mellan övervakningssystemet och RTU.
- Övrig process-och analytisk utrustning. /16/



Figur 2. SCADA-koncept. /22/

SCADA hänvisar som sagt ofta till system som övervakar och styr flera stationer. Dessa utspridda över större områden. Det flesta styrningarna sker automatiskt genom RTU, eller programmerbar logik (PLC). Datahämtningen börjar på RTU- eller PLC-nivå och inkluderar givaravläsningar och utrustningens status. Data skickas till MicroSCADA:s processdatabas, som sedan blir omvandlat så att gränssnittet kan tolka informationen. Gränssnittet förmedlar sedan informationen till operatören. Data lagras också i så kallade historiker, för att man sedan kan göra trender och se tidigare datavärden. /3/



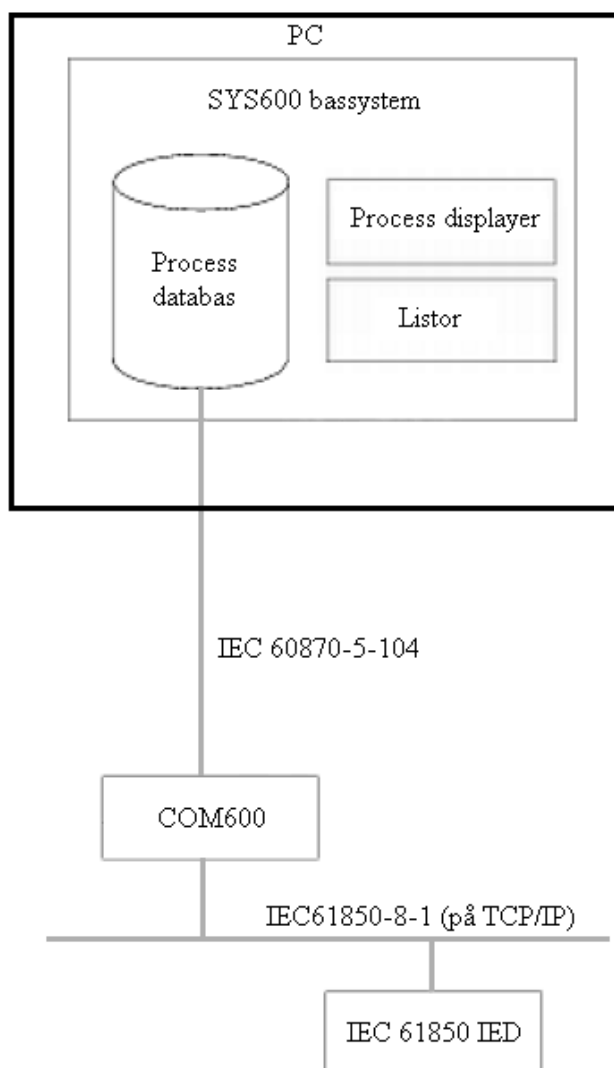
Figur 3. SCADA-bild. /1/

Gränssnitt är länken mellan människa och hårdvara, det är här som operatören gör all övervakning och styrning. Gränssnittet är direkt länkat till processdatabasen för att ha tillgång till all information. I gränssnittet bygger man upp bilder, varifrån man ser all information, såsom brytarlägen och strömmar. I figur 3 ses ett exempel på hur en bild kan se ut. /1/

3.3.3 Konfiguration

DEMVE-systemet är uppbyggt med IEC-61850 och IEC-60870-5-104, ofta förkortat IEC-104. IEC-61850 är det protokoll som reläerna använder och IEC-104 det som SCADA styr genom. I mitten av det här används en kommunikationsgateway COM600 som översätter mellan dessa protokoll. Protokollen behandlas senare i kapitel 3.

- Bassystem: processdatabas, processdisplay osv.
- COM600: IEC-61850 OPC Server och IEC-104 slave OPC client
- IEC-61850 IED: Reläerna tar upp information om nätet och skickar den vidare till COM600.



Figur 4. SYS600-systemet, uppbyggt med IEC-61850 och IEC-104. /5/

MicroSCADA Pro Control System SYS600 består av flera moduler, t.ex. systemkonfigurationsverktyg, objektnavigatör och displayverktyg, som tillsammans bildar ett komplett styrsystem. SYS600 är applikationsbaserat, vilket gör det flexibelt och lätt att skräddarsy för olika processer.

I SYS600-systemet blir varje signaluppdatering från en IED representerad med en unik adress. Adressen är baserad på stationen (enhetsnummer) och objektets adress (block- och bitnummer). För systemkommunikation finns två olika huvudgrupper av systemobjekt, bassystem (B) och kommunikationssystemobjekt (S). Bassystemet är själva MicroSCADA, medan kommunikationssystem är själva processen.

Bassystemet kommunicerar genom en kedja av objekt, vilka är länk, nod, linje och station. Dessa blir införda genom systemkonfiguration.

- LAN-länk (LINn:B)
- Nod (NODn:N)
- Linje (LINE)
- Station (STAn:B)

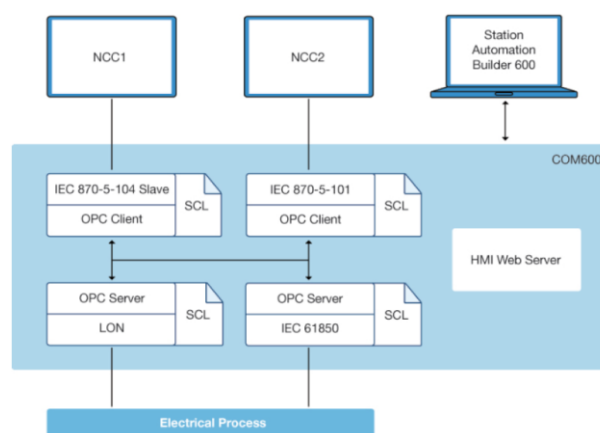
Kommunikationssystemet är applikationsobjekt, som blir införda genom objektnavigatorm. Dessa är strukturerade som:

- Station (STATION)
- Fack (BAY)
- Ställverkskomponenter/Mätningar/Alarm (SWITCHING_DEVICE) /4/

3.4 COM600

COM600 tillför en så kallad nätslussfunktion, kopplar ihop två nätverk med olika protokoll, till systemet. Detta för att kartlägga signaler från IEDs i ett ställverk, till styrsystemet. Den innehåller även ett gränssnitt, som förmedlar information från ställverk till användare.

COM600 tar in data från IEDs genom att använda olika kommunikationsprotokoll. De understödda protokollen kan kombineras fritt. I det här fallet tas information från IEDs in genom protokollet IEC-61850 och ges ut till MicroSCADA i protokollet IEC-60870-5-104. Exempel på kommunikationen i en COM600 enhet ses nedan i figur 5.

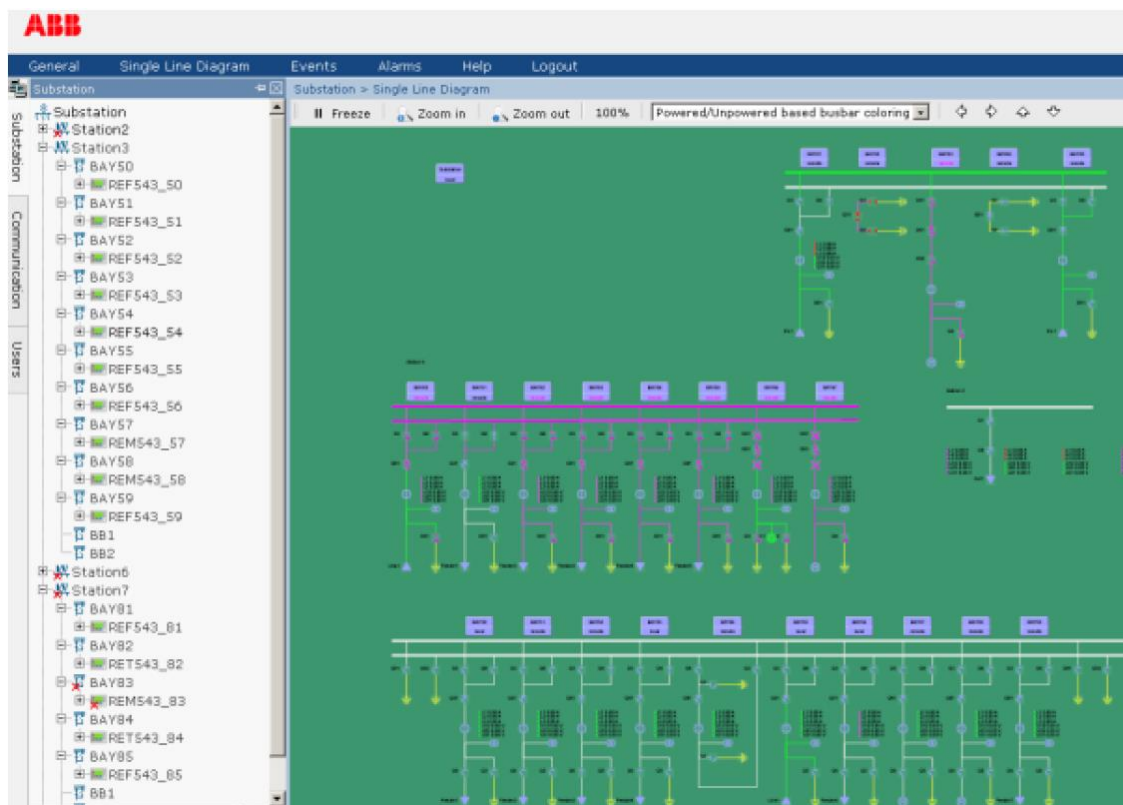


Figur 5. COM600-kommunikation. /4/

COM600 använder LAN teknologi för att visa data till olika användare. LAN-teknologin används även till att skicka information till Network Control Center (NCC), alltså styrsystemet som består av en PC med MicroSCADA installerat på.

COM600 drar nytta av potentialen av IEC-61850 standarden genom att använda IEC-61850-6 konfigurationspråket SCL för ställverk, och IEC-61850-7 kommunikationsmodellering oavsett vilket protokoll som används. Eftersom IEC-61850 datamodellering används för alla kommunikationsprotokoll, så sker gateway korsreferering på samma sätt för alla protokoll. /5/

Genom en webbläsare, kan ställverken övervakas och styras. Uppmätta värden från process enheter visas på HMI-enlinjesschemat. Enlinjesscheman kan användas för att övervaka alla uppmätta värden från samtliga process enheter. Med hjälp av HMI:n får man en bra överblick av stationen. Exempel på enlinjesschema sett från webbläsare syns i figur 6:



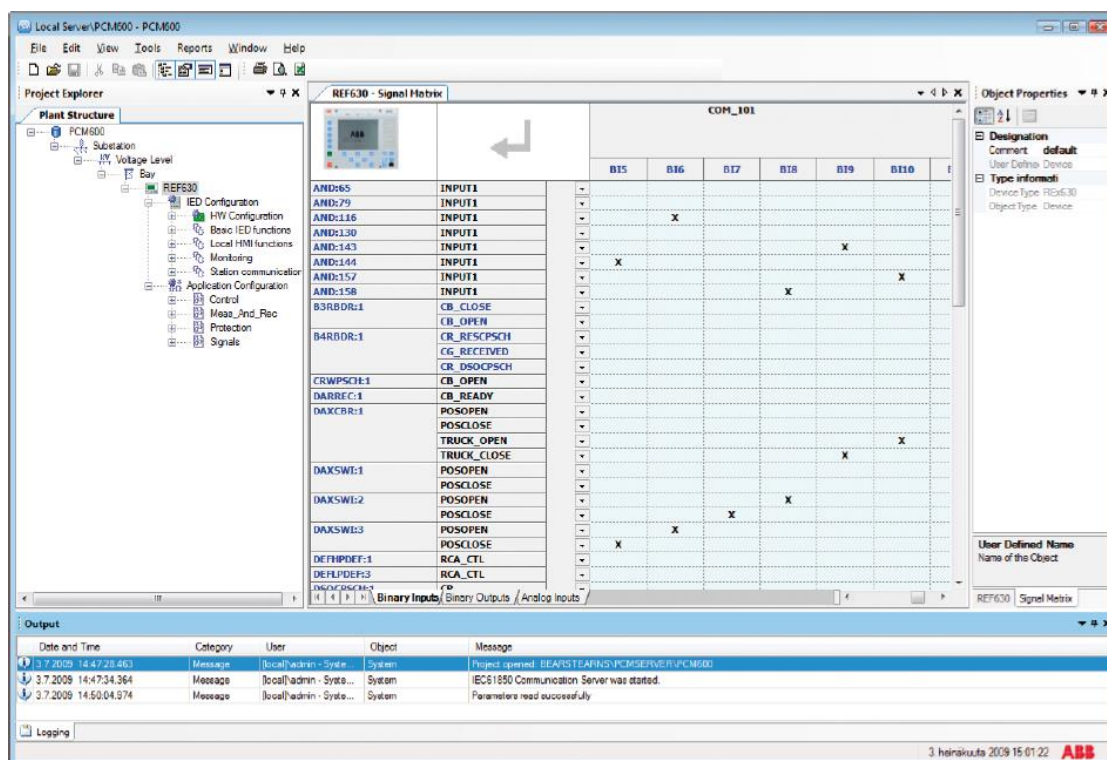
Figur 6. COM600 Enlinjesschema. /5/

3.5 Arbetsstation

Består av en bärbar dator installerad med program som PCM600 Engineering Pro + IET600 och SAB600. Denna dator är av märket DELL och modellen E5520. Den här datorn används till konfiguration och underhållning av systemet.

3.5.1 PCM 600 Engineering Pro

Protection and Control IED Manager 600 är ett program där man kan ändra parametrarna och konfigurationen i ABB:s reläer, vilket gör det till ett IED-konfigurationsverktyg. Med hjälp av PCM kan man ladda ner konfigurationer från reläer och vice versa ladda upp konfigurationer. Man kopplar endera datorn direkt till reläerna eller så sker det genom ett LAN-nätverk. Ifall man har många relän är det enklaste att konfigurera dem genom det uppkopplade LAN-nätverket. Reläernas status och eventuella fel visas direkt i programmet. /2/



Figur 7. PCM 600. /2/

I PCM kan man även generera cid-filer som innehåller information om reläet, IEC-61850 filtyperna tas upp mera i kapitel 4.4.6., cid-filen kan sedan användas för att bygga upp system i MicroSCADA. Detta då utan att tillgång till hårdvaran. Det som krävs är tillverkningskoden, som berättar grundläggande information om reläet. Genereringen fungerar förstås endast för ABB:s produkter.

3.5.2 IET600

IET är ett systemkonfigurationsverktyg, där man bygger upp kommunikationen i systemet. I IET600 ändrar man inte skyddsparametrarna för relän, utan kommunikationsegenskaperna. Till skillnad från PCM så kan IET användas för alla leverantörers reläer.

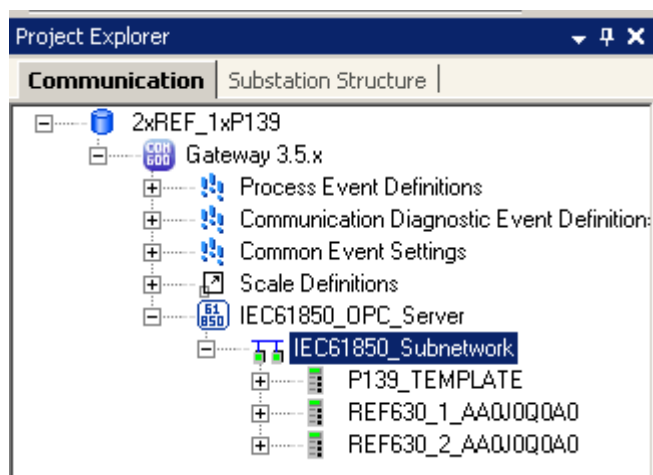
IET är mycket flexibelt för signalkonfiguration, det är möjligt att tilldela klienter för relän, där reläet fungerar som server och COM600 som klient. Vilket är grundförutsättningen för kommunikationen mellan COM600 och reläet. Man kan man ändra RCB konfigurationerna, vilka innehåller dataset som i sin tur innehåller signaler. IEC-61850 kommunikationens uppbyggnad med RCB, dataset o.s.v. tas upp i kapitel 4.4.5. IEC-61850 funktion.

Till IET importerar man reläfilen från reläkonfigurationsverktyget, PCM för ABB:s relän, och sedan exporterar man den konfigurerade reläfilen till SAB600.

