



Åtgärder för att minimera kommunikationsstörningar vid avläsning av elmätare via elnätet

Därnemyr Johan



EXAMENSARBETE
Elektroingenjör med inriktning mot elkraft
Institutionen för ingenjörsvetenskap

EXAMENSARBETE

Åtgärder för att minimera kommunikationsstörningar vid avläsning av elmätare via elnätet

Sammanfattning

Detta examensarbete tar upp frågan om kommunikationsproblem mellan de komponenter som ingår i ADDAX systemet, till största del de problem som uppstår mellan router och mätare. ADDAX systemet är uppbyggt på ett hierarkiskt vis med ADDAX server högst upp och mätaren längs ned. Systemet kommunicerar via PLC "power line communication". Uppgiften har varit att kartlägga hur mätsystemet fungerar, vilka geografiska problemområden som finns med avseende på kommunikations problem, lokalisering av störkällor, åtgärdning av dessa störkällor och framtagande av ett flödesschema som skall kunna användas av montörerna vid felsökning i systemet. Arbetet inleddes med att ta fram underlag för vilka områden som påverkas av störningar i elnätskommunikationen. Detta gjordes med hjälp av programmet "TC Meter Surv SA Edition 0.61" som arbetar mot ADDAX systemets databas för att se vilka mätare som är installerade och vilka som kommunicerar med systemet. Efter vissa problem togs två områden fram, ett på landsbygden och ett i centrala Grästorp. Vid mätning i dessa områden användes till en början två instrument, PL-monitor och HF+. HF+ visade sig vara överflödigt då samma information ges av PL-monitor båda versioner visar på vilka störningsnivåer som finns i elnätet. HF+ är mer svårtolkat då användaren själv måste ta ställning till informationen som visas medan PL-monitor enbart visar på den störning som stör ut kommunikationen. Då mätningarna genomförts och analyserats har det visat sig att programmet ej fungerat tillfredställande och att fel information om antal felaktiga mätare i de område som är beläget i centrala Grästorp, detta har resulterat i att en ny slutsats dragits där istället för en störning i LV nu problemet verkar ligga i MV. Kommunikations problemet på landsbygden kan troligtvis lösas med att installera filter hos de kunder vars mätare ej kommunicerar. Andra åtgärder som kan vara aktuella vid framtida kommunikationsproblem kan vara byta av kommunikations fas på mätaren, flytt av mätaren till matningsskåp, installation av repeterare eller att i samråd med kund få denna att stänga av störande utrustning vissa tider på dygnet. En slutsats som dragits av de erfarenheter som ackumulerats under projektets gång är att all mjukvara bör uppdateras och att master-routrar ersätts med en nyare version.

Författare:	Johan Därnemyr
Examinator:	Lars Holmblad
Handledare:	Anders Holgersson, Linjemontage i Grästorp AB
Program:	Elektroingenjör med inriktning mot Elenergisystem
Ämne:	Elektroteknik
Datum:	2009-02-10
Nyckelord:	ADDAX, Elnätskommunikation, Kommunikationsproblem, Mätning av störningar, PLC
Utgivare:	Högskolan Väst, Institutionen för ingenjörsvetenskap, 461 86 Trollhättan Tel: 0520-22 30 00 Fax: 0520-22 32 99 Web: www.hv.se

BACHELOR'S THESIS

Measures for minimising communication disturbances when reading electricity meters via the power grid

Summary

This report handles the issue of communication problems that appears between the components in the ADDAX system, mainly between the router and meter. The system is built around a hierarchy with the ADDAX server at the top and the meter at the bottom. The system uses the power grid as communication medium, this is called PLC "power line communication. The task has bin to se how the system works, witch geographical areas that have problems with communication, localization of source for the disturbing of the communication, attend to the disturbing and to make a flow chart that the electricians can use when they are conducting a measurement. A program called "TC Meter Surv SA Edition 0.61" was used for finding which areas that have problems with the communication. Two areas were chosen, one in the countryside and one in central Grästorps. The program firs showed that some meters where missing but when the measurements where don the program showed that all meters where missing. The reason for this problem is unknown. The problem in the central Grästorps area is not in the LV butt in the MV. The conclusion will be that al of the software must be updated and that the master routers could be replaced with a never versions before any new measurements are to be done. The power quality measurement instruments that has bin used are PL-monitor and HF+. On other conclusion that can bi don is that HF+ is superfluous because it chows the same information that PL-monitor dose but it's harder to interpret. In the area on the countryside the solution to the communication problem can bi to install a filter. Other solutions to PLC problems can bi to switch the phase the meter uses for communication, move the meter farther from the customer, installing a repeater or in consultation with the customer get him or here to turn of the devise that disturb the communication under some ours in a 24-hour period.

Author:	Johan Därnemyr		
Examiner:	Lars Holmblad		
Advisor:	Anders Holgersson, Linjemontage i Grästorps AB		
Programme:	Electrical Engineering, Electrical energy systems		
Subject:	Electrical Engineering	Level:	Basic level
Date:	February 10, 2009	Report Number:	2008:EL06
Keywords	ADDAX, PLC, PLC problems, elektrisk kvalitet		
Publisher:	University West, Department of Engineering Science, S-461 86 Trollhättan, SWEDEN Phone: + 46 520 22 30 00 Fax: + 46 520 22 32 99 Web: www.hv.se		

Förord

Alla bilder i rapporten används med tillåtelse från TC Connect och får ej kopieras.