3.5.3 SAB600

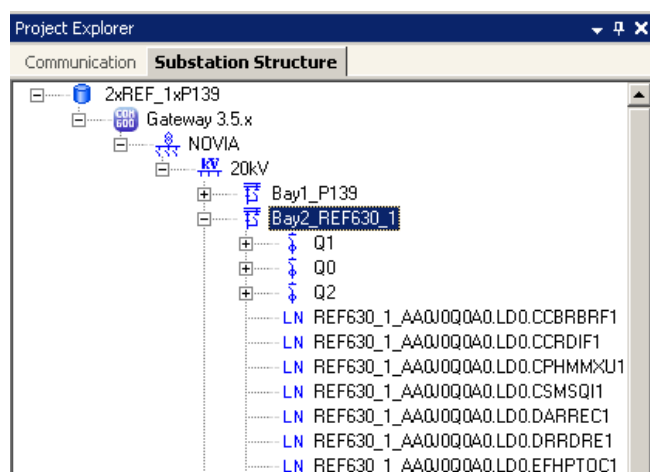
Station Automation Builder 600 används för att bygga upp och underhålla systemet i kommunikationsenheten COM600 och är baserat på IEC-61850.

Kommunikationsnätverk visas i 'Communication Structure' som hittas i 'Project Explorer' fönstret. Strukturen är uppbyggd med hjälp av OPC-server/klient, kommunikationskanal/undernätverk och enhetsobjekt. Objektets egenskaper som visas i 'Object Properties' fönstret. Egenskaperna definierar kommunikationsport, bithastigheten, tidsparametrar, enhetsadresser osv. I figur 8 så visas kommunikationsstrukturen i SAB600./5/



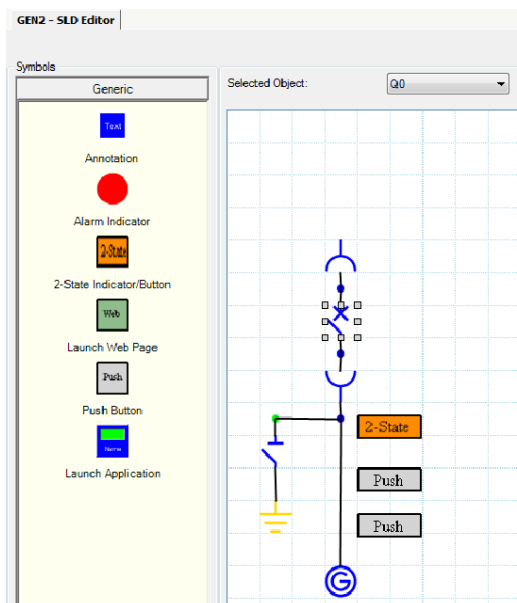
Figur 8. SAB 600-kommunikationsstruktur.

'Substation Structure' i SAB600 används för att konfigurera HMI-funktionerna i COM600. Fliken representerar den funktionella översikten av stationen. Den innehåller ställverk, spänningsnivå, fack, skena, fränkskiljare, brytare osv. I figur 9 under syns stationsstrukturen.



Figur 9. SAB 600 stationsstruktur.

Enlinjeschemat är en grafisk framställning av processobjekten i ställverken. Enlinjeschemat kan redigeras på olika nivåer, station, spänning och fack. För enskilda relän öppnas verktyget på facknivå. I figur 10 så visas ett enlinjesschema, för ett enskilt relä i SAB600.



Figur 10. SAB 600 enlinjesschema för ett relä.

Kommunikations- och grafiska objekten blir länkade till varandra genom 'Data Connection Tool'. Till exempel så blir brytarens objekt i ställverksstrukturen länkat till den logiska noden CSWI i kommunikationsstrukturen. /5/

3.6 SWITCH

Är en enhet som fungerar som en kommunikationstrunk, med väldigt korta segment som kopplar ihop varje nod och formar nätverket. Switchen avkodar vissa delar av ethernet meddelanden och styr trafiken på ett ethernetnätverk.

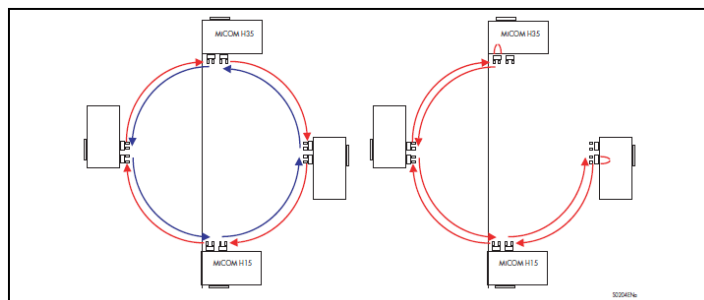
En metod för att undvika att meddelanden kolliderar på ett ethernetnätverk är att begränsa antalet nätverksnoder. En grupp noder som delar ett gemensamt medium är kallade en kollisionsdomän. När det är färre noder i en kollisionsdomän, så sker färre kollisioner och ethernetnätverket arbetar effektivare.

En switch minskar kollisionsdomänet för varje nod till det minsta möjliga, det vill säga två noder. Switchen avkodar inkommande trafik från varje nätverks nod och styr nätverkstrafiken. Den minskar även antalet kollisioner mellan meddelanden drastiskt, och på så sätt förbättrar ethernetnätverkets prestanda.

Switchar är mindre pålitliga än hubbar, ökandet av prestandan minskar på pålitligheten. Switchar arbetar på de lägsta skikten (fysiska- och datalänksskiktet) i ett ethernetnätverk. /22/

Switchen som används här är av märket Schneider och modellen MiCOM H 35x, som är gjord för fastsättning på DIN-skena. Den har även en självhelande princip, som gör att återhämtande efter att en huvudlänk går av för hela nätverket är >1 ms. Den använder sig av s.k. ringredundans, som gör att om anslutningen mellan två enheter bryts, så fortsätter

nätverket att fungera normalt. Normala ethernetpaket färdas på den primära fibern åt samma håll, och endast en kontrollbit (4 bytes) skickas ut varje 5 μ s åt motsatt håll. Om länken är nere så börjar nätverket självhelas. På den ena sidan av avbrottet blir mottagna meddelanden inte längre skickade på den primära fibern utan på den sekundära. På den andra sida blir mottagna meddelanden på den sekundära fibern skickade till den primära och den nya topologiska loopen blir stängd på under 1 ms. Självhelningen syns i figur 9./18/



Figur 11. MiCOM switch, självhelande princip. /20/

3.7 MEINBERG LANTIME

Tidssynkroniseringen sker vanligtvis via en satellitklocka från MEINBERG. LANTIME står för Local Area Network Time Server och ger hög precisionstidssynkronisering för ett TCP/IP nätverk. Tidssynkronisering är viktigt för att alla enheter ska ha samma tid och information ska vara aktuell för varje enhet. Network Time Protocol (NTP) används för att synkronisera alla NTP-klienter. /15/

I detta projekt är kraven på tidssynkronisering inte så hårda, eftersom alla elnättsfel kommer att bli simulerade. Därför bestämdes det att en stationär PC används för tidssynkronisering.

4 Kommunikation

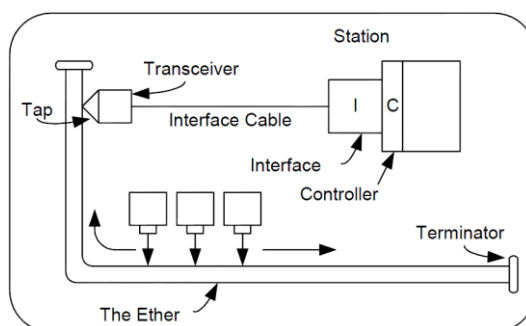
För att alla enheter ska kunna kommunicera med varandra, behövs ett universellt språk som samtliga förstår. All kommunikation bör ske så nära realtid som möjligt, <4 ms, det vill säga att data som sänds är aktuell. Detta för att vid felsituationer kunna ta rätt beslut. I det här fallet används den relativt nya standarden IEC-61850. Här tas de olika medierna upp, som standarden behöver för att fungera.

4.1 Ethernet

Ethernet är en samling standardiserade metoder för att ordna kommunikation mellan datorer via kabel som ger höga hastigheter. Detta i ett lokalt nätverk, oftast inom samma byggnad. I DEMVE-projektet fungerar Ethernet som medium för transporten av informationen, d.v.s. skikt ett och två i OSI-modellen.

4.1.1 Historia

Robert Metcalfe och flera andra forskare uppfann ethernetnätverk i Xerox Palo Alto Research Center (Xerox PARC). Under år 1972 konstruerade de Alto Aloha Network, där de kopplade ihop flera Xerox Alto datorer. Metcalfe, David Boggs, Charles Thacker och Butler Lampson patenterade ethernet-nätverk år 1975. Figur 12 visar konceptet och liknar den bild Metcalfe använde för att förklara Ethernet.



Figur 12. Ethernet princip. /25/

Snarlik den ljusbärande eter som tidiga undersökare använde för att förklara hur ljus och andra elektromagnetiska vågor färdas igenom vakuum, så fungerar nätverket som etern och tillåter sändning av meddelanden bland datorer. /25/

Ethernet blev till först kodat i Dec-Intel-Xerox (DIX) standarden, men är numera fastställda av IEEE-standard 802.3. Ethernet nätverk är definierade av de två lägsta lagren i OSI-modellen, fysiska- och datalänksskiktet. Ethernet i sig själv är inte kapabelt till att flytta data mellan enheter utan de övre skikten. /13/

Idag är Ethernet den dominerande nätverksteknologin som används i kontor och i hem. Eftersom ethernetnätverk är billiga och ganska lätta att förstå, så blev deras användning snabbt populär bland industrier inkluderande ställverksautomationsnätverk.

Ethernetnätverk var dock inte utvecklade specifikt för styrning inom ställverk och andra tuffa miljöer. Men blir ändå använt inom området eftersom det är så populärt i andra applikationer. I grund och botten är det helt enkelt lättare att utveckla Ethernet än att tillverka något nytt. /25/

4.1.2 OSI Seven-layer

International Standards Organization (ISO) har gjort en Open System Interconnect (OSI) sju-skiktmodell. OSI-modellens syfte är att underlätta felsökning och hjälpa oss förstå datorkommunikation. Modellen, som publicerades år 1984 och reviderades år 1994, representerar nätverk, både mjukvara och hårdvara. Detta i en individuell nätverksnod, genom att dela upp uppgifter i skikt som gör specifika funktioner. /13/

Denna tas upp för att förenkla förklaringen av de olika medierna som krävs för IEC-61850 kommunikation. Modellen består som sagt av sju skikt, vilka är:

1. Applikationsskiktet

Nätverksprocess till applikation.

2. Presentationsskiktet

Dataframställning och kryptering.

3. Sessionsskiktet

Mellanvärdslig kommunikationssamordning.

4. Transportskiktet

Sändning, mottagning och ankomstkontroll.

5. Nätverksskiktet

Logisk adressering: navigering och IP.

6. Datalänkskiktet

Fysisk adressering: MAC och LLC.

7. Det fysiska skiktet

Här är kablar och annat fysiskt som hör till nätverk, media, signal och binär överföring.

Applikation
Presentation
Session
Transport
Nätverk
Datalänk
Fysiskt

OSI-modellen används normalt till att beskriva och kategorisera nätverksprotokoll och nätverksteknik, oavsett om dessa avsetts för att infogas i modellen eller vad de har för ursprung. I OSI-modellen så kommunicerar varje skikt via en logisk anslutning med samma skikt i en annan enhet. /13/

Nätverksprocessen är mera komplex. Data som sänds går igenom skikten uppifrån ner. Varje skikt tillägger information till meddelandet, och skickar det vidare. Slutligen når meddelandet det lägsta skiktet (det fysiska), och blir sänt över en fysisk anslutning till en annan nätverks nod. Vid mottagning av data fungerar processen tvärtom, varje lager tar bort och använder skiktsspecifik information och skickar den resterande informationen uppåt i kedjan tills den ursprungliga informationen blir tillgänglig för applikationsanvändaren.

Så länge som det finns ett definierat gränssnitt mellan skikten, så kan ett skikt bli ersatt med ett annat som överensstämmer med gränssnittets specifikationer. Till exempel kan ethernet-nätverk fungera över flera olika medier: kabel, fiberoptik eller trådlös radioanslutning. Det vill säga att det fysiska lagret kan bli ersatt, så länge som gränssnitten förblir likadant.

Skikten är logiskt separerade för att underlätta felsökning och för att tillåta nivåer att bli ersatta utan att påverka närliggande nivåer. Det mera sofistikerade applikationsskiktet förser de tjänster nödvändiga för att utföra datahämtning och -styrning i ställverk och tillåter även datadelning. Det här lagret är dyrt att utveckla och behöver bli underhållet längre än det snabbt ändrande fysiska skiktet. Det fysiska lagret anger signalöverföringen utanför kommunikationsprotokollen, t.ex. genom koppar, fiber eller trådlöst. De fem mellersta lagren hänvisas ofta som protokollstapel. Protokollstapel definierar en kombination av protokollen som arbetar tillsammans för att åstadkomma nätverkskommunikation.

4.2 TCP/IP

TCP/IP är ett nätverksprotokoll som har blivit känt som grunden till Internet. IP är ett skikt som stöder grundläggande paketöverföring. Detta genom adressering, uppdelning av paket och flera andra kännetecknande tjänster. I DEMVE-projektet används TCP/IP-paket för transport, så att informationen kommer fram till rätt plats, d.v.s. skikt 4 och 5 i OSI-modellen.

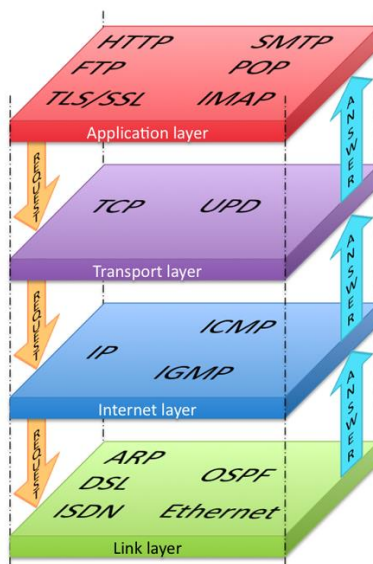
4.2.1 Historia

Utvecklingen av TCP/IP börjades av det amerikanska försvarets utvecklingsavdelning DARPA som utvecklade ARPANET, under slutet av 1960-talet. År 1971 skickades det första e-målet via ARPANET, och två år senare bestod 75 % av trafiken på ARPANET av e-mail. ARPANET är föregångaren till Internet som vi har idag och utvecklades så sent som år 1989. /12/

4.2.2 Koncept

TCP/IP är en samling av flera olika protokoll och varje dator som använder sig av TCP/IP tilldelas en IP-adress. Detta är för att datorer runt om i världen ska få rätt paket skickade till sig. I ett internt nätverk sker trafiken från olika datorer på samma IP-adress externt, men olika adresser internt. I interna nätverk är ofta IP-adresserna dynamiska, vilket till skillnad från statiska adresser, betyder att adresserna inte är permanenta. Detta sker genom protokollet DHCP. Varje dator i nätverket kommunicerar genom ett nätverkskort med en unik MAC-adress. MAC-adressen är unik för varje nätverkskort och arbetar på det andra skiktet, s.k. datalänksskiktet i OSI-modellen. /12/

Det finns en OSI-liknande modell för TCP/IP, som kallas TCP/IP-modellen. Den består av fyra skikt i stället för sju. De delar upp de olika protokoll som används inom TCP/IP, figur på nästa sida.



Figur 13. TCP/IP-modellen. /6/

TCP kompletterar IP med tillförlitlig leverans, nätverksanpassning och flödeskontroll. Detta för att skapa ett relativt stabilt anslutningsinriktat protokoll, för utbyte av paket på nätverket. Eftersom TCP inkluderar routning och anslutningar, används det mest för point-to-point dataflödesuppgifter.

4.3 MMS

Som sagt tidigare så beskriver inte IEC-61850 hur data skickas, utan hur den är upplagd. Kommunikationen mellan relä och COM600 i DEMVE sker genom MMS-protokollet. MMS är på så vis det översta skikten, applikation, i OSI-modellen.

MMS eller ISO-9506 är en internationell standard som behandlar skickandet av processdata i realtid och övervakande styrinformation mellan nätverksenheter och datorapplikationer. Även om MMS inte har haft stor framgång, så har konceptet inspirerat flera andra standarder, t.ex. IEC-61850. /21/

Standarden definierar:

- En uppsättning av standard objekt som måste existera i varje enhet, i vilka funktioner som läsning, skrivning, händelse signalering osv. kan utföras. VMD är huvudobjektet och alla andra objekt, som variabler, domäner, journaler, filer osv. ligger under VMD.
- En uppsättning av standard meddelanden utbytta mellan en klient och en server station, med ändamålet att övervaka och styra de här objekten.
- En uppsättning kodningsregler för översättning av meddelanden till bitar och bytes då de skickas.
- En uppsättning protokoll, som anger hur meddelanden skickas mellan enheter.

4.3.1 Historia

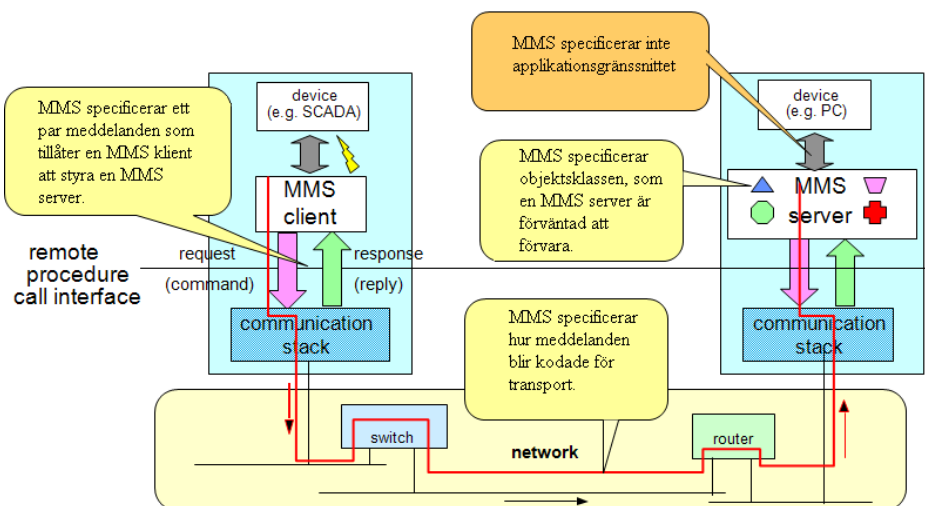
MMS-protokollet blev utvecklat år 1980 för MAP-projektet, av General Motors. År 1985 kom MAP version 2.1, som använde OSI-modellen och använde 10-Mbit/s bredband. Protokollet var då känt för att vara komplicerat, dyrt och jobbigt på grund av dålig implementering. Började senare användas av bil- och luftrumsindustrin och PLC-tillverkare: Siemens, Schneider Electric och ABB som vidareutvecklade den. MMS blev standardiserat år 1990. /21/

4.3.2 Koncept

Grundtanken är att läsa och skriva variabler genom att använda standard meddelanden. MMS är inte ett kommunikationsprotokoll utan det definierar meddelanden som ska skickas genom ett ospecificerat nätverk. MMS definierar beteendet mellan två kommunicerande enheter genom en klient/server modell. Klienten kan t.ex. vara ett styr- och övervakningssystem, en driftcentral eller en IED. Servern representeras av en eller flera fysiska enheter eller kompletta system. MMS använder en objektorienterad modellmetod, med objektklasser, döpta variabler, domän, osv. /19/

Standarden är omfattande, men detta behöver inte betyda att all MMS-implementation måste vara komplex eller komplicerad. Om ett enkelt subset används, så blir också implementationen enkel. MMS-servern representerar objektet som MMS-klienten har tillgång till. VMD-objektet representerar det yttersta lagret, var alla andra objekt ligger.

En fysisk enhet kan vara både klient och server samtidigt. En server i ett styrsystem kan vara en klient till ett ställverk. Servern innehåller MMS-objekten och kan också utföra tjänster. I princip så finns det alltid fler enheter som fungerar som server än enheter som fungerar som klienter.



Figur 14. MMS kommunikationsprincip. /14/

Anropen som klienten sänder anges i delen ISO 9506-1. Anropen blir behandlade och svarade av servern. En MMS-server gör modeller av riktig data, t.ex. temperaturmätningar.

4.4 IEC-61850

I kapitel 4.4.1 – 4.4.3 behandlas IEC-61850:s uppkomst, där experter från två olika institutioner har samarbetat. 4.4.4 behandlar konceptet för IEC-61850 standarden. Därefter behandlas funktionen för hur IEC-61850 är uppbyggt. Till sist de olika filtyperna som används inom IEC-61850.

4.4.1 EPRI

Electrical Power Research Institute (EPRI), grundades på 1970-talet, för att utveckla teknologi som främjar elektrisk användning. Institutet gör forskning och utvecklar projekt finansierade av gruppen själv och andra källor. Under 1980-talet upptäckte EPRI de potentiella fördelarna med ett gemensamt språk för datakommunikation för alla operativa elektriska stationer. De koncentrerade sig på att enkelt förena ett brett utbud av utrustning och enheter. EPRI startade Utility Communications Architecture (UCA) projektet, där idén vara att ta fram kommunikationskraven, -strukturen och -teknologin som berörde elstationer och deras styrningsenheter.

De flesta relä- och IED-tillverkare blev genast intresserade av UCA-projektet och var med att utveckla och specificera en kommunikations ”stapel”. Målet var att ta fram de tekniska specifikationerna för ett system som skulle styra och övervaka ställverk, stora som små. Specifikationerna inkluderade kraven för snabb dataöverföring, i millisekunder, för IEDs. Tanken var att använda LAN-överföring i ställverk, vilket skulle ersätta tidigare kablage.

Ett annat mål var att identifiera kommunikationssystemets skikt ur OSI-modellen, detta skulle öka förståelsen för kraven i ställverksstyrning. Det här skulle göra det möjligt för projektarbetare att fritt använda olika tillverkares hårdvaru- och mjukvarukomponenter. För att sedan fokusera specifikt på de lager som behövs för elektriska ställverksstyrningar.

För de undre lagren av systemet, så undersöktes ett brett utbud av industriella fältbusslösningar, såväl som kontors-LAN-teknologi, ethernet- och internetprotokoll. De här lösningarna var inte anpassade för snabba ställverksstyrningar, men hade fördelen av att kunna användas världen över och kunde anpassas för användning i ställverk. Omkring år 1996, efter en period av detaljerade undersökningar av EPRI-sponsorade forskare, som leddes huvudsakligen av American Electric Power (AEP). Kom gruppen med ett förslag att ta ett specifikt kommunikationsskikt och testa systemet i praktiken.

De här användarna schemalagde projekt för att utrusta ställverk med de mest moderna LAN-baserade och standardiserade styrningsprotokollen, med målet att få funktionerande system. Tanken var att definiera en standard som självständiga, konkurrerande tillverkare av relän, givare, styrenheter, gränssnitt och andra IEDs, skulle kunna implementera för praktisk kommunikation. Målet var att försöka använda LAN för all kommunikation. Med fortsatt EPRI understöd så har en många relä-, givar- och IED-tillverkare byggt UCA-kompatibla versioner av sina produkter. /19/

4.4.2 IEC

Behovet av en internationell standard började då olika tillverkare började introducera egna patenterade lösningar på marknaden. Många tillverkare hade tidigare redan gjort integrerade LAN-baserade system för kommunikation i ställverk. Varje system hade ett patenterat kommunikationsprotokoll och köparen var tvungen att köpa kompletta system av en enskild tillverkare.

På begäran av användare i slutet av 1980-talet, så började europeiska tillverkare arbeta inom IEC, för att göra kommunikationsstandarden IEC-60870-5. Delar av 60870-5 behandlade informationsöverföring och -styrning av en tillverkares IED genom en annan tillverkares system. Dock lutade marknaden av dessa produkter mer mot dyra, avancerade system. Dessa system kunde inte säljas i Nordamerika på grund av deras komplexitet och pris. Samtidigt var den Nordamerikanska marknaden var väldigt underutvecklad inom ställverksautomation.

År 1995 så påbörjade IEC-ett nytt projekt, 61850, för att definiera nästa generations snabba ställverksstyrningar och -skydd. Huvudmålet var, liksom för EPRI, att tillverkare skulle arbeta tillsammans för att definiera kommunikationsstrukturen för ställverksövervakning och -styrning. Den här standarden skulle göra det möjligt för olika tillverkares utrustning att kommunicera med varandra, och i och med detta undvika komplexa och dyra system.

IEC-projektorganisationen arbetade under Technical Committee 57 (TC57). Till en början var arbetsgrupperna 10,11 och 12 ansvariga för olika delar av IEC-61850:

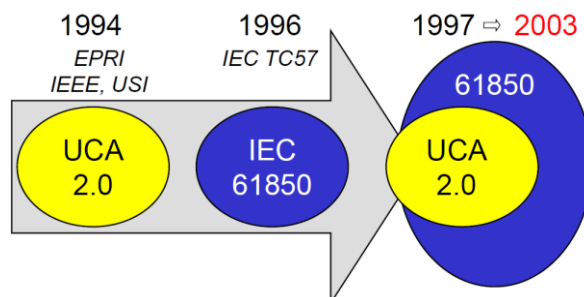
- Arbetsgrupp 10 – Funktionell arkitektur, kommunikationsstruktur och allmänna krav.
- Arbetsgrupp 11 – Kommunikation inom och emellan enhets- och ställverksnivå.
- Arbetsgrupp 12 – Kommunikation inom och emellan process- och enhetsnivå.

Emellertid har det mesta av arbetet blivit gjort med grupper som innehöll en blandning av personal från dessa grupper. /19/

4.4.3 Samarbete mellan IEC-och EPRI

År 1996 arbetade både IEC-61850 och EPRI UCA 2.0 grupperna med standarder för att få olika tillverkares IEDs att samtala med varandra inom ställverk. Det var ganska klart att de båda skulle samarbeta för att få en global kommunikationsstandard. I oktober år 1997 bestämdes det att endast en standard för ställverks automation skulle utvecklas, och på så sätt sammanfoga Nordamerikas och Europas idéer. En arbetsgrupp med folk från båda projekten bildades, för att undersöka en möjlig sammanfogning.

Under tiden så fortsatte UCA-projektet att sträva för att förverkliga implementeringen av UCA i tillverkares produkter. Resultaten från UCA specifikationer presenterades för IEC, och i januari år 1998 framkom det att en sammanfogning var möjlig. Många UCA-modeller, datadefinitioner, -typer och -tjänster inkluderades i den slutliga standarden. /19/



Figur 15. IEC-61850-utveckling. /19/

4.4.4 Koncept

Idag är standarden en av de mest lovande och kraftfulla lösningen för energiindustrin och är förväntad att utvecklas i takt med den. Den är vitt spridd i olika delar av världen med målet att öka effekten och tillförlitligheten i ställverk.

Den inkluderar flera ethernet baserade kommunikationsprotokoll med standardiserad namngivning, objekt modellering och XML-baserat SCL. Målet med standarden är att få olika tillverkares utrustning att arbeta på ett gemensamt kommunikationsnätverk. Inom ställverk försäkras standarden att all utrustning kommunicerar genom samma protokoll. Protokollen kan köras över TCP/IP och/eller LAN med ethernet för att få en responstid < 4 ms för skyddsrelän.

Ett av de olika syftena med standarden är att fullständigt och exakt definiera dataframställning och kommunikation för att tillgodose system uppbyggda av IEDs och system komponenter från olika tillverkare. Regler görs för att likformigt identifiera dataelement. Vanliga dataelement, ur standarden, är definierade genom dessa regler. Reglerna tillåter även dataelement som inte finns i standarden, att bli definierade i standardformatet. Reglerna görs för att organisera dataelement i grupper, baserade på funktion eller logisk anknytning. Slutligen gör reglerna det möjligt att transportera data genom att använda flera olika kommunikationsprotokoll och kommunikationsmedia. På nästa sida syns den fullständiga standardens rubriker och innehåll.

Part	Title
1	Introduction and Overview
2	Glossary of terms
3	General Requirements
4	System and Project Management
5	Communication Requirements for Functions and Device Models
6	Configuration Description Language for Communication in Electrical Substations Related to IEDs
7	Basic Communication Structure for Substation and Feeder Equipment
7.1	- Principles and Models
7.2	- Abstract Communication Service Interface (ACSI)
7.3	- Common Data Classes (CDC)
7.4	- Compatible logical node classes and data classes
8	Specific Communication Service Mapping (SCSM)
8.1	- Mappings to MMS(ISO/IEC 9506 -Part 1 and Part 2) and to ISO/IEC 8802-3
9	Specific Communication Service Mapping (SCSM)
9.1	- Sampled Values over Serial Unidirectional Multidrop Point-to-Point Link
9.2	- Sampled Values ISO/IEC 8802-3
10	Conformance Testing

Figur 16. IEC-61850-standarden.

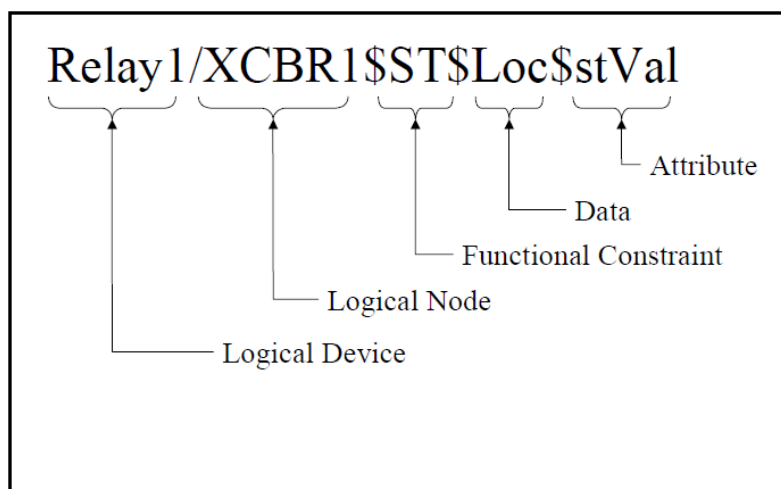
Den här designen möjliggör IED-kompatibilitet när man använder samma protokoll och media, medan andra standardprotokoll inte är avsedda för kompatibilitet. Därför understöder standarden flera icke-kompatibla kommunikationsmetoder som kommer att användas sig av dessa regler. /6/

4.4.5 Funktion

IEC-61850 tar hänsyn till alla aspekter som är vanliga inom ställverksautomation, såsom datamodeller, kommunikationslösningar och anpassade tester. Andra protokoll t.ex. DNP 3.0 är koncentrerade på hur data överförs, men inte hur den är organiserad. Detta är inte fallet med IEC-61850, här tas det även upp hur data är organiserad på olika enheter. Det här minimerar arbetet med att konfigurera enheterna, eftersom de ofta kan konfigurera sig själva. Vissa enheter använder sig av SCL-filer för konfigurationer, som endast behövs importeras för att bygga upp systemet.

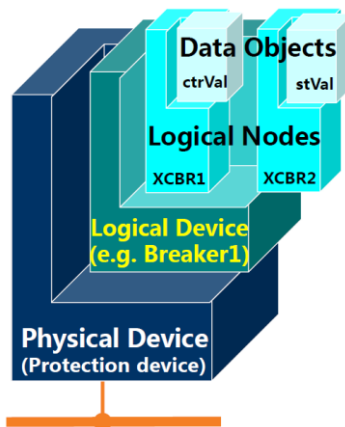
IEC-61850 enhetsmodellen, börjar med en fysisk enhet, som är definierad genom en nätverksadress. Inne i den fysiska enheten kan det finnas en eller flera logiska enheter, Logical Device (LD). Varje logisk enhet innehåller en eller flera logiska noder, Logical Node (LN). En logisk nod är ett namn på gruppering av data och liknande tjänster, som är logiskt besläktade med energisystemsfunktioner.

Det finns logiska noder för automatisk styrning, vilkas namn alla börjar på "A". Logiska noder för mätning, vars namn börjar på "M" osv. Alla noder har ett LN-ID som ett suffix till sitt namn. Detta för att kunna skilja noderna åt, t.ex. ifall det finns flera mätningar för tre-fas effekten. Varje nod kan också ha ett LN-prefix till sitt namn, för att ännu underlätta identifieringen.



Figur 17. IEC-61850-objektsnamn. /6/

Varje logisk nod innehåller ett eller flera dataelement, Data Object (DO) och varje element har ett unikt namn. Namnen bestäms genom standarden och är relaterade till deras funktion i systemet, t.ex. är brytare en XCBR logisk nod. Den innehåller en mängd data, inkluderande *Loc* som visar om styrning är fjärr eller lokal, *OpCnt* som räknar antalet styrningar och *Pos* som visar brytarläget.