Ett stort tack till er som gjort det möjligt för mig att genomföra mitt examensarbete

Linjemontage:

Anders Holgersson	Handledare
Henrik Höglund	Ägare av Linjemontage i Grästorp AB
Lisa Almhage	Dokumentations ansvarig
Hans-Olof Gunnarsson	Verkmästare
Emil Johansson	Montör
Lennart Andersson	Montör
Magnus Larsson	Montör

Grästorp Energi:

Annika Lunde	Nätadministration
--------------	-------------------

TC Connect:

Jan-Erik Andersson	Support TC Connect
Eugeniu Zaitsev	Support TC Connect

Metrum:

Johan Stenfeldt
Mikael Ingeldi

Innehållsförteckning

Fjärravlästa elmätare med inriktning på elnätskommunikation	Error! Bookmark not defined.
Sammanfattning.....	i
Summary	ii
Förord	iii
Innehållsförteckning	iv
Nomenklatur	v
1 Inledning.....	1
1.1 Bakgrund.....	1
1.2 Syfte och mål	1
1.3 Begränsningar	2
2 ADDAX.....	3
2.1 ADDAX Centralsystem.....	4
2.2 Router	4
2.2.1 Master-router.....	4
2.2.2 Router.....	5
2.3 Mellanspänningskommunikation	6
2.3.1 Bryggan.....	6
2.3.2 Ringen.....	7
2.4 Elenergimätare.....	8
3 Störningar och reglering av dessa i elnätet.....	10
3.1 EMC.....	10
3.2 Signal hämmande fenomen i el nätet.....	11
3.2.1 Brus	11
3.2.2 Dämpning.....	12
4 Dokumentering av Grästorps Energis elnät.....	13
5 Mätningar	15
5.1 PL-monitor	15
5.2 Metrum HF+	16
5.3 Mätning i labbmiljö.....	16
5.4 Mätning i fält.....	18
5.4.1 Område 1	19
5.4.2 Område 2	20
6 Resultat	22
6.1 Kartläggning av mätsystemet.....	22
6.2 Kartläggning av de geografiska områden som uppvisar störningar.....	22
6.3 Mätning i elnätet.....	23
6.4 Förslag på åtgärder för att eliminera eller minimera inverkan från störningar	23
6.5 Flödesschema	23
7 Slutsats	24
7.1 Rekommendationer till fortsatt arbete	24
Källförteckning	25

Bilagor

- A. Enlinjeschema för område 1
- B. Enlinjeschema för område 2

Nomenklatur

GTPE: Grästorps Energi

LV: low voltage lågspänning 0,4 [kV]

MV: middle voltage mellanspänning 6,10 eller 20 [kV]

PLC: power line communication elnätskommunikation

1 Inledning

Riksdagen har beslutat att alla elkunder skall faktureras efter faktisk månatlig förbrukning senast 1 juli, 2009. Detta innebär i praktiken att alla elmätare kommer att behöva fjärravläsas. Detta skapar vissa frågor om hur infrastrukturen för fjärravläsningen skall byggas och vilka för och nackdelar de olika systemen för med sig. Denna rapport tar upp problemen som kan uppstå med fjärravläsning genom elnätskommunikation med hjälp av ADDAX systemet.

1.1 Bakgrund

Grästorps Energi har köpt in mätsystemet ADDAX för att klara riksdagens krav på månatliga avläsningar. Systemet kommunicerar med två vägs PLC kommunikation, detta sker via elnätet både på låg- och mellanspännings sidan. En utförligare förklaring om hur systemet fungerar kommer att presenteras senare i rapporten. Grästorp Energi har i dagsläget problem med insamlingen av mätvärden från vissa områden i sitt elnät. Då kommunikationen sker i elnätet innebär detta att orsaken till problemen troligen består av störning eller dämpning av signalen i elnätet.

1.2 Syfte och mål

Som framgår av tidigare nämnda problem behövs en arbetsrutin för Grästorps Energis montörer att genomföra felsökningar av elnätskommunikationen och att åtgärda dessa problem på ett lämpligt sätt. Målet med denna rapport är att ta fram en arbetsrutin för montörerna och att komma med förslag på åtgärder som kan genomföras för att tillrättställa orsaken till problemet. Målet är uppdelat i fem delmål detta för att skapa en god översikt i projektet.

1. En kartläggning av hur mätsystemet fungerar vid olika spänningsnivåer samt frekvenser. Detta arbete görs i syfte att bestämma vilka mätsystem som kan förekomma för att dokumentera störningsnivåerna på kommunikationen.
2. En kartläggning av vilka geografiska områden som uppvisat störningar i insamlingen inom Grästorp Energis elnät. Detta arbete utförs genom att analysera historisk data i insamlingssystemet och sedan gruppera och sammanställa detta baserat på geografiska förutsättningar.
3. Påbörja fysiska mätningar i de områden som systemmässigt uppvisar störningar, detta arbete syftar till att försöka isolera storkällan i de olika områdena.

4. Framtagande av förslag på åtgärder i syfte att eliminera eller minimera effekterna av störningarna. Här kan åtgärder såsom installation av filter eller förändringar i jordningar av anläggningar m.m. ingå. Detta arbete syftar främst till att hitta standardiserade åtgärder att vidtaga i framtiden när vissa symptom uppstår.
5. Dokumentation av genomfört arbete samt slutsatser i form av ett flödesschema. Detta flödesschema är tänkt att användas av montörerna i det löpande arbetet med felsökning av systemet, här bör framgå vilka mätningar man bör göra baserat på vilka symptom som uppvisas systemmässigt. Vidare bör det framgå vilka standardåtgärder som kan vidtagas baserat på vad dessa mätningar resulterar i.