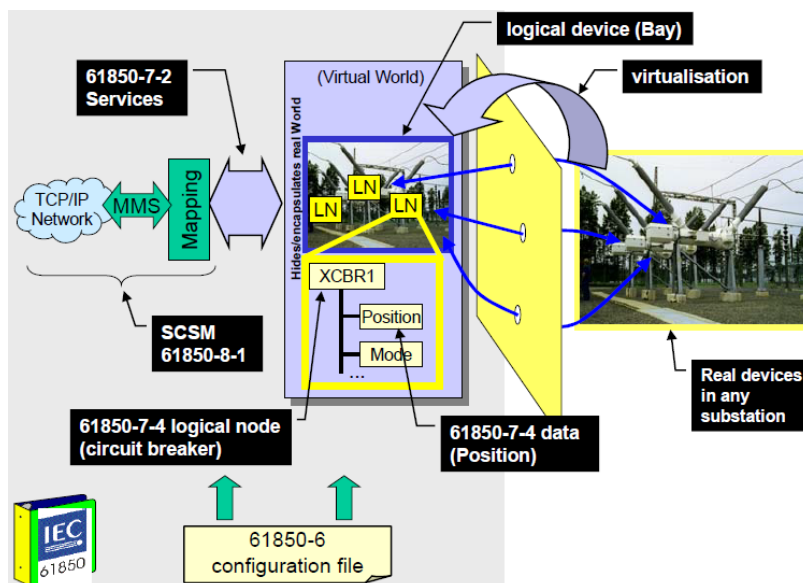


Figur 18. IEC-61850-objekt. /26/

Varje element av data i den logiska noden är anpassad enligt specifikation av CDC, Common Data Class, enligt IEC-61850-7-3. Varje CDC anger typen och strukturen av data i den logiska noden. Ett exempel av CDC:s för status information (Single Point Status), uppmätt information (Measured Value), kontrollstatus (Single Point Control) och analoga inställningar (Analog Input). Varje CDC har ett definierat namn och ett par egenskaper som innehåller, namn, typ och ändamål.

Varje egenskap i en CDC hör till en grupp av FC, Functional Constraint, som grupperar egenskaperna i kategorier. Det finns FC:er för status attribut (ST), styrning (CO), ersatt värde (SV), beskrivnings attribut (DC) och utökad definition (EX). Några exempel på data attribut (DA) är statusvärde (stVal), kvalitet (q) och tidsstämpel (t). /26/

Virtualisering av verkliga objekt i stationen är definierat i del 7 av standarden, se figur 19. Där data blir ordnat enligt modellen LD, LN, DO och slutligen DA. Objekten omvandlas till MMS-objekt som sänds i TCP paket över Ethernet, detta beskrivs i del 8-1 i standarden. /26/



Figur 19. Virtualisering av IEC-61850 objekt. /26/

4.4.6 Filtyper

Substation Configuration Language, SCL, heter konfigurationsspråket IEC-61850 använder. SCL är uppbyggt på Extensible Markup Language (XML) som är ett sidbeskrivningsspråk, som är ett format för hur koden ska struktureras. XML används bl.a. för webbsidor, men syntaxen behöver inte förstås för att använda SCL.

För en hel station finns Substation Configuration Description, SCD-filer som innehåller all data från en understation. En okonfigurerad IED-fil heter IED Capability Description, (ICD), medan en konfigurerad IED-fil blir Configured IED Description, (CID). I DEMVE har det använts mest CID-filer. I projektet kom det fram att ICD och CID har tolkats olika av tillverkare och skillnaden mellan dem har suddats ut.

```

</Services>
<AccessPoint name="S1">
  <Server>
    <Authentication />
    <LDevice inst="LD0">
      <LN0 lnClass="LLN0" inst="" lnType="ABBIED600_LLN0">
        <Private type="ABB FunctionRefs">98637c60-2fb4-484f-921d-6e85b21b89a1</Private>
        <DataSet name="StatNmrl">
        <DataSet name="StatUrg">
        <DataSet name="MeasFlt">
        <DataSet name="StatIed">
        <DataSet name="StatUrg_A">
        <DOI name="Mod">
        <DOI name="Beh">
        <DOI name="Health">
        <DOI name="NamFlt">
        <SettingControl numOfSGs="4" />
      </LN0>
      <LN lnClass="LPHD" inst="1" lnType="ABBIED600_REV1_LPHD">
      <LN prefix="DR" lnClass="RDRE" inst="1" lnType="ABBIED600_DRDRE">
      <LN prefix="DA" lnClass="RREC" inst="1" lnType="ABBIED600_DARREC">
      <LN prefix="PHL" lnClass="PTOC" inst="1" lnType="ABBIED600_PHLPTOC">
        <Private type="ABB FunctionRefs">3a46d010-2ebf-4a40-817f-40dec89071f2</Private>
        <DOI name="Mod" desc="Mode">
          <SDI name="Oper">
            <DAI name="ctlVal" sAddr="/INC/CO/Enum/+/none/Mod/App3.0C1_A.5.THIS.0.Mod,49,21" />
            <SDI name="origin">
              <DAI name="orCat" sAddr="/INC/CO/Enum/+/none/orCategory/App3.0C1_A.5.THIS.0.Mod,49,23" />
              <DAI name="orIdent" sAddr="/INC/CO/Octet64/+/none/+/App3.0C1_A.5.THIS.0.Mod,49,24" />
            </SDI>
            <DAI name="ctlNum" sAddr="/INC/CO/INT8U/+/none/+/App3.0C1_A.5.THIS.0.Mod,49,255" />
            <DAI name="T" sAddr="/INC/CO/TimeStamp/+/none/+/App3.0C1_A.5.THIS.0.Mod,49,200" />
            <DAI name="Test" sAddr="/INC/CO/BOOLEAN/+/none/+/App3.0C1_A.5.THIS.0.Mod,49,1" />
            <DAI name="Check" sAddr="/INC/CO/Check/+/none/+/App3.0C1_A.5.THIS.0.Mod,49,16" />
          </SDI>
          <DAI name="stVal" desc="Mode status parameter for 61850" sAddr="/INC/ST/Enum/+/dchg/Mod/App3.0C1_A.5.THIS.0.ModSt,152,29" />
        </DOI>
      </LN>
    </LDevice>
  </Server>
</AccessPoint>

```

Figur 20. En del av en REF630 .cid-fil

4.5 OPC

OPC är en standard som blev utvecklad år 1996, av en grupp som arbetade med industriautomation. Standarden specificerar kommunikationen i realtid mellan styrenheter från olika tillverkare. *“De fyller samma funktion inom automation, som drivrutiner till printrar gjorde för Windows”* /18/

4.5.1 Historia

OPC-specifikationen blev baserad på COM- och DCOM-teknologierna utvecklade av Microsoft för Windows operativsystemet. Specifikationen definierar en standard av objekt, gränssnitt och metoder i användning inom processtyrning och automationsapplikationer för att underlätta interoperabilitet.

De vanligaste OPC-specifikationerna är OPC Data Access (OPC DA), som används för att läsa och skriva data i real-tid. Då tillverkare hänvisar till OPC, så menas oftast OPC DA. OPC DA har undergått tre större förändringar sedan starten. Versionerna är kompatibla med varandra, så att en tredje versionens OPC-server kan bli öppnad med en första versionens OPC-klient. Detta då specifikationerna lägger till funktioner, men kräver ändå att de tidigare versionerna blir implementerade.

OPC blev utvecklat för att förse Windows baserade mjukvaruapplikationer och processtyrningshårdvara med en tolk. Standarden definierar konsistenta metoder för att komma åt data från enheter på processgolvet. En OPC-server för en viss hårdvaruenhet förser samma metoder för en OPC-klient att komma åt dess data och för varje annan OPC-server för andra enheter.

Målet var att minska på arbetsbördan för hårdvarutillverkarna, mjukvaruleverantörerna, SCADA-tillverkare och andra gränssnittstillverkare, samt att samtidigt öka samarbetet mellan dem. Då en hårdvarutillverkare hade utvecklat sin OPC-server för en enhet, så fick andra enheter tillgång till deras enhet genom en OPC-klient. Samtidigt då en SCADA-tillverkare hade utvecklat sin OPC-klient, så var den gjord för att ha tillgång till varje hårdvaruenhet som fanns.

OPC-servrar förser processtyrningsenheter, såsom en PLC, med en metod att få tillgång till data med hjälp av många olika mjukvarupaket. Förut så när ett paket behövde data från en enhet, så måste ett skraddarsytt gränssnitt eller en drivrutin skapas. Målet med OPC, var att definiera ett allmänt gränssnitt som blev utvecklat och återanvänt av alla industrier.

Det finns inget i OPC-specifikationerna som begränsar servern från att tillåta tillgång till en processtyrningsenhet. OPC-servrar kan utvecklas för allt möjligt, från att få arbetsbördan för en mikroprocessor till simpel temperaturmätning.

Då en OPC-server utvecklas för en specifik enhet, så kan den bli återanvänd av alla applikationer som kan fungera som en OPC-klient. OPC-servrar använder Microsofts OLE-teknologi för att kommunicera med klienter. COM-teknologi tillåter en standard för realtids information att bli utbytt mellan mjukvaruapplikationer och process hårdvara.

Det är viktigt att notera att vissa OPC-specifikationer blir publicerade, och andra är endast tillgängliga för medlemmar av OPC Foundation. Så även fast inget företag äger OPC och i princip vem som helst kan utveckla en OPC-server, så kan ickemedlemmar bli utan de allra senaste specifikationerna.

Alla kan integrera OPC-produkter, och det finns ingen förutsättning att systemutvecklaren måste tillhöra en viss organisation. Det är därför upp till varje företag som behöver OPC-produkter att se till att deras produkter är certifierade och att deras systemutvecklare har den nödvändiga utbildningen. /19/

4.5.2 OPC Foundation

Stiftelsen har idag 470 medlemmar från hela världen, och inkluderar nästan alla av världens större tillverkare av styrsystem. OPC-stiftelsens föregångare, var en arbetsgrupp bestående av Fisher-Rosemount, Rockwell Software, Opto 22, Intellution och Intuitive Technology. De lyckades utveckla en grundläggande, fungerande OPC-specifikation efter bara ett års arbete. /17/

En förenklad första versionens lösning blev släppt i augusti år 1996. Exempelkoden kom först, sedan specifikationen som dokumenterade koden. OPC-arbetsgruppen gjorde klart att allt var genomförbart och att de överträffade förväntningarna från alla tillverkare, detta för att minska ursäkter om att inte införa standarden.

Det handlade inte om meningslös akademisk övning utan om att utveckla teknologi, som flera tillverkare snabbt skulle införa.

OPC-stiftelsen har haft möjlighet att arbeta snabbare än många andra standardgrupper, då stiftelsens arbete bygger på existerande industristandarder. Andra grupper som har varit tvungna att arbeta helt från grunden, har haft svårare att få resultat.

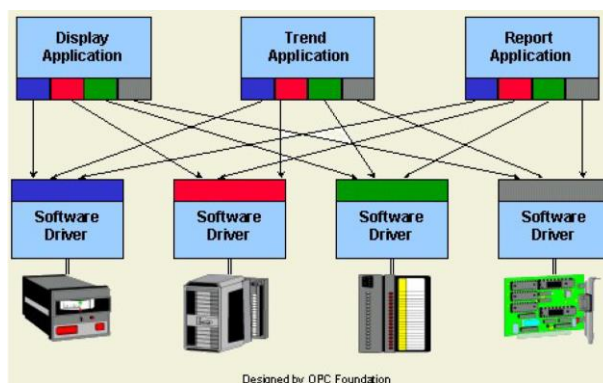
OPC började som ett initiativ från tillverkare, att lösa enkla drivrutinsproblem. Där SCADA-applikationer behövde en standardiserad väg att läsa och skriva data från enheter på industrigolvet.

Industriautomation och processtyrning standardiserades snabbt på OPC-teknologi. OPC blev den mest framgångsrika industristandarden att bli införd i industriautomation sett från ett mjukvaruperspektiv.

När OPC först bildades var tanken att hårdvarutillverkare alltid skulle utveckla OPC-serverrar för deras egen hårdvara, då de förstod alla detaljer om kommunikationen till och från deras enheter. HMI tillverkarna skulle då sedan utveckla OPC-klienter, och sedan skulle OPC tillförse dem med ett standardiserat gränssnitt för dem att arbeta tillsammans. Allt gick som planerat. Ett år efter att OPC släppts så hade flertalet tillverkare anpassat sina produkter för OPC.

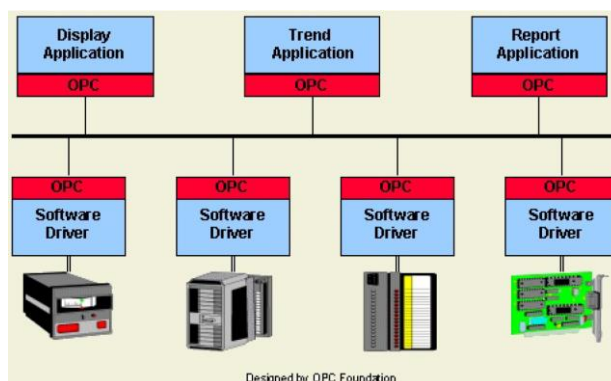
Tillverkare och systemutvecklare såg möjligheterna med att OPC öppnade dörrar för interoperabilitet. Mjukvarutillverkare började utveckla OPC-serverprodukter och till och med bättre serverrar för andra tillverkares hårdvara. Systemutvecklare började utveckla egna anpassade OPC-klienter, eftersom de fått ett sätt att lätt utveckla applikationer som kunde kommunicera med vilken hårdvara som helst på ett fabriksnivå. /17/

Exempel på hur kommunikationen skedde före och efter OPC:



Figur 21. Kommunikation innan OPC. /19/

Före OPC behövdes olika drivrutiner och mjukvarulösningar för kommunikation mellan varje enhet. I och med att OPC tillkom och fungerar som en tolk mellan alla enheter, behövs inte dessa längre, utan all kommunikation sker genom OPC.



Figur 22. Kommunikation efter OPC. /19/

Det finns idag, för det första, så kallade klassiska OPC-standarder:

OPC Data Access	Flyttar data i realtid från PCL:n, digitala styrsystem och andra styrenheter till HMI:s och andra displayklienter.
OPC Alarms & Events	Ger alarm och påminnelser på begäran (till skillnad från ett kontinuerligt informationsflöde som i OPC DA). Dessa påminnelser inkluderar processalarm, operatörsstyrningar, informationsmeddelanden och spårnings- och revisionsmeddelanden.
OPC Batch	Den här standarden specificerar gränssnitt för att visa utrustningens kapacitet och presentera operativa villkor.
OPC Data eXchange	Transporterar data från klient/server till server-server genom kommunikation på ethernet nätverk. Den här standarden förser flera tillverkare med interoperabilitet, fjärrkonfiguration och diagnostiserande- och övervakningstjänster.
OPC Historical Data Access	Förser tillgång till data som redan är sparad. Från ett enkelt dataloggningssystem till komplexa SCADA-system.
OPC Security	Specificerar styrklienters tillgång till fabriksprocessens servrar, för att skydda känslig information och för att skydda emot obehöriga förändringar av processparametrar. Alla OPC-servrar förser värdefull information till företaget, och om felaktigt uppdaterad, kan ha seriösa konsekvenser för processen.
OPC XML-DA	Förser flexibla och konsistenta regler och format för att underlätta fabriksdata att använda XML, och genom hävstångseffekten göra arbetet för Microsoft och andra XML-, SOAP- och webbtjänster enklare.
OPC Complex Data	Tillåter servrar att definiera mera komplexa datatyper, såsom binära strukturer och XML-dokument. Den här standarden specificerar Data Access och XML-DA.
OPC Commands	Specificerar ett nytt antal gränssnitt som tillåter OPC-klienter och servrar att identifiera, skicka och övervaka enheters styrningskommandon.

År 2007 påbörjades det en ny standards hierarki för OPC som kallas OPC UA, som står för Unified Architecture. Denna är en sammanslagning av alla de tidigare standarderna. Denna används inte här och tas därför inte upp. /24/

4.6 IEC-60870-5-104

IEC-60870-5-104, (IEC-104), är ett telekontrollprotokoll speciellt utvecklat för elkraftsstyrning med SCADA-applikationer. Kommunikationen sker på LAN, och är väldigt simpel att konfigurera.

4.6.1 Historia

IEC-60870-5 är en samling standarder för energisystems övervakning, styrning och kommunikation med SCADA. Den publicerades 1988 och har vidare utvecklats sedan dess. År 1995 publicerades protokollet IEC-60870-5-101, IEC-101, då användes låghastighetsserie kommunikation. Fem år senare, i slutet av år 2000, utkom IEC-60870-5-104 protokollet som däremot använde TCP/IP. /9/

Main Parts		
Reference	Description	Year
IEC 60870-1	General Considerations	1988
IEC 60870-2	Operating Conditions	1995
IEC 60870-3	Interfaces (electrical characteristics)	1989
IEC 60870-4	Performance Requirements	1990
IEC 60870-5	Transmission Protocols	1990
IEC 60870-6	Telecontrol Protocols Compatible with ISO and ITU-T-Recommendations	1995

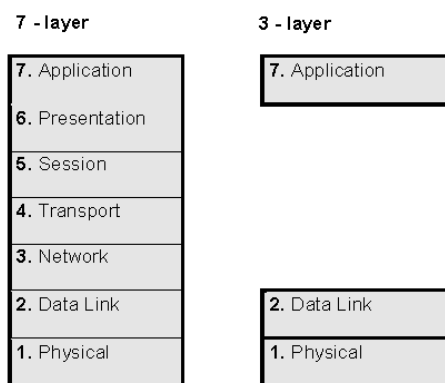
Sections of IEC 60870-5		
Reference	Description	Year
IEC 60870-5-1	Transmission Frame Formats	1990
IEC 60870-5-2	Link Transmission Procedures	1992
IEC 60870-5-3	General Structure of Application Data	1992
IEC 60870-5-4	Definition and Coding of Application Information Elements	1993
IEC 60870-5-5	Basic Application Functions	1995

Companion Standards of IEC 60870-5		
Reference	Description	Year
IEC 60870-5-101	Companion Standards for Basic Telecontrol Tasks	1995
IEC 60870-5-102	Companion Standards for Transmission of Integrated Totals	1996
IEC 60870-5-103	Companion Standards for Protection Communication	1997
IEC 60870-5-104	Network Access using Standard Transport Profiles	2000

Figur 23 Överblick över IEC-60870 /9/

4.6.2 Koncept

IEC-101 beskrivs genom en enklare 3-skiktmodell, *Enhanced Performance Architecture* eller EPA, i stället för OSI modellens 7-skikt. EPA består av fysiskt-, data link- och applikationsskikt. IEC-104 använder dock fem skikt, och definieras med hjälp av OSI-modellen. Det enda som de har gemensamt är det översta, applikationsskiktet, som är samma för båda protokollen. Även de två lägsta skikten är olika genom att IEC-104 kommunicerar på TCP/IP i stället för seriekommunikation. IEC-104 är på så sätt en blandning av IEC-101 och TCP/IP-protokollen. /9/ /23/

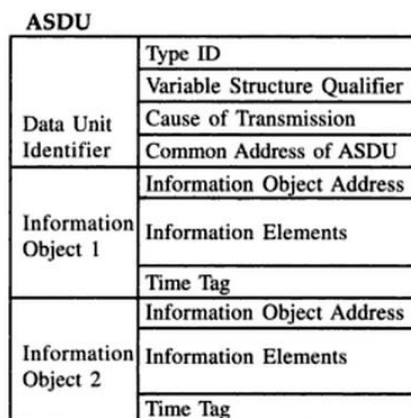


Figur 24. EPA- och OSI-modell.

Även fast IEC-104 protokollet kräver alla 7-skikt för att definieras, kräver det mindre programmering för kommunikation. Det beror att IEC-104 inte har alla funktioner som IEC-101 har, t.ex. stöder inte IEC-104 korta 3-bitars tidsstämplar. Dock kan vissa tillverkare blanda dessa protokoll, vilket kan leda till kommunikationsproblem ifall någon enhet är strikt med IEC-104 standarden. Som exempel har Norges stamnätsbolag Statnett hand en egen IEC-101 standard, för att undvika detta. /9/

4.6.3 Funktion

De fyra lägsta skikten transport – fysiskt sker helt enligt TCP/IP, och det översta applikationsskiktet definieras enligt IEC-101. Det femte och sjätte skiktet, session och presentation, används inte av IEC-104. Applikationen för IEC-101 består av application service data units, ASDUs, och application information elements. Det här betyder i praktiken att varje övervakad enhet, t.ex. RTU, har en common ASDU-adress. Processobjekts data, alltså styrkommandon ut och processinformation in, får en *information object address*. Som ingår i ASDU-datapaket som blir skickade över TCP/IP till ASDU adressen. Figuren nedan visar ett ASDU-paket.



Figur 25. ASDU-paket /9/

Fördelar med IEC-104 är att information kan skickas spontant, t.ex. mätvärden. Största fördelen med IEC-104 protokollet, är ändå att det stöds av TCP/IP. Som tillåter samtidig data överföring mellan flera enheter. Nackdelen är att data inte kan krypteras, vilket kan leda till dataintrång.

5 Utförande

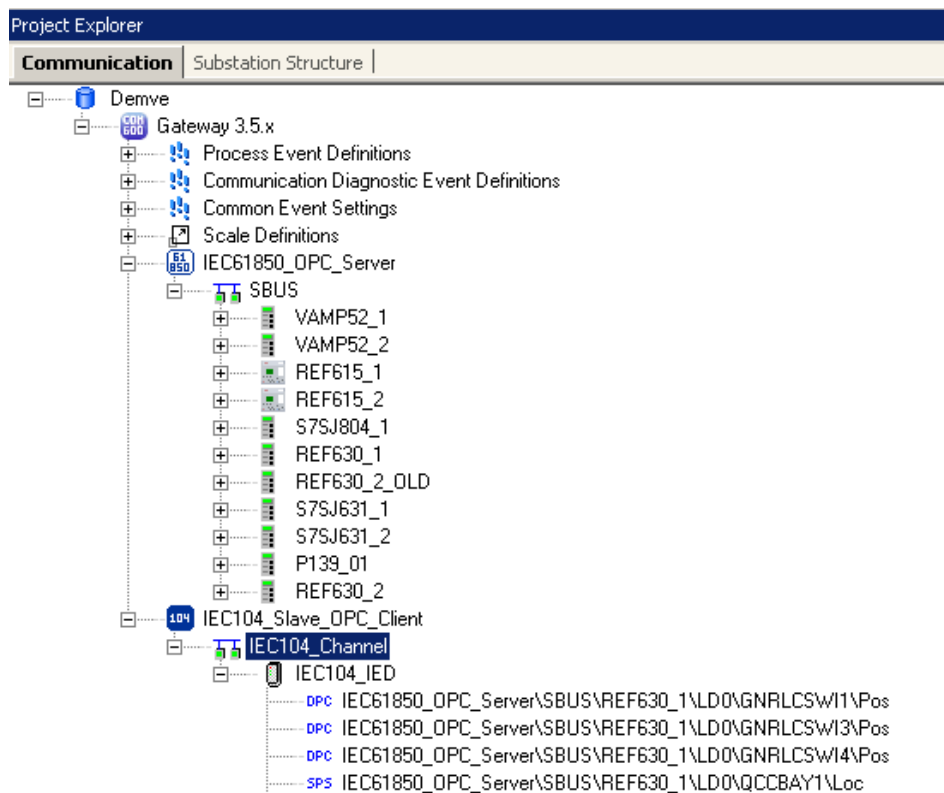
Det hela började med diverse skolningar vid ABB: IEC-61850 lektioner, COM600 konfigurering och MicroSCADA-konfigurering. Dessa var en bra grund, men gick ganska hastigt igenom allting. Eftersom allt var förberett för att underlätta undervisningen, var det svårt att få en uppfattning om hur det går till rent praktiskt. Från relä genom COM600 till MicroSCADA.

Datorerna blev beställda från Multitronic, det var inte möjligt att inhandla datorer som färdigt körde Windows 7 Professional 32-bit. Därför blev första uppgiften att installera om Windows på båda arbetsstationerna.

Efter att detta skett, skickades datorerna till ABB här i Vasa. Där de blev installerade med alla nödvändiga program, såsom IET600, MicroSCADA, PCM600 och SAB 600 med tillägs komponenter. Då datorerna var utrustade med alla program, så var det möjligt att på riktigt bekanta sig med mjukvaran.

5.1 COM600

Först byggdes systemet upp i COM600, vilket sker med SAB600. Där läggs först till en IEC-61850 OPC server, som kommunicerar direkt med varje IED, genom COM600's lokala IP-port. Sedan läggs till en IEC-104 slav klient, en IEC-104 kanal och en IEC-104 IED som tilldelas MicroSCADA PC:ns IP-adress.



Figur 23. DEMVE-kommunikationsstruktur för COM600.

5.2 VAMP

Efter konfigurerades kommunikationen från reläna, med tips från ABB så var det enklaste att börja med VAMP:s relän. VAMPSET är ett relativt simpelt konfigureringsprogram för VAMP-relän. Kontakt togs via ethernetporten på baksidan, man ställer in egen IP så kommunikation till standardadressen är möjlig. Sedan konfigureras först IP-adress för relät och IP för tidssynkronisering.

ETHERNET PORT	
Enable DHCP service	<input type="checkbox"/>
Enable IP verification service	<input type="checkbox"/>
IP Address	192.168.1.101
NetMask	255.255.255.0
Gateway	0.0.0.0
HTTP server	192.168.1.121
IP port for setting tool	23
TCP keepalive interval	0 s
Enable FTP server	<input type="checkbox"/>
FTP password	config
FTP max speed	4 kB/s
MAC address	001AD3005796

Figur 24. VAMPSET Ethernet ports konfigurering.

Sedan bestäms namnet för reläet, som måste överensstämja med det i COM600 senare. Här väljs också vilka dataset som ska kommunicera, eftersom vi inte har så många signaler räcker det med ett. Ifall man har många är det bäst att dela upp dem, så inte kommunikationen blir överbelastad.

IEC 61850 main config	
Port	102
Check upper addresses	No
AP ID	1.1.1.999.1
AE Qualifier	12
P Selector	00000001
S Selector	0001
T Selector	0001
IED Name	VAMP52_1
Delete dynamic datasets	-
Remove not valid LNs	-
ResvTms included in BRCBs	Yes
Control mode for object nodes	DirHlorSec
Type of BCR	32BIT
LLNO and LPHD DOs in datasets	
Dataset 1	Yes
Dataset 2	No
Dataset 3	No

Figur 25. VAMPSET IEC-61850 huvudkonfiguration.

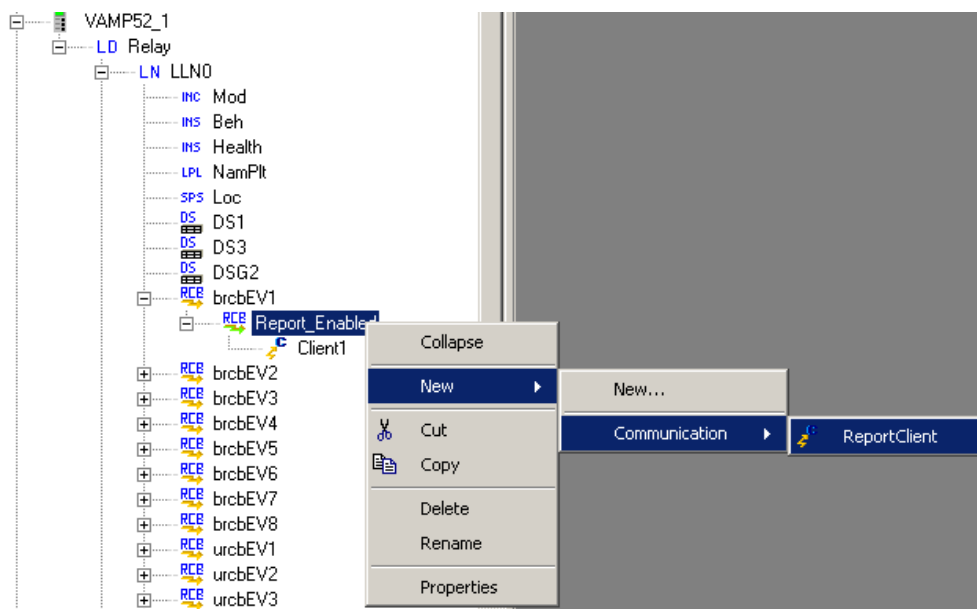
Sedan väljs alla signaler man vill ha med och vilket dataset de hör till. Här är Object 7, 8 och överströmsskydd med.

IEC 61850 data map						
Index	LN	Description	Dataset 1	Dataset 2	Dataset 3	In use
150	Obj6CSWI6	Object 6	No	No	Yes	No
151	Obj7CSWI7	Object 7	Yes	No	No	Yes
152	Obj8CSWI8	Object 8	Yes	No	No	Yes
153	OC1PTOC1	I>	Yes	No	No	Yes
154	OC2PTOC2	I>>	Yes	No	No	Yes
155	OC3PTOC3	I>>>	No	No	No	No
166	PS1SGGI029	Programmable stage 1 start	No	No	Yes	No
167	PS1TGGI037	Programmable stage 1 trip	No	No	Yes	No
168	PS2SGGI030	Programmable stage 2 start	No	No	Yes	No
169	PS2TGGI038	Programmable stage 2 trip	No	No	Yes	No
170	PS3SGGI031	Programmable stage 3 start	No	No	Yes	No
171	PS3TGGI039	Programmable stage 3 trip	No	No	Yes	No
172	PS4SGGI032	Programmable stage 4 start	No	No	Yes	No
173	PS4TGGI040	Programmable stage 4 trip	No	No	Yes	No
174	PS5SGGI033	Programmable stage 5 start	No	No	Yes	No
175	PS5TGGI041	Programmable stage 5 trip	No	No	Yes	No
176	PS6SGGI034	Programmable stage 6 start	No	No	Yes	No
177	PS6TGGI042	Programmable stage 6 trip	No	No	Yes	No
178	PS7SGGI035	Programmable stage 7 start	No	No	Yes	No
179	PS7TGGI043	Programmable stage 7 trip	No	No	Yes	No

Figur 25. VAMPSET IEC-61850 huvudkonfiguration.

Efter det exporteras en konfigurerad reläfil, vilket VAMP kallar ICD som egentligen står för ett okonfigurerat relä, som importereras i SAB600.

Efter import konfigureras reläet för kommunikation till COM600, vilket enkelt sker genom att sätta till "Client1" under det RCB som kommunicerar med dataset1, vilket är URCB1 och BRCB1. Vi väljer det buffrade BRCB1. Sedan laddas konfigurationen upp till COM600, och kommunikationen kan testas.



Figur 26. SAB600 VAMP52-kommunikation.

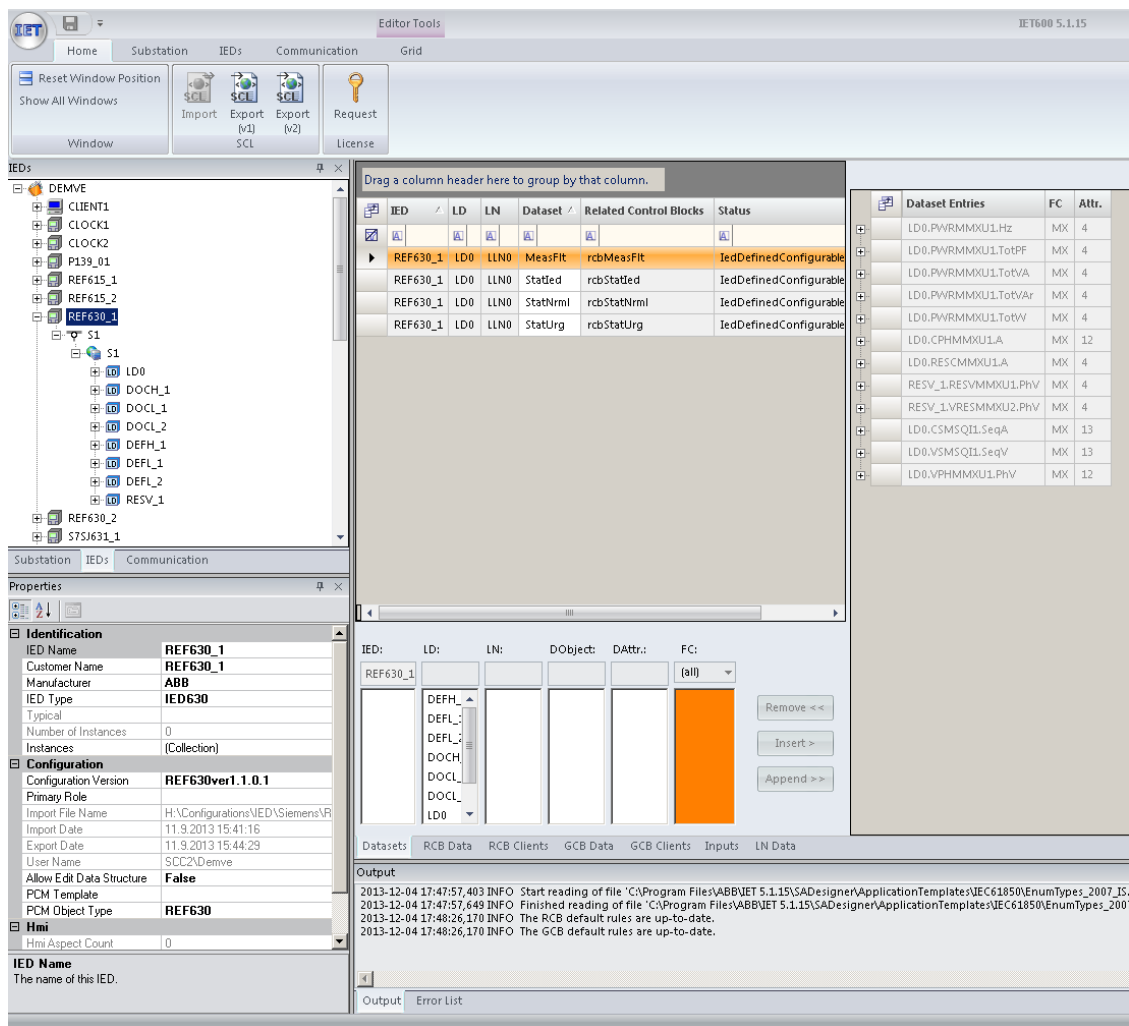
5.3 ABB Relion

ABB:s relän konfigureras med först med PCM600 sedan IET600. Med PCM tas kontakt till reläerna, sedan görs grundläggande kommunikationskonfigurering. Detta innebär IP-adress och *Technical key* som fungerar som namn på reläet.