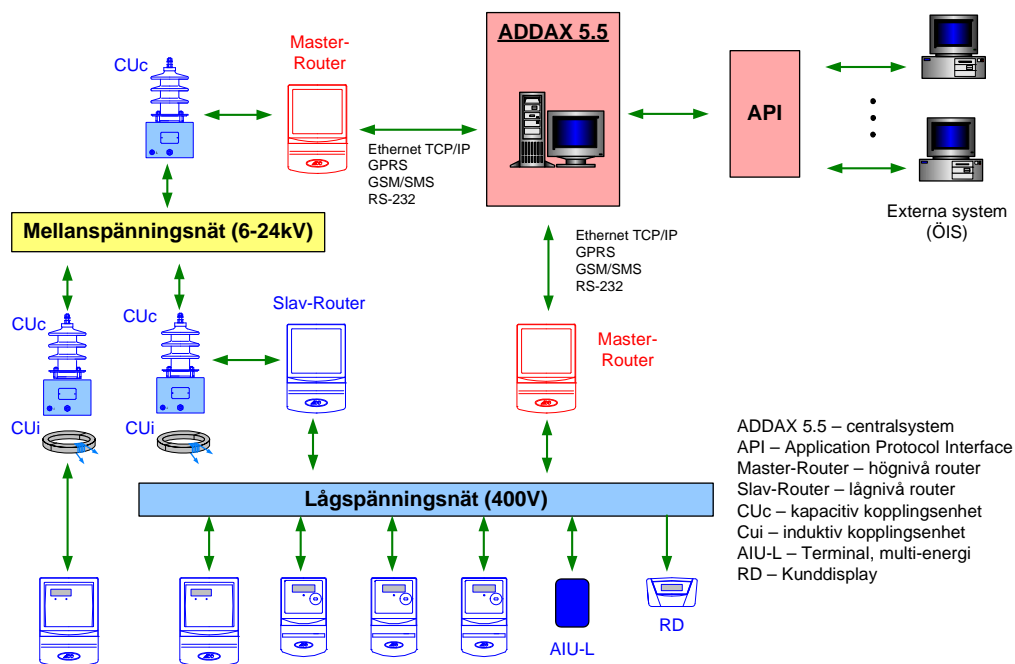
1.3 Begränsningar

Då Grästorps Energi inte kan ansvara för kundens anläggning kommer ingen kartläggning av störkällor att genomföras i syfte att bygga bort denna. Endast störningar som stör mätinsamlingssystemets kommunikations frekvens skall utredas. Fokus kommer att läggas på att isolera eller minimera störkällans inverkan på kommunikationen. Då enbart störkällor som verkar konstant under dygnets 24 h kan störa ut kommunikationen fullständigt kommer enbart dessa behandlas i denna rapport.

2 ADDAX

All information under rubrik 2 har givits till mig muntligen och i skriftlig form av Jan-Erik Andersson och Eugeniu Zaitsev på TC Connect.

Systemet tillverkas av ADD Grup s.r.l i Moldavien och importeras till Sverige av TC CONNECT. En av de största fördelarna med ett system som detta är att nätägaren äger mediet för kommunikationen och att alla kunder redan är anslutna. Som synes i Figur 1 har systemet en hierarkisk uppbyggnad med elenergimätaren längst ned och ADDAX server högst upp. Mätarna i lågspänningsnätet kommunicerar med routern via elnätet. Routern kommunicerar med master-routern via mellanspänningsnätet. Systemet är uppbyggt på ett sådant sätt att driftomkopplingar i nätet ej orsakar något problem. Då routern inte kan kopplas galvaniskt direkt på mellanspänningsnätet sköts kommunikationen via kapacitiv brygga eller induktiv ring.



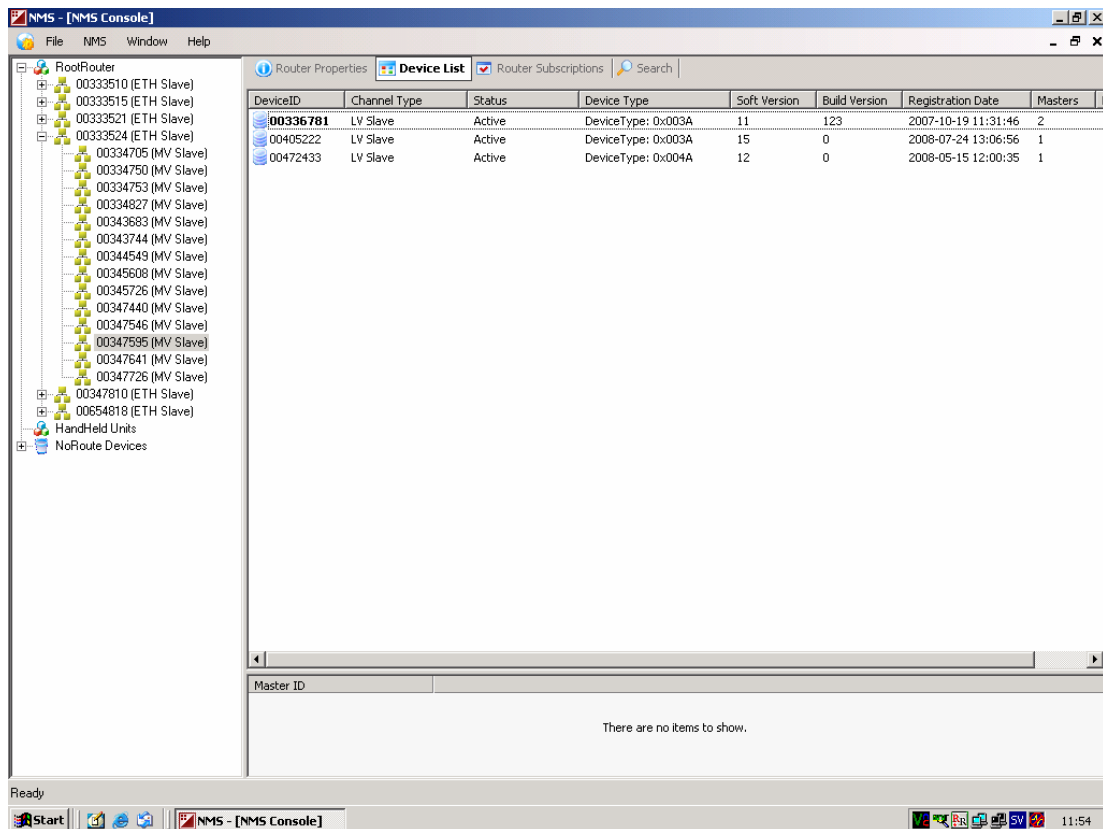
Figur 1 ADDAX systemets hierarkiska uppbyggnad

2.1 ADDAX Centralsystem

Centralsystemet består av två delar

ADDAX Client Application och Network Management System (NMS).