[000] Appearance	
Caption	REF630_1
Description	Feeder Protection and Control REF630
[020] Addresses	
IP Address	192.168.1.201
IP-GATEWAY	192.0.2.1
IP-SUBNET	255.255.255.0
[030] Communication Control	
Connection Type	Fixed
[080] Authentication	
Is Authentication Disabled	True
Is Password used	False
Password	
[100] SCL Information	
Technical Key	REF630_1

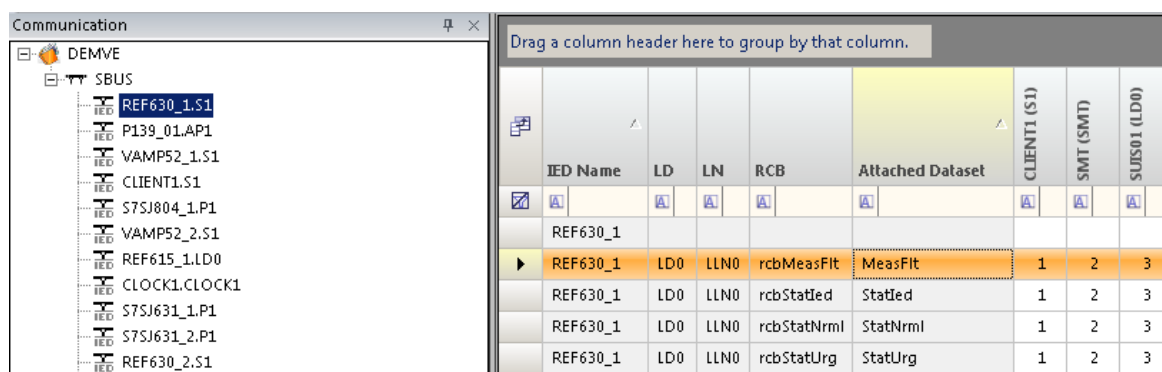
Figur 27. PCM600 REF630 kommunikationskonfigurering.

Sedan exporteras en .CID-fil som importeras till IET600, var signalkonfigureringen börjar. Först ser man till att få signalerna till datasets, och få dataset:en kopplade till RCBs.



Figur 28. PCM600 REF630 dataset-konfigurering.

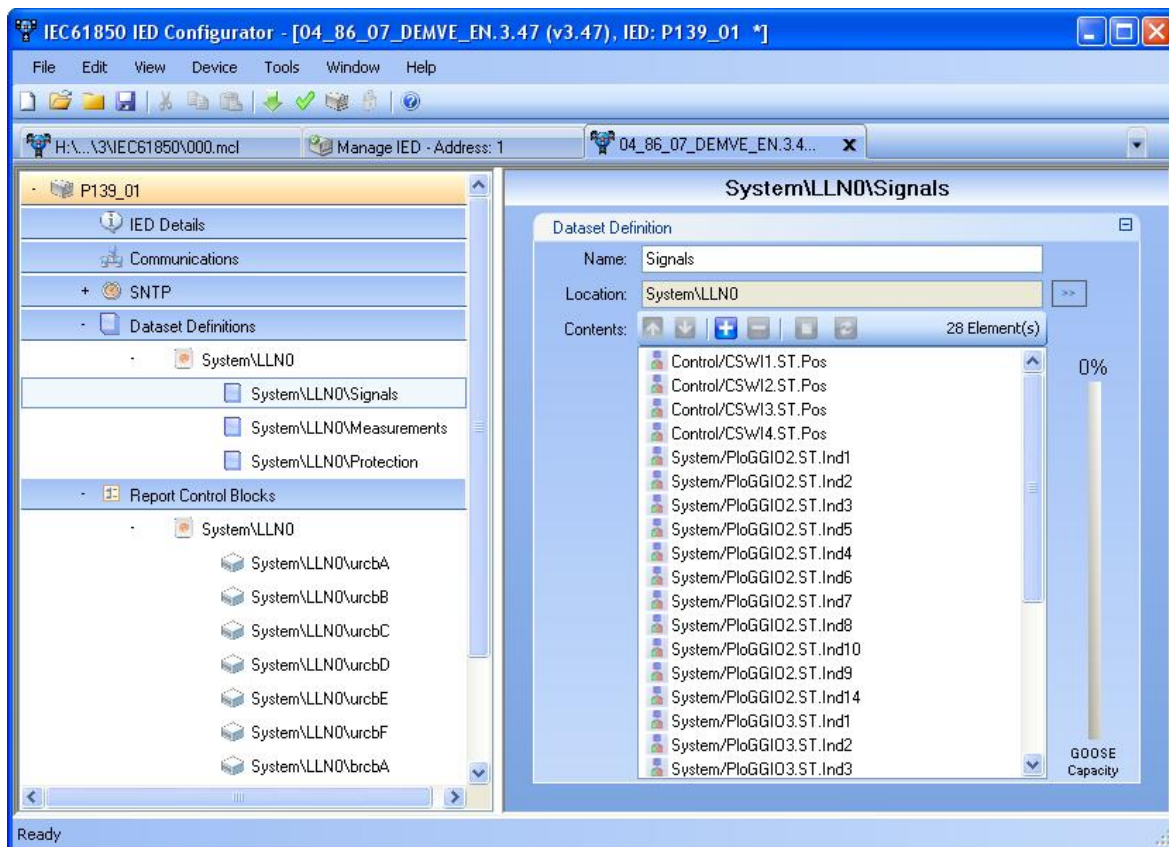
Sedan sätts *CLIENT1* d.v.s. COM600 till under de RCB:s som ska kommunicera med COM600. Relion serien klarar upp till 3 klienter per RCB. Sedan exporteras .CID-fil, som blir importerad i SAB600. Konfiguration i SAB600 är ej nödvändigt, eftersom det skedde i IET600.



Figur 29. PCM600 REF630 RCB-konfigurering.

5.4 Schneider Electric MiCOM

Kontakt tas med *MiCOM S1 studio* och i Schneiders *IEC-61850 configurator*, (hör till S1 Studio), väljs signalerna. Sedan exporteras en .cid-fil, som importerar i SAB600. Var klienten läggs till under RCBn.



Figur 30. *MiCOM S1 Studio IEC61850 configurator RCB-konfigurering.*

5.5 Siemens Siprotec

Kontakt till reläet tas med DIGSI ied konfigurationsverktyget, där man laddar upp konfigurationen från reläet. Sedan exporteras .cid fil, som importerar i IET600 där signalkonfiguration sker.

Communication

DEMVE

- SBUS
 - REF630_1.S1
 - P139_01.AP1
 - VAMP52_1.S1
 - CLIENT1.S1
 - S7SJ804_1.P1
 - VAMP52_2.S1
 - REF615_1.LD0
 - CLOCK1.CLOCK1
 - S7SJ631_1.P1
 - S7SJ631_2.P1
 - REF630_2.S1
 - SUIS01.LD0
 - REF615_2.LD0
 - SMT.SMT
 - CLOCK2.CLOCK2

Substation IEDs Communication

Properties

Identification

Access Point Name P1

Address

IP Address 192.168.1.203

MAC Address

Drag a column header here to group by that column.

IED Name	LD	LN	RCB	Attached Dataset	CLIENT1 (S1)	SMT (SMT)	SUI501 (LD0)
S7SJ631_1	MEA	LLN0	urcbA	Measurements	1		
S7SJ631_1	MEA	LLN0	urcbB	Measurements			1
S7SJ631_1	CTR	LLN0	urcbA	Control			1
S7SJ631_1	CTR	LLN0	urcbB	Control			1
S7SJ631_1	CTR	LLN0	brcbA	Control	1		
S7SJ631_1	CTR	LLN0	brcbB	Control			1
S7SJ631_1							

Figur 31. IET600 RCB-klienter till S7SJ631.

Siprotec kräver sedan att man laddar ner IEC61850 konfigurationen man gjorde i IET600 igen. Detta visade sig inte lyckas, eftersom den inte tog emot något filformaten man kan exportera från IET600. Detta problem är något som undersöks som bäst.

5.6 Tillbaka till COM600

Mellan alla IEC-61850 IEDs och IEC-104 IED sker korsreferens, var man adresserar varje signal som ska gå från IEDs till MicroSCADA. Det sker genom att man drar signalen till *Cross-References* och där adresserar den, som indikation, styrning eller mätning.

Project Explorer

Communication Substation Structure

Demve

- Gateway 3.5.x
 - Process Event Definitions
 - Communication Diagnostic Event Definiti
 - Common Event Settings
 - Scale Definitions
 - IEC61850_OPC_Server
 - SBUS
 - VAMP52_1
 - VAMP52_2
 - REF615_1
 - REF615_2
 - S7SJ804_1
 - REF630_1
 - LD LD0
 - LN LLN0
 - LN LPHD1
 - LN DRRDRE1
 - LN DARREC1
 - LN QCCBAY1
 - inc Mod
 - ins Beh
 - ins Health
 - LPL NamPlt
 - spc BlkCmd
 - spc BlkUpd
 - spc Loc

IEC104_IED - Cross-References

Active Filter: None

General DPC SPS WYE MV DEL

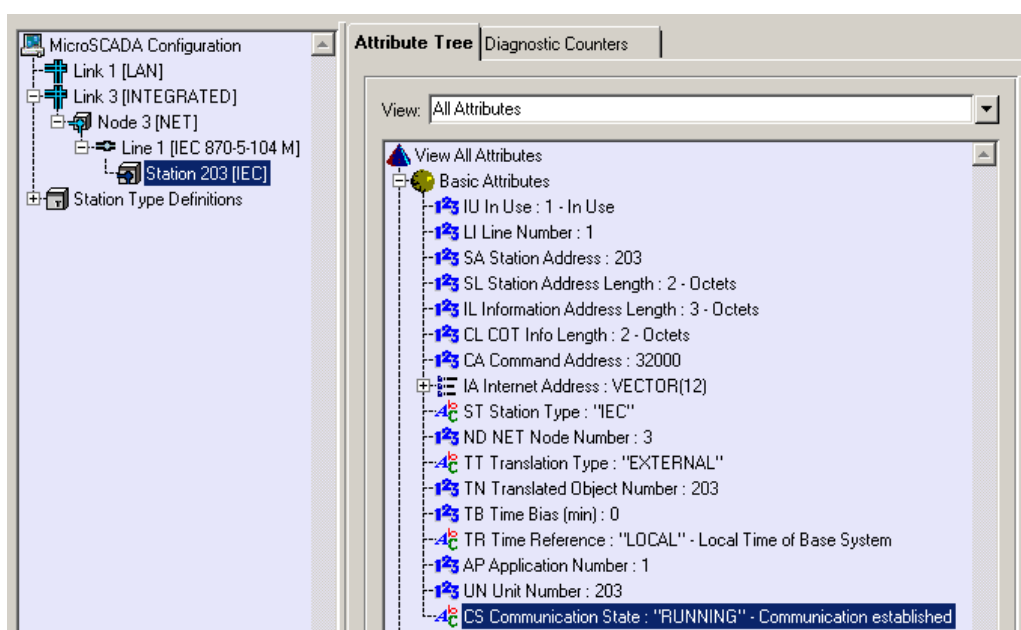
iedName	IdInst	InClass	doName	Description	61850-Type	Indication Addr	Priority	Class	Interrog:
IEC6185	CTR	LLN0	Loc	Local / Re	SPS	13101	0	1	1
IEC6185	CTR	LLN0	Loc	Single Poin	SPS	14101	0	1	1
IEC6185	LD0	QCCB	Loc	Local oper	SPS	21101	0	1	1
IEC6185	LD0	QCCB	Loc	Local oper	SPS	22101	0	1	1
IEC6185	CTR	LLN0	Loc	Control Aut	SPS	23101	0	1	1
IEC6185	CTR	LLN0	Loc	Control Aut	SPS	24101	0	1	1
IEC6185	Contr	LLN0	Loc	Single Poin	SPS	26101	0	1	1

Figur 32. Signaladressering i COM600.

Adresserna angavs enligt rack, ied och sedan vilken sorts signal det var frågan om såsom singel/dubbelindikering, singel/dubbelkommando och analog mätning, t.ex. 23203, rack 2, IED 3, dubbelindikering nummer 3. För signalerna gjordes en IO-lista, som innehåller signaltyp, adress o.s.v. hittas i bilaga 3.

Reläerna kom senare och dessa gick via VAMK som skötte reläinställningarna. Därför byggdes systemet först upp endast med allmänna .icd filer, som importerades med SAB600 till IEC-61850 OPC servern. Det var då inte möjligt att veta ifall reläkommunikationen skulle fungera.

I MicroSCADA skapades en nod, en IEC-104 huvudlinje, med en IEC-104 station under en integrerad länk. Stationen tilldelades COM600's externa IP-adress. I MicroSCADA ser man snabbt om man har kontakt med COM600, vilket inte var något problem. Ses i figur 33.



Figur 33. Kommunikationen i MicroSCADA.

Sedan byggdes en processdatabas upp i *Object Navigator* med *Install Standard Function*, med hjälp av SA_LIB, vilket är ett bibliotek som innehåller ställverks komponenter. I processdatabasen angavs objektens adresser från IEC-104 slav OPC-klienten.

SAGR_INST/SAI_BAY2I - Standard Function

Attributes Programs Tools

STATION_NAME
RACK2

BAY_NAME
E06

P_OBJECT_LN
R2_E06

STATION_TYPE
IEC 870-5-101/104

DEFINE_ITEM_NAME

OPC_ITEM_PREFIX

OPC_LN_INSTANCES
0

CMD_PARAMETER
Double command

OUTPUT_STATUS

AUTHORIZATION_GROUP
MV_CONTROL

BAY_LR_IN_USE

BAY_LR_POLARITY
Local=0,Remote=1

IND_ANALOG_INPUT

IND_DOUBLE_BINARY

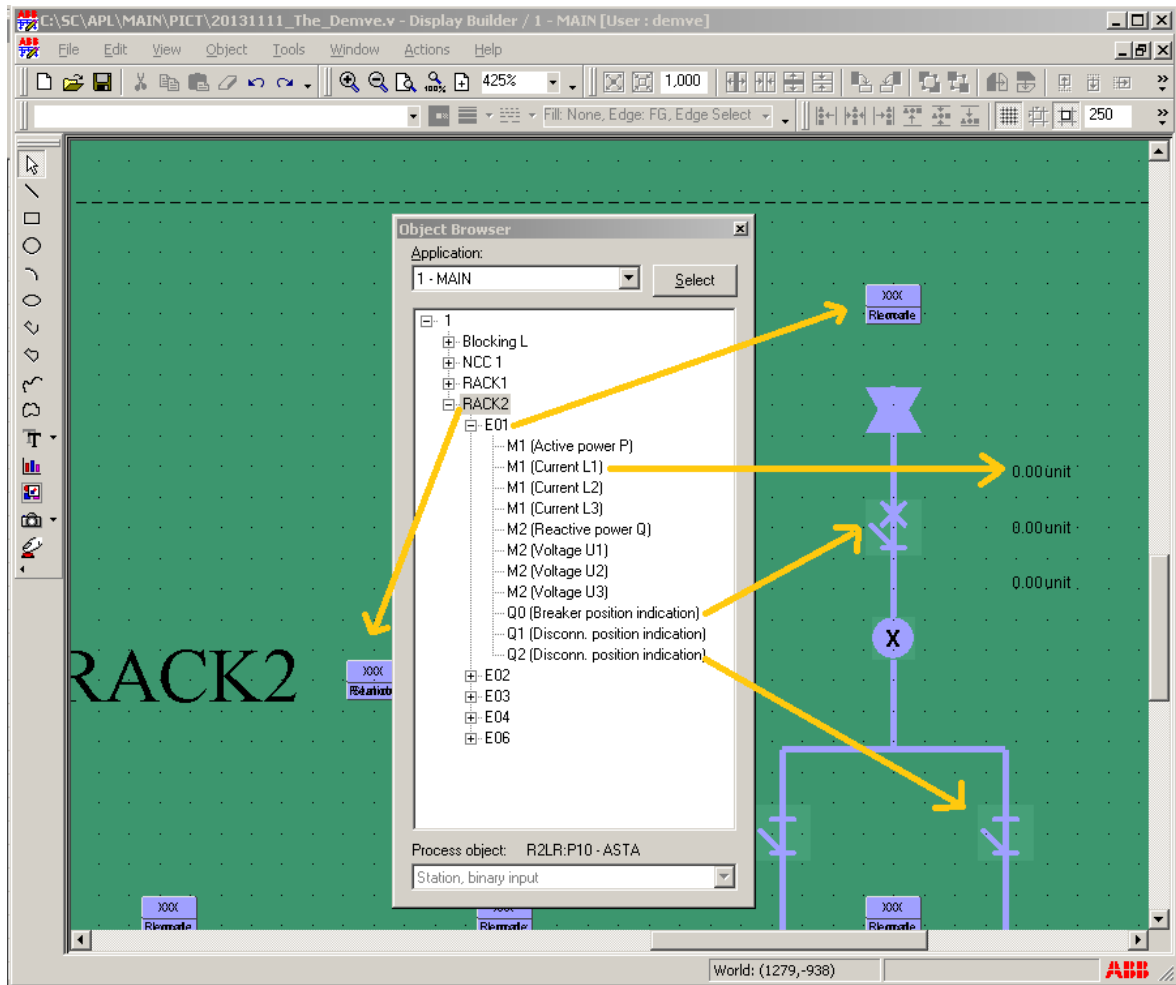
LR_REMOTELY_CONTROLLABLE

EVENT_RECORDING

OK
Cancel
Apply
Help...

Figur 34. Local-Remote indikation i SA_LIB.

Till sist ritades processbilden upp med *Display Builder* där man plockar ut de objekt man lagt till med *Install Standard Function*, varefter man kopplar ihop dem och ritlar upp skenan.



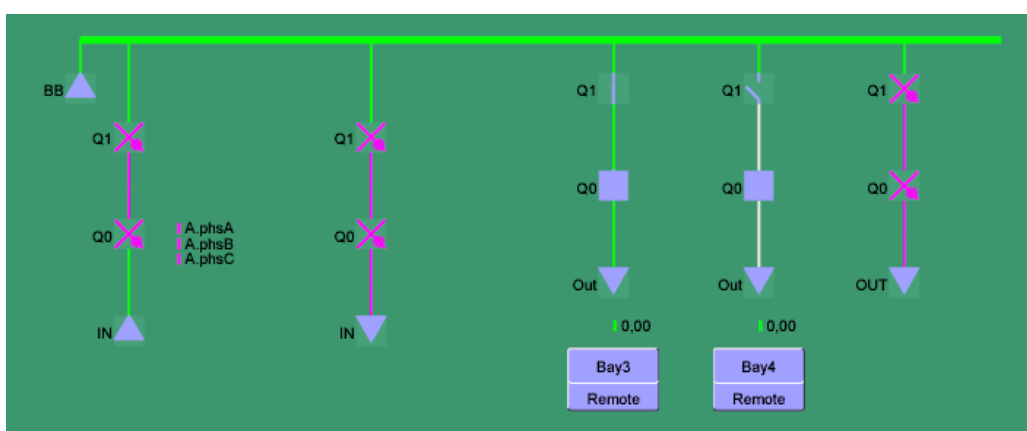
Figur 35. Display Builder i MicroSCADA.

6 Resultat och diskussion

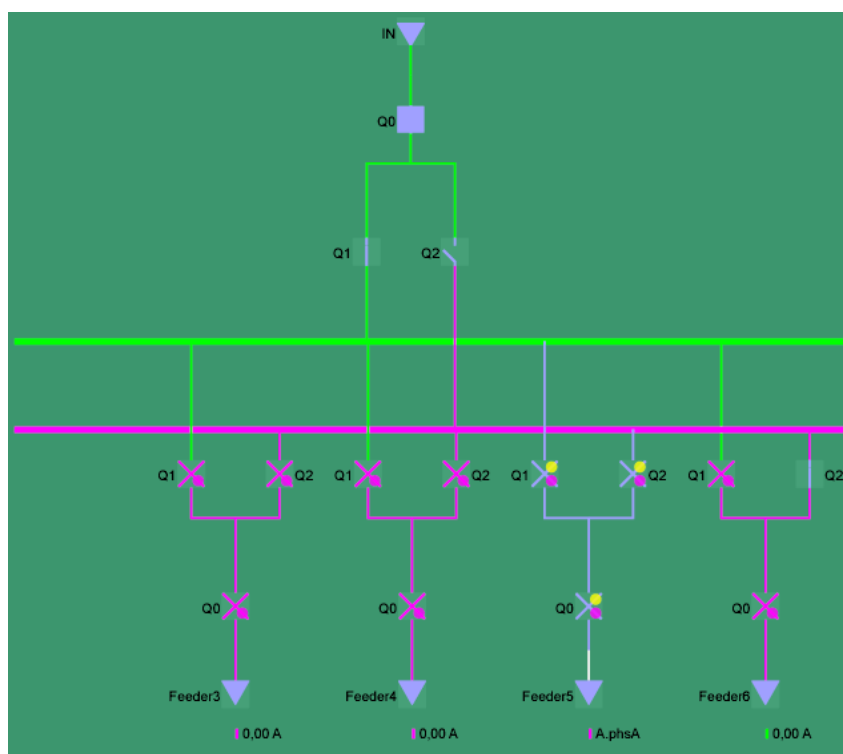
6.1 Resultat

Det bestämdes att de två första reläracken skulle prioriteras, eftersom det tredje rackets reläer i stort sett var samma som i de två föregående. I dessa två rack sattes koncentrationen på MiCOM, Relion och VAMP. Detta då kommunikationen till Siprotec inte fungerade korrekt.

En fungerande COM600-konfiguration gjordes för rack 1 och 2, detta då med IEC-61850 protokollet. Även HMI för COM600 blev programmerad, från vilken styrning och övervakning är möjlig. Detta fyller inte någon större funktion i DEMVE, förutom att testa att IEC-61850 styrningarna fungerar. I större elstationer är det vanligt med lokal HMI.

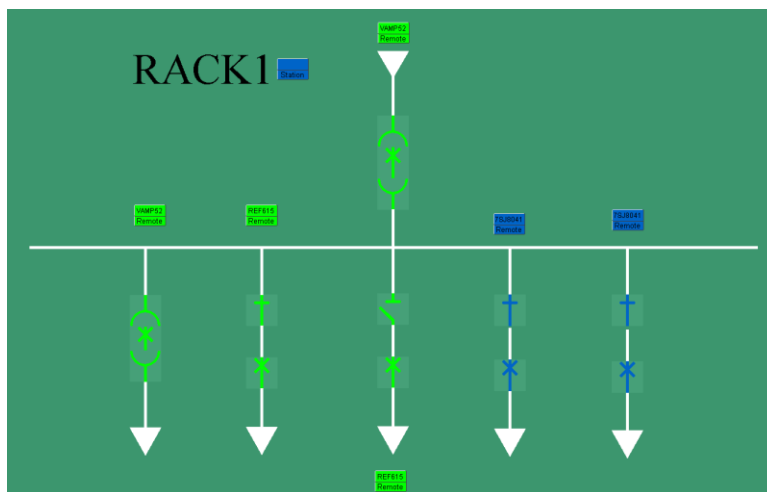


Figur 36. COM600 HMI Rack 1



Figur 37. COM600 HMI Rack 1

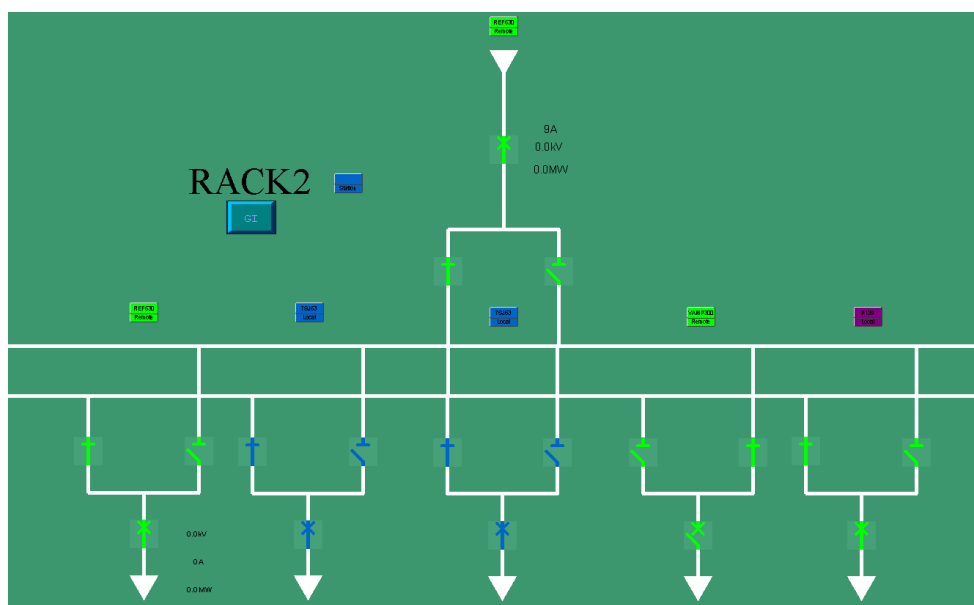
Förutom IEC-61850 kommunikation till COM600 gjordes även IEC-60870-5-104 kommunikation upp till MicroSCADA. Resultatet hittills är en processbild över de två racken, som kan övervakas och styras genom MicroSCADA. I rack nummer ett är de två sista fackens applikationsobjekt satta i manuellt läge, eftersom de ska knytas till två stycken Siprotec-reläer i ett senare skede.



Figur 38. Rack 1 processbild i MicroSCADA.

Matningsfacket och det första facket som består av två stycken VAMP 52, där konfigurerade med truckar i stället för frånskiljare, vilket leder till att endast brytaren är kontrollerbar från processbilden.

I rack nummer två är, förutom Siemens-reläer som inte är knytta till processen, kommunikationen till MiCOM P139 bristfällig. Indikation av brytaren och frånskiljarna fungerar. Men fackets fjärr-/lokalindikation är inte tillförlitlig. Styrning av brytaren eller frånskiljaren är heller inte möjlig.



Figur 39. Rack 2 processbild i MicroSCADA.

Förutom processbilden blev två stycken instruktionsmanualer gjorda på ca 20 sidor var. Den första går igenom hur man får kontakt från COM600 till relä genom IEC-61850. Sedan hur man programmerar HMI i COM600 och slutligen konfigurering för kontakt till MicroSCADA genom IEC-104.

Den andra hur man bygger upp kommunikation till en IEC-104 station i MicroSCADA. Hur man kontrollerar kommunikation till processobjekt och slutligen hur man bygger upp processbild. Dessa två manualer kommer att vara som grund för utbildningsmaterialet som ska göras för IEC-61850-utbildningstjänster i en miljö med flera leverantörer.

För signalerna gjordes en IO-lista, ett Excel-dokument som innehåller signalerna som går från reläerna till MicroSCADA. IO-listan innehåller IP-adresser, signaltyp, signaladress, IEC-61850 objekt o.s.v., vilken kommer fyllas på med signaler från rack 3, och senare rack 4. Rack 4 innehåller hittills en Siemens-pekskärm, där det ska simuleras gasgeneratorer och senare ska även solpaneler kopplas hit.

Asema	Jännite	Kemno	Kohti	Selitte	Tunnus	Kommentti	Kiinni I	Auki O	Arvo	Signalityyppi: Kauko Kiinni Väljännite Mittaus	SPS-Signaal DPS-Double Point Status DPC-Controls MittausIndication	IEC 61850 NodeId	SPS-remote
RACK2	20kV	E01	-A1	LocalRemote	RACK220kV E01-A1 LocalRemote					Indikointi	SPS	LD0LCo	
RACK2	20kV	E01	Q0	Katkaisija	RACK220kV E01Q0 Katkaisija	Pak-allinen	Kauko			Ohjaus	DPC	GNFL1	
RACK2	20kV	E01	Q0	Katkaisija	RACK220kV E01Q0 Katkaisija		Kiinni			Tilailieto	DPS	GNFL1	
RACK2	20kV	E01	Q1	Erotoin	RACK220kV E01Q1 Erotoin		Kiinni			Ohjaus	DPC	GNFL3	
RACK2	20kV	E01	Q1	Erotoin	RACK220kV E01Q1 Erotoin		Kiinni			Tilailieto	DPS	GNFL3	
RACK2	20kV	E01	Q2	Erotoin	RACK220kV E01Q2 Erotoin		Kiinni			Ohjaus	DPC	GNFL4	
RACK2	20kV	E01	Q2	Erotoin	RACK220kV E01Q2 Erotoin		Kiinni			Tilailieto	DPS	GNFL4	
RACK2	20kV	E01	-A1	Virta I1	RACK220kV E01-A1 Virta I1			A		Mittaus	AI	I3pMMXU1	
RACK2	20kV	E01	-A1	Virta I2	RACK220kV E01-A1 Virta I2			A		Mittaus	AI	I3pMMXU1	
RACK2	20kV	E01	-A1	Virta I3	RACK220kV E01-A1 Virta I3			A		Mittaus	AI	I3pMMXU1	
RACK2	20kV	E01	-A1	Pääteteho P	RACK220kV E01-A1 Pääteteho P			kV		Mittaus	AI	PGSpMMXU8	
RACK2	20kV	E01	-A1	Jännite U1	RACK220kV E01-A1 Jännite U1			kV		Mittaus	AI	U3pMMXU5	
RACK2	20kV	E01	-A1	Jännite U2	RACK220kV E01-A1 Jännite U2			kV		Mittaus	AI	U3pMMXU5	
RACK2	20kV	E01	-A1	Jännite U3	RACK220kV E01-A1 Jännite U3			kV		Mittaus	AI	U3pMMXU5	
RACK2	20kV	E01	-A1	Loisteho Q	RACK220kV E01-A1 Loisteho Q			kVar		Mittaus	AI	PGSpMMXU8	

Figur 40. REF630_1 i IO-listan

6.2 Diskussion

Jag var bekant med MicroSCADA sedan tidigare, då jag arbetat ett par somrar vid ett energiverk på deras driftcentral. Där använde jag MicroSCADA som operatör, vilket inte visade sig vara till så stor hjälp. Då operatören övervakar kraftverk och elstationer, är elförsörjningen prioriterad. Inte desto mer applikationens uppbyggnad, eller genom vilka protokoll kommunikationen använder sig av i elstationer.

Tyvärr blev beställningstiden för reläerna väldigt lång, som ledde till att VAMK, som skulle göra reläkonfigurationerna, blev försenade, vilket i sin tur ledde till att hela projektet blev försenat. Den första sommaren jag arbetade med projektet, gjordes alla COM600 konfigurationer utan reläer. Det var bra med övning till en viss grad, men det fanns ingen garanti att konfigurationen skulle fungera, vilket tyvärr visade sig att den inte gjorde.

Datorn som valdes till MicroSCADA var liten och behändig, så den passade bra som rackmodell. Det var i början tal om en KVM-switch, men i slutänden skulle det ha varit klokt med en som stöder HDMI för koppling till 60" bildskärmarna.

Tack vare diverse diagnostiseringsverktyg är COM600 är mycket tacksam som gateway, då man kan övervaka all IEC-61850 kommunikation och IEC-104 kommunikation. På så vis ser man enkelt om problemen ligger på IEC-61850 sidan eller IEC-104 sidan, utan att behöva extern analysator. Å andra sidan p.g.a. dess omfattning, blir konfigurationen mera invecklad än t.ex. RTU eller PLC.

Eftersom projektet involverar många personer från flera högskolor, har det ibland varit svårt att veta precis vem som ska göra vad. Det är också svårt att dra gränsen var reläkonfigurationen slutar och var reläkommunikationskonfiguration börjar. För vissa tillverkare är reläkonfigurationsverktyget samma som reläkommunikationsverktyget (VAMP) och för andra används skilda verktyg (ABB).