- I ADDAX Client Application finns alla mätare registrerade. Det är detta system som används vid avläsning och konfigurering av mätarna i systemet.
- NMS visar systemets infrastruktur och hierarki. I Figur 2 ser man hierarkin där master-routern kallad ETH Slave befinner sig högst för att sedan följas av routrarna och till sist vilken mätare som ligger under vilken router.



Figur 2 beskriver det grafiska gränssnittet på NMS

2.2 Router

Det finns i huvudsak två typer av router master-router och slave-router fortsättningsvis kallas router.

2.2.1 Master-router

Det är master-routern som tar ned informationen från mellanspänningen och vidarebefordrar denna till ADDAX centralsystem. Detta sker via GSM/GPRS, Ethernet eller CM.BUS. Enheten kan även sända information till utrustningen under sig i hierarkin. Master-routerns egenskaper kan ses i Tabell 1

2.2.2 Router

Har samma funktion som en vanlig router i ett datanät dvs. att bilda ett nätverk. I ADDAX fallet kallas dessa nätverk för ADDAX.Net. systemets routrar kan kommunicera via ett flertal olika medium så som Ethernet, GSM/GPRS, Mellanspännings lina/kabel, lågspännings lina/kabel, lokal radiofrekvens och nätverks kabel. Routern stödjer tvåvägs datakommunikation mellan alla ingående komponenter i systemet. Den detekterar automatiskt ny ansluten utrustning och synkroniserar klockan i densamma, klockan hålls sedan synkroniserad. Routern innehåller även ett buffertminne för data som mottagits från mätare, den tappar ej informationen vid spänningsbortfall. Då kommunikations bortfall mellan router och mätare uppstår så är det routern som försöker återuppta kontakten. Routern ansluts med tre faser och nolla till elnätet. Kommunikation i lågspänningsnätet sker med 43 respektive 49 kHz på alla faser detta beroende på vilken frekvens och fas som fungerar bäst. På mellanspänningsnätet är det 66 respektive 76 kHz som används också detta styrs av vilken av signalerna som fungerar bäst. Som tidigare nämnts använder routern en brygga eller ring för att sköta kommunikationen i ett mellanspänningsnät. Routers data kan ses i Tabell 1 och Tabell 2.

Tabell 1 Teknisk specifikation på Master-router och router

Parametrar	Master-router	Router
Referens spänning	85-400 V	230 V
Spännings område	85-400 V	220-240 V
Referens frekvens	50 (60) \pm 2.5 Hz	50 (60) \pm 2.5 Hz
Aktiv effekt förbrukning	5/12/20 W	5/12/20 W
Drifts temperatur	-40°C till +50°C	-40°C till +50°C
Produktlivscyklar	20 år	20 år

Tabell 2 Signal egenskaper vid elnätskommunikation

Parametrar	Lågspänning	Mellanspänning
Bärsignals frekvens	43 & 49 kHz	66 & 76 kHz
Min amplitud på insignal	400 μ V	4000 μ V
Amplitud på utsignal	1 V	18 V
Överföringshastighet	300 bps	4800 bps

2.3 Mellanspänningskommunikation

För att klara av kommunikationen på MV finns två varianter av kopplingsenheter

2.3.1 Bryggan

Se Figur 3, Figur 5 och Tabell 3. Bryggan ger en kapacitiv koppling mellan routern och nätet, beroende på modell kan man koppla in sig på ett nät med spänningen 6 – 24 [kV]. Bryggan är byggd för att vistas i utomhus miljö och har därför en kapslingsklassen IP64. Bryggan kopplas in på en av mellanspännings faserna och ansluts via signaltråd till routern. En brygga kan kommunicera över en sträcka på ca 5000 [m]. Då nätet innehåller flera stationer med router kan dessa fungera som repeterstationer dok max 7 gånger, detta ger en längsta kommunikations sträcka mellan master-router och brygga längst ut i nätet på 35 [km]. Det finns två varianter på brygga och vilken som väljs beror på nätats resistans och uppbyggnad, oftast handlar det om kabelnät eller friledningsnät.



Figur 3 Brygga

2.3.2 Ringen

Se Figur 4, Figur 5 och Tabell 3. Ringen ger en induktiv koppling mellan routern och nätet, den klarar en spänning på 6 – 24 [kV]. Det finns två metoder att ansluta ringen på, första är att koppla ringen runt hela kabeln och andra är att koppla runt jordflätan. Den senare gör att man kan förbind flera kablar till en ring genom att dra deras jordflätor genom ringen. Det går även att ansluta flera ringar parallellt till routern. Då ringen enbart brukas inomhus har den kapslingsklass IP61. En ring har en något lägre signalstyrka än bryggan, detta gör att dess maximala kommunikationsavstånd är 1500 [m], men även här går det att repetera signalen 7 gånger vilket resulterar i en längsta sträcka från ring längst ut i nätet till master-router på 10 [km]. Det går även att kombinera bryggor och ringar i ett nät, detta illustreras i Figur 5.



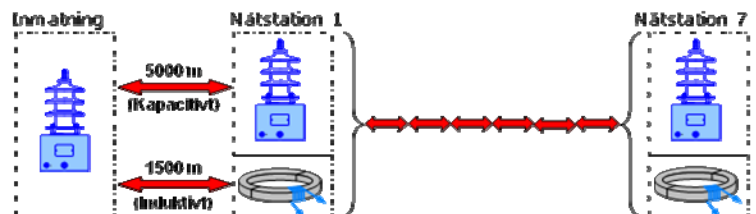
Figur 4 Ring

Tabell 3 Jämförelse mellan Brygga och Ring

Parametrar	Brygga kapacitiv	Ring Induktiv
Spänningsområde	6-24 kV	6-24 kV
Räckvidd på elnätet	7 X 5000 m (35 km)	7 X 1500 m (10 km)
Kapslingsklass	IP64	IP61



Fakta 1. Allmänt - Systemspänning: 6-24kV 2. Kommunikation - 4800 Baud - Räckvidd kapacitivt: 7x5000m (35km) - Räckvidd induktivt: 7x1500m (10km) - FSK: 66/76kHz



Figur 5 Jämförelse mellan Brygga och Ring

2.4 Elenergimätare

Mätarna finns i en mängd utföranden med t.ex. enfas, trefas, strömtransformatorer, fjärrbrytning och en mätartyp med knappsats där kunden betalar sin el i förskott. En jämförelse mellan de två vanligaste mätarna kan ses i Tabell 4. Dessa mätare har det gemensamt att de kommunicerar med routern via lågspänningsnätet. Kommunikationen är uppbyggd kring två frekvenser 43 och 49 [kHz] och initieras av routern. Då mätaren tagit emot ett anrop från routern försöker den svara på fas ett med 43 [kHz] om detta ej fungerar kommer den först att försöka kommunicera med fas två och där efter med fas tre om detta ej fungerar byter den frekvens till 49 [kHz] och provar på nytt med de tre faserna detta upprepas till dess att en ny signal tas emot från routern. Då mätaren etablerat en kontakt med routern lagras fas och frekvens där kommunikationen upprättats detta för att underlätta vid uppstart då ett spänningsbortfall har uppstått. Mätaren har på samma sätt som routern möjlighet att repetera en signal. Mätarens signalstyrka uppgår till ca halva den av routern uppnådda styrkan. Mätaren kan överföra en signal 500 [m] på lågspänningsnätet vilket tillsammans med 7 repetitioner ger en längd av 3,5 [km] från mätaren längst bort i nätet till routern.

Några funktioner i mätaren är:

- Mäter aktiveffekt (W)
- Mäter aktiv och reaktiv energi (Wh, VAR)
- Tidstariff, mätning indelad i hög och låg last
- Data lagras på minne och information lagras i upp till 60 dygn.
- LCD display
- Beräknar längden på strömavbrott
- Temperaturmätning i mätaren
- Tvåvägskommunikation via lågspänningsnätet
- Fjärrstyrning kan bryta strömmen till fastigheten där mätaren är installerad (enbart på vissa modeller)

Tabell 4 Jämförelse mellan mätare och strömtrafo mätare

Parametrar	Mätare	Strömtrafo mätare
Referens spänning	3 X 230 V	3 X 230 V
Spännings område	85-400 V	85-400 V
Bas ström I_b	5 A	5 A
Max ström I_{max}	100 A	10 A
Referens frekvens	50 \pm 2.5 Hz	50 \pm 2.5 Hz
Effekt förbrukning	< 1,2 W och < 5 VA	< 1,2 W och < 5 VA
Drifts temperatur	- 40°C till +70°C	- 40°C till +70°C
Noggrannhets klass: -Aktiv energi	1.0	0.5
-Reaktiv energi	2.0	1.0
Bärsignals frekvens	43 & 49 kHz	43 & 49 kHz
Överföringshastighet	1200 bps	1200 bps
Produktlivscyklar	30 år	30 år

3 Störningar och reglering av dessa i elnätet

Utöver den traditionella överföringskommunikationen för elnäts bolag så som t.ex. GPRS, GSM, radiolänk och fiber finns ytterligare ett alternativ, elnätskommunikation. Då elnätet från början tagits fram för överföring av 50 [Hz] AC uppstår en del problem vid kommunikation över elnätet som använder sig av helt andra frekvenser. Enligt SS EN 50065-1 som reglerar max tillåtna signalnivåer och tillåtna frekvenser är data överföring via elnätet begränsat till frekvensbandet 3-148,5 [kHz]. El leverantörerna har tillträde till frekvensbandet 3-95 [kHz] för styrning och kommunikation mellan utrustning i sina elnät. Lag stadgade EMC krav för max tillåtna stör frekvenser finns för <2 [kHz] och >150 [kHz], det finns alltså i dagsläget ej några krav på utrustning som är kopplad till elnätet att ej alstra störningar i de frekvensband som är reserverat för elnätskommunikation. Detta innebär i praktiken att krav på kundens anläggning med avseende på störningar i detta frekvensområde ej är möjligt att ställa [1,2].

3.1 EMC

EMC står för Electro Magnetic Compability och innebär att elektrisk utrustning inte skall störa annan utrustning och att den skall fungera tillfredsställande i sin electro magnetiska miljö. För att elektrisk utrustning skall anses följa EMC-direktiv kraven skall det kontrolleras att utrustningen har en immunitet mot störningar och att den inte avger störningar. EMC-direktivet anger inga nivåer eller gränsvärden, det är i stället standarder som tagits fram av olika branschorganisationer som styr detta. Efter det att dessa standarder godkänts av EU-kommissionen anses de harmonisera med EMC-direktivet, detta innebär att de har blivit en Europainorm och därmed tvingande inom EU [3].

3.2 Signal hämmande fenomen i el nätet

Prestandan i ett PLC system är till stor del beroende på nätets brus och dämpnings egenskaper [4].

3.2.1 Brus

Brus är slumpmässigt högfrekventa variationer i spänningen och kan antas bero på ett stort antal sinussignaler med ett stort antal frekvenser. Vid mätning av brus kan en spektrumanalysator med hög känslighet användas [5]. Brus kan delas upp i fyra delar färgat bakgrundsbrus, smalbandigt brus, synkrontimpulsbrus och asynkront impulsbrus [2].

- Färgat bakgrundsbrus uppstår oftast i olika hushållsapparater som t.ex. datorer, dimrar och hårtorkar. Bruset har höga värden från 50 [Hz] till 20 [kHz], över detta så avtar styrkan och vid ca 150 [kHz] är styrkan enbart ca 1 [%] av den effekt som uppvisades vid 20 [kHz].
- Smalbandigt brus kan uppstå i TV och radiosändare då deras signaler skall amplitudmoduleras dessa störningar har dock mycket höga frekvenser 1-22 [MHz]. I frekvensområdet under 150 [kHz] är det oftast switchade effektkällor, frekvensomriktare, dataskärmar, TV-apparater, fluorescerande lampor eller liknande som orsakar störningen.
- Synkrontimpulsbrus består av multiplar av nätets grundfrekvens 50 [Hz] och genererar korta spänningstoppar som varar i 10-100 [μ s] dessa toppar kan nå en amplitud på 2 [kV]. Det finns två varianter på synkrontimpulsbrus, nätsynkront och störningssynkront. Källan till dessa störningar kan vara kiselstyrda likriktare och tyristorbaserade ljus dimmrar. Denna störning är svår att lokalisera då den inte uppträder regelbundet. Störningens frekvensspektrum är mellan 50-200 [kHz] och den är avtagande med stigande frekvens.
- Asynkrontimpulsbrus kan t.ex. uppstå i samband med frekvenspikar då en strömbrytare slås till eller från. Denna form av brus är den svåraste formen att förutse. Asynkrontimpulsbrus är den brusform med högst energiinnehåll vilket innebär att den är en stor orsak till kommunikations svårigheter vid elnätskommunikation. Mätningar på Asynkrontimpulsbrus har visat att det oftast ses som snabbt utdöende spänningsspicar med en amplitud på ca 1 [V] och en varaktighet på ca 100 [μ s] och att dessa pulser uppkommer med ett intervall av ca 100 [ms]. Det har visat sig att förekomsten av Asynkrontimpulsbrus är starkt förknippad med mänsklig aktivitet så som industri där störningen kan finnas hela dygnet.

3.2.2 Dämpning

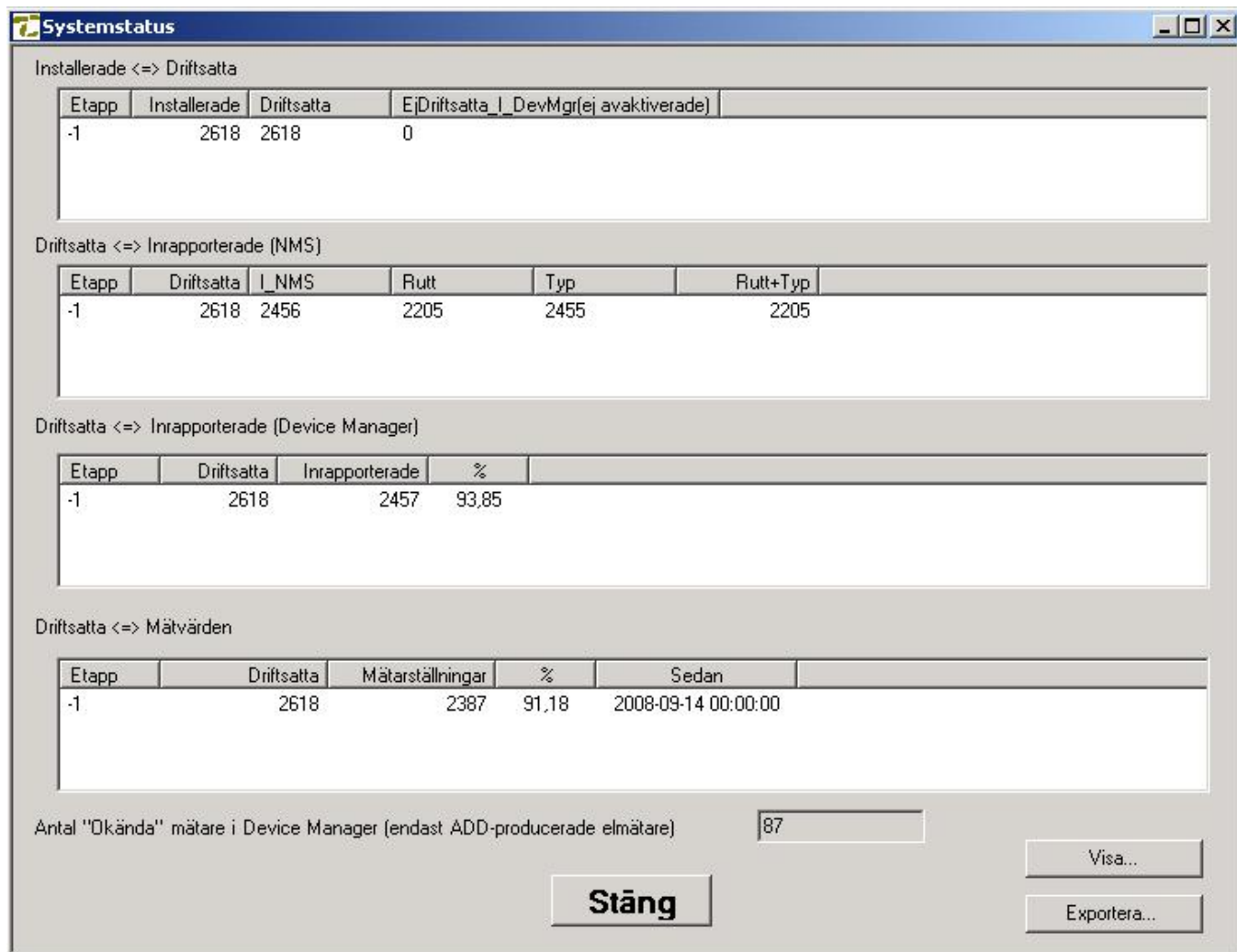
Dämpning beror på ledarna i nätets karakteristiska impedans Z_{Ledare} och lasterna i nätets impedans Z_{Last} . Z_{Ledare} är proportionell mot ledarens längd vilket innebär att dämpningen av signalen ökar med ledarens längd. Z_{Ledare} är även beroende av frekvensen på signalen, ju högre frekvens desto högre karakteristiska impedans hos ledaren även skarvning av ledaren påverkar dess impedans vid vissa frekvenser. Lastimpedansen påverkar också till stor del dämpningen i elnätet. Då spänningen kan anses vara konstant och Z_{Last} oftast varierar i ett intervall mellan 0,1-100 [Ω] visas med ohms lag att Z_{Last} minskar då belastningsströmmen ökar. Detta innebär att hög effekt i nätet ger låg lastimpedans. Även en last kan vara frekvensberoende och ha en hög inre resistans för 50 [Hz] och en låg inre resistans för högre frekvenser. Signalens dämpning i elnätet ökar med ökad ström som motsvaras av minskad Z_{Last} [2].

4 Dokumentering av Grästorps Energis elnät

I syfte att hitta problem punkter i Grästorps Energis (fortsättningsvis GTPEs) elnät med avseende på mätvärdesinsamling har lista med alla GTPEs installerade mätare, routrar och transformator id tagits fram. Dessa data har därefter importerats in i datorprogrammet ”TC Meter Surv SA Edition 0.61” (fortsättningsvis programmet). Programmets status fönster kan ses i Figur 6. Med hjälp av programmet kan en mängd data tas fram och analyseras. Programmet jämför importerad data med data som finns i Network Management Service (fortsättningsvis NMS). Se Figur 2. NMS är en del i ADDAX som används för att se vilka mätare routrar och master-routrar som kommit in i systemet och hur infrastrukturen för dessa ser ut, vilken mätare som ligger under vilken router. Genom att med programmet ta fram vilka mätare som installerats och jämföra dessa med de som finns i NMS fås information om vilka mätare som ej verkar kommunicera. De routrar som ej kommunicerat försvinner ur NMS efter 24h.

Då infrastrukturen ej är helt utbyggd i GTPEs nät finns vissa mätare utplacerade som ej har någon router ovanför sig i hierarkin dessa kommer att vissas som frånvarande i NMS då det inte har haft någon möjlighet att registrera sig. Detta får som följd att kvoten mellan inrapporterade mätare och mätare som finns i NMS blir missvisande stor och att dessa mätare ej kan stå tillgrund för fortsatta undersökningar.

Av de mätare som ej kommunicerar med NMS togs information om vilken transformator som ligger ovanför i hierarkin, detta i syfte att fastställa vilka områden som verkar bekymmersamma. Då många mätare under samma transformator har problem att kommunicera tyder detta på att en eller flera störningar stör ut kommunikationen mellan mätaren och routern i transformatorstationen. Om alla mätare under en router ej kommunicerar tyder detta på ett router problem eller störningar på MV. Även här är det viktigt att betänka problemet med ej utbyggd infrastruktur, ty finns det ingen router så verkar det ändå som om att det är fel på mätarna i programmet.



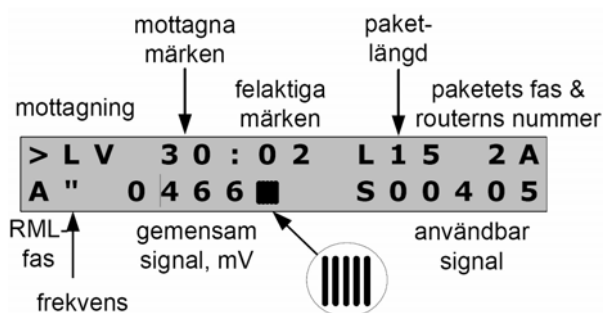
Figur 6 Uppstarts fönster för TC Meter Surv SA Edition 0.61

5 Mätningar

För att få en så bra bild som möjligt av problemområdena användes två olika instrument. De olika instrumenten och deras egenskaper beskrivs nedan. Systemets snabba kommunikation gör att endast kort tid krävs för att föra över mätvärdet, detta ger i sin tur att enbart störningar som är aktiva stora delar av dygnet är av intresse.

5.1 PL-monitor

Detta är ADDAX egenutvecklade instrument. Instrumentet syftar till att övervaka kvaliteten vid dataöverföring mellan de olika kommunicerande delarna i ADDAX systemet så som master-router, router och mätare. Instrumentet kan kopplas direkt på de tre faserna och nollan och på MV via bryggan eller ringen. Första steget vid LV mätning är att kontrollera nätfrekvensen 50 [Hz], spänningen och fasrotationen, detta görs av instrumentet. Där efter kontrolleras faserna i ordning A, B och C för 43 [kHz] data kommunikationen och där efter för 49 [kHz]. Ett exempel på hur en kontroll av fas A 49 [kHz] ser ut se Figur 7. Det som visas med avseende på kommunikationen är mottagna märken som är samma som paket, felaktiga paket, längd på mottagna paket, från vilken typ av utrustning paketet togs emot från (mätare eller router), signalens nivå i [dB] eller [mV] samt en grafisk indikering på signalnivån. Det går att ställa in en speciell enhets id nr för att på så sätt se hur denna enhet kommunicerar eller så kan all kommunikation övervakas då visas den överliggande routern och vilka enheter under sig som den kommunicerar med. Utöver att testa kommunikationen kan ett testpaket sändas från PL-monitor. Mellanspannings kommunikationen fungerar på samma sätt med den skillnaden att den använder frekvenserna 66 och 76 [kHz]. Instrumentet kan logga information om dataöverföringar mellan de olika komponenterna i systemet, det loggar ett begränsat antal överföringar detta innebär att instrumentets logg fylls snabbare om mycket kommunikation förekommer i nätet. Det går även att ansluta en dator till instrumentet för att möjliggöra en större loggning då endast datorns eget minne begränsar storleken på loggen. Loggen laddas ned med programmet PL-sniffer och innehåller bland annat datum och tid för de skickade paketet, vilket modem som användes LV eller MV, vilken frekvens och fas som paketet kommit ifrån, paketets längd och rå data. Det går att filtrera datan i PL-sniffer att bara innehålla information om en viss mätare och på detta vis se hur kommunikationen ser ut, vilken väg den tar om den går direkt till routern eller via någon annan mätare eller om den inte kommunicerar över huvud taget. PL-sniffer visar också olika status koder som t.ex. data skickad eller data är korrumpad.



Figur 7 Exempel på mätning av fas A 49 [kHz]. De fem vågräta sträckor är den grafiska redovisningen av signalstyrkan och sträcker sig till totalt 15 sträck.

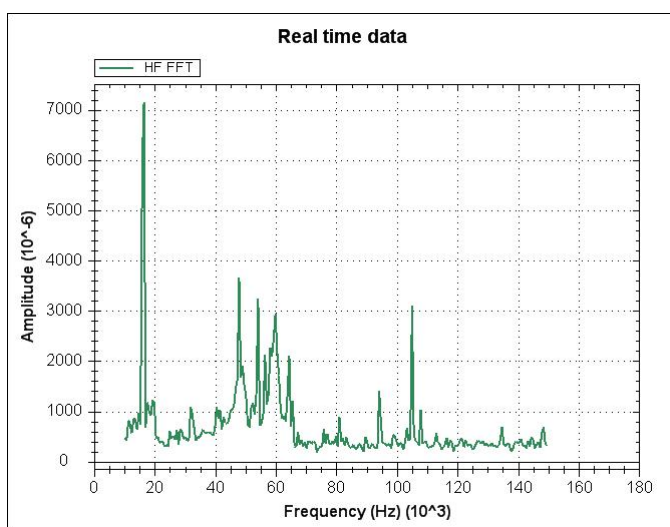
5.2 Metrum HF+

Detta instrument är speciellt framtaget av Metrum i samarbete med energibolag, leverantörer av mätinsamlings system och Luleå Tekniska Universitet. Instrumentet är konstruerat för att klara av att mäta signalstyrka med frekvenserna i området 0-195 [kHz]. HF+ har ingen egen nätdel utan får sin drift spänning från mätstället, det går enbart att mäta en fas i taget. HF+ konfigureras via datorprogrammet "Metrum HF Controller" som ansluts via datorns COM-port. Programmet har även möjlighet att visa mätningen i realtid och att spara diagrammet som visas. På instrumentet finns en knapp som startar och stoppar loggning av mätningen samt en status diod som visar om den angivna brusnivån överskrider eller ej, denna nivå konfigureras via datorn. I programmet finns möjligheten att spela upp tre separat inspelade förlopp, vilket är bra vid lokalisering av störkällor och för att se hur en signal dämpas.

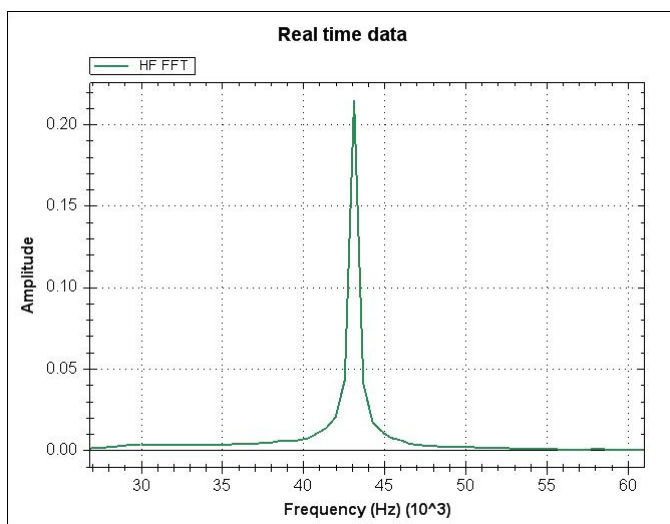
5.3 Mätning i labbmiljö

För att bilda en uppfattning om hur instrumenten fungerar utfördes ett test i labbmiljö. Mätare och router kopplades samman efter två seriekopplade filter som har till uppgift att eliminera eventuella störningar utifrån. Vid mätning med PL-monitor uteblev resultatet efter första försöket då ingen kommunikation mellan mätare och router uppstod. Det konstaterades att fasföljden är mycket viktig för att få en fungerande kommunikation med routern. Test på MV utfördes ej i denna labb. HF+ mäter enbart på en fas. Det som kan konstateras vid en jämförelse är att signalen tycks vara mycket starkare i PL-monitor än i HL+, PL-monitor visade på en signalstyrka på upp till 10 [V] medan HL+ enbart kunde läsa en signalstyrka på 0,1-0,22 [V]. Att PL-monitor visar på en signalstyrka på 10 [V] verkar underligt då routern enligt specifikation sänder med en signalstyrka på 1 [V], detta gör att värdet på 0,1-0,22 [V] som HL+ visade också verkar osannolika då mätningen utförts vid routerns koppling till nätet. Det ideala hade varit en signalstyrka på ca. 1 [V] på båda instrumenten. Skillnaden i signalstyrkan på de båda instrumenten beror på att PL-monitor har en

konfigurationens miss där 10 [V] egentligen är 1 [V] och HF+ ej är konstruerad för att mäta spänningens amplitud utan riktar främst in sig på att mäta brus och dämpning i nätet. Skillnaden beror också på att de olika instrumenten har olika modulation. HF+ modulerar hela frekvensspektrat mellan 10-150 [kHz] medans PL-monitor enbart modulerar på 43 respektive 49 kHz. Mätningar före och efter filter kan ses i Figur 8 och Figur 9. Notera skillnaden i amplitudskalan och frekvensskalan i figurerna. Figur 9 visar även hur signalen för kommunikation ser ut i frekvensplanet i detta fallet vid 43 [kHz].



Figur 8 mätning innan filtret



Figur 9 mätning efter filtret

5.4 Mätning i fält

Till en början valdes fem områden ut för granskning, dessa kan ses nedan i Tabell 5. Område två till fyra finns under samma master router. Då mätningarna inleddes uppdagades att mätaren i område 1 som varit ett problem under en längre tid var fel inskriven i systemet vilket orsakat dess frånfall. Även