Efter ABB:s kurser kunde man grunderna, men eftersom allt går enligt schema där var det svårt till först att förstå hur stor del felsökning egentligen är. Det är även svårt att läsa sig till det, eftersom manualerna kan vara på flera hundratals sidor.

Först efter att jag arbetat på annat håll inom andra IEC-61850 projekt med elstationskommunikation, kändes det som saker började klarna. Inom dessa projekt användes tyvärr endast reläer från ABB och VAMP, vilket ledde till att man blev mycket bekant med dem. Nu vet man i vilken ända man ska börja söka ifall signaler fattas. Felsökning känns också som en naturlig del i IEC-61850 projekt p.g.a. standardens omfattning.

Genom att IEC-61850 specificerar hur data ska organiseras och inte endast hur den ska skickas, så blir den komplexare än andra protokoll, vilket leder till att risken ökar för misstag i konfigureringsprocessen.

Jag har själv inte läst den kompletta standarden, men fann vissa kapitel vid Tritonia. Det var dock ganska lönlöst att börja i den änden, eftersom språket är väldigt tekniskt. Nyttigare var nog avhandlingar och essäer som behandlade standarden.

Det som gav mest i slutändan var nog att få arbeta i de andra IEC-61850-projekten, då med hjälp av folk som arbetat med standarden i flera år. Nyttigt också att få se hur projekt går till i praktiken, där det är bestämt vem som ska göra vad och inga oklarheter.

7 Källförteckning

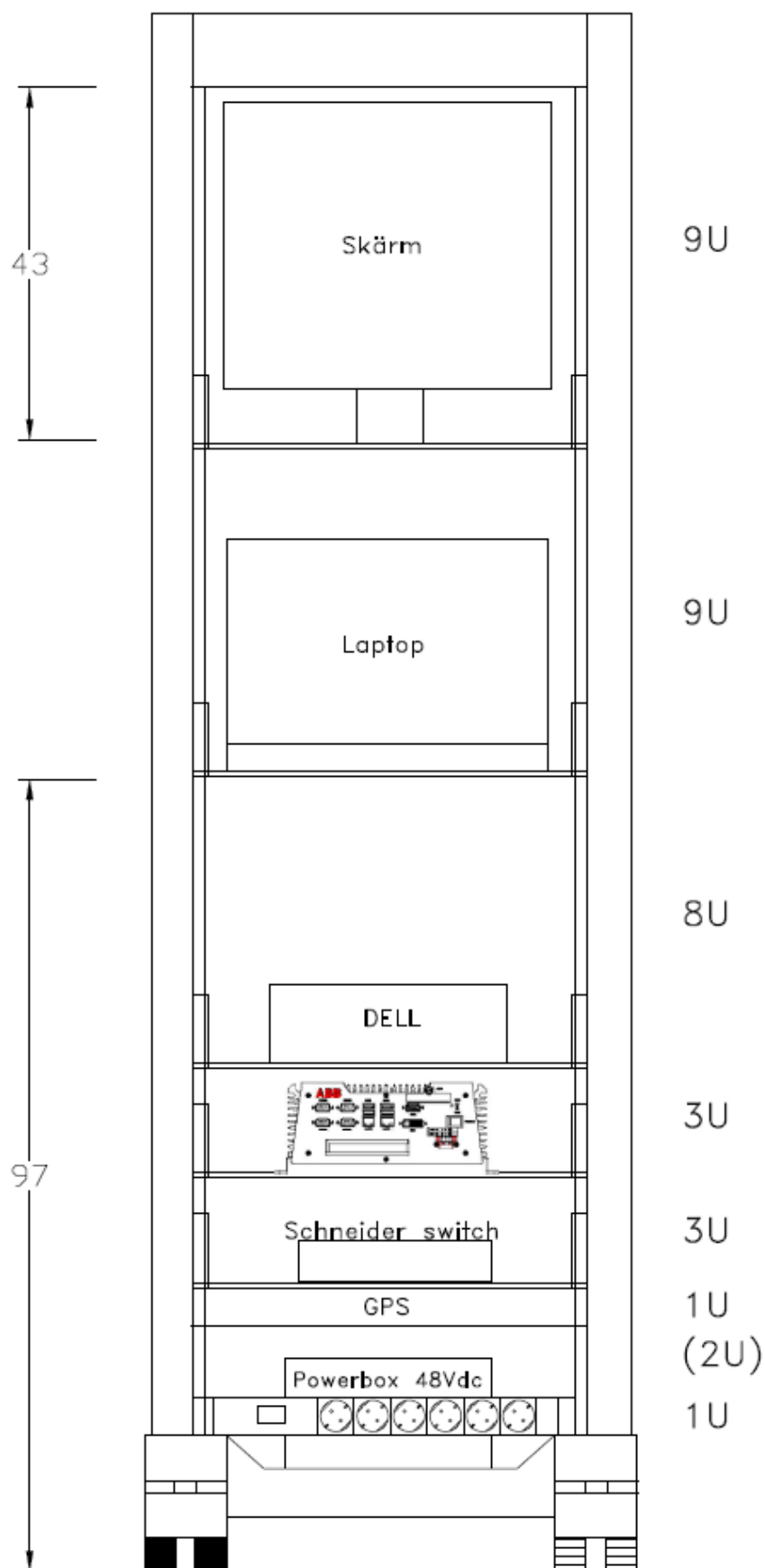
- /1/ ABB Oy Substation Automation Products.
Power automation with industrial design (2009)
MS_SYS600C_broch_756833_HRENb.pdf (CD-ROM)
- /2/ ABB Oy Substation Automation Products.
Protection and Control IED Manager PCM 600 Product Guide(2009)
PCM600_2.4_pg_756448_ENg.pdf (CD-ROM)
s.3
- /3/ ABB Oy Substation Automation Products
SYS 600 9.3 IEC-61850 System Design (2010)
SYS_600_IEC 61850 System Design_756664_Ena.pdf (CD-ROM)
s.12-14
- /4/ ABB Oy Substation Automation Products
SYS 600 9.3 System Configuration (2010)
SYS_600_System_Configuration_756646_Ena.pdf (CD-ROM)
- /5/ ABB Oy Distribution Automation
Station Automation COM600 3.5 User's Manual (2011)
COM600_3.5_usg_756125_ENh.pdf (CD-ROM)
s. 15-20, s. 47-51
- /6/ Baigent. D, Adamiak. M & Mackiewicz. R
IEC-61850 Communication Networks and Systems In Substations:
An Overview for Users (2004)
store.gedigitalenergy.com/faq/documents/general/iec61850.pdf
(Hämtad: 19.7.2012)
- /7/ "Bughunter" *A graphic representation of the Internet Protocol Stack according to RFC 1122* (2009)
<http://commons.wikimedia.org/wiki/File:InternetProtocolStack.png>
(Hämtad: 18.7.2012)
- /8/ Cegrell. T & Sandberg. U (1994) *Industriella Styrssystem*. Borås: SIFU AB
- /9/ Clarke, G. & Reynders, D.
Practical Modern SCADA Protocols: DNP3, 60870.5 and Related Systems (2004)
England: British Library Cataloguing in Publication Data
- /10/ Donovan J. *Roving Reporter: Substation Automation Puts the Smarts in the Smart Grid* (2013)
<http://embedded.communities.intel.com/community/en/applications/blog/2013/04/01/roving-reporter-substation-automation-puts-the-smarts-in-the-smart-grid>
(Hämtad: 23.11.2013)

- /11/ Fingrid Oy.
Elsystemet i Finland
<http://www.fingrid.fi/sv/kraftsystem/allm%C3%A4n%20beskrivning/elsystemet%20i%20Finland/Sidor/default.aspx>
- /12/ Hauben R.
From the ARPANET to the Internet (2001)
http://www.columbia.edu/~rh120/other/tcpdigest_paper.txt (Hämtad: 19.7.2012)
- /13/ ITU-T
Information Technology – Open Systems Interconnection- Basic Reference Model: The basic model. (1994)
http://www.itu.int/rec/dologin_pub.asp?lang=e&id=T-REC-X.200-199407-I!!PDF-E&type=items (Hämtad: 31.7.2012)
s. 28-32, s. 46-49
- /14/ Kirrmann H.
Device Management Protocols (2010)
lamspeople.epfl.ch/kirrmann/Slides/AI_420_MMS.ppt (Hämtad: 20.7.2012)
- /15/ MEINBERG
LANTIME M600 GPS PTP Manual (2011)
http://www.meinberg.de/download/docs/manuals/english/m600_ptp.pdf
(Hämtad: 17.7.2012)
s. 8 och 16
- /16/ National Communication System
Supervisory Control and Data Acquisition (SCADA) Systems (2004)
http://www.ncs.gov/library/tech_bulletins/2004/tib_04-1.pdf (Hämtad: 16.7.2012)
- /17/ OPC Foundation
What is the OPC Foundation?
http://www.opcfoundation.org/Default.aspx/01_about/01_history.asp?MID=AboutOPC (Hämtad: 12.7.2012)
- /18/ Pankaj Bhatt, Roger P. Baldevia
Integrate IEDs with OPC technology (2005)
www2.selinc.com/techpprs/TP6193_RB-PB_20050328.pdf (Hämtad: 18.7.2012)
- /19/ Proudfoot D.
UCA and 61850 for dummies. (2002)
<http://www.nettedautomation.com/download/UCA%20and%2061850%20for%20dummies%20V12.pdf> (Hämtad: 23.11.2013)
- /20/ Schneider Electric
H35x/EN GL/C23 (2011)
[Schneider_Switch_H35x_EN_GL_C23.pdf](http://www.schneider-electric.com/switch/H35x/EN_GL_C23.pdf)
s.14-15

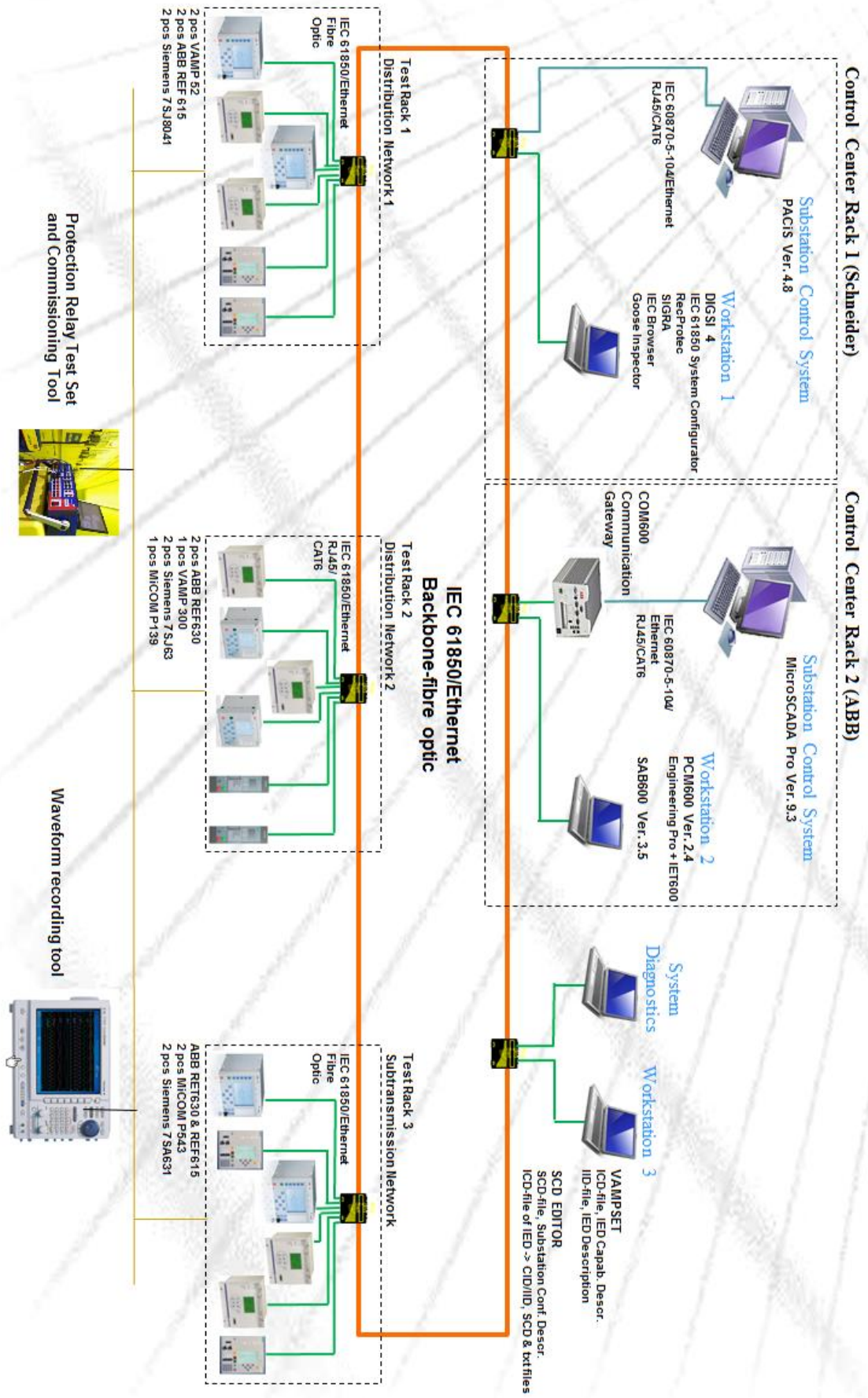
- /21/ Schwarz K.
Manufacturing Message Specification – ISO 9506 (MMS) (2008)
www.nettedautomation.com/download/MMS-R1-2_2008-02-26.pdf
(Hämtad: 20.7.2012)
- /22/ Stouffer, K., Falco, J. & Scarfone K. *Guide to Industrial Control Systems (ICS) Security* (2011)
<http://csrc.nist.gov/publications/nistpubs/800-82/SP800-82-final.pdf>
s.21 Figure 2-2.
- /23/ Weiqing, T., Xiong, C & Qiaoyun, Z.
Realization of IEC 60870-5-104 Protocol in DTU (2010)
<http://www.ijcee.org/papers/233-E277.pdf> (Hämtad: 11.12.2013)
- /24/ Wolfgang, M. Leitner, S-H. & Damm, M. (eds.) (2009) *OPC Unified Architecture*.
Berlin: Springer-Verlag
- /25/ Woodward D.
The how's and whys of Ethernet networks in substations (2001)
www2.selinc.com/techpprs/6115.pdf (Hämtad: 18.7.2012)
s.1-2, s. 18
- /26/ Zhangand, J. & Gunter, C.
IEC-61850 -Communication Networks and Systems in Substations:
An Overview of Computer Science (2009)
<http://seclab.web.cs.illinois.edu/wp-content/uploads/2011/03/iec61850-intro.pdf>
(Hämtad: 24.7.2012)
- /27/ Österbacka, CG
The Birth of MicroSCADA (2003)
[http://www05.abb.com/global/scot/scot229.nsf/veritydisplay/5e4989b705a357b9c2256d3a0025ecbe/\\$File/BirthOfMicroSCADA.pdf](http://www05.abb.com/global/scot/scot229.nsf/veritydisplay/5e4989b705a357b9c2256d3a0025ecbe/$File/BirthOfMicroSCADA.pdf) (Hämtad: 16.7.2012)

Bilaga 1

Control rack 2



Multi Vendor Environment Principle



Bilaga 3

DEMVE RACK 1

R1

Fack	Utrustning	IP	Namn
E01	VAMP 52	192.168.1.101	VAMP52_1
E02	VAMP 52	192.168.1.102	VAMP52_2
E03	ABB REF615	192.168.1.103	REF615_1
E04	ABB REF615	192.168.1.104	REF615_2
E05	SIEMENS 7SJ8041	192.168.1.105	7SJ8041_1
E06	SIEMENS 7SJ8041	192.168.1.106	7SJ8041_2

DEMVE RACK 2

R2

Fack	Utrustning	IP	Namn
E01	ABB REF630	192.168.1.201	REF630_1
E02	ABB REF630	192.168.1.202	REF630_2
E03	SIEMENS 7SJ63	192.168.1.203	7SJ63_1
E04	SIEMENS 7SJ63	192.168.1.204	7SJ63_2
E05	VAMP 300	192.168.1.205	VAMP300
E06	MiCOM P139	192.168.1.206	P139_01

DEMVE RACK 3

R3

Fack	Utrustning	IP	Namn
E01	SIEMENS 7SA631	192.168.1.301	7SA631_1
E02	SIEMENS 7SA631	192.168.1.302	7SA631_2
E03	MiCOM P543	192.168.1.303	P543_1
E04	MiCOM P543	192.168.1.304	P543_2
E05	ABB RET630	192.168.1.305	RET630
E06	ABB REF615	192.168.1.306	REF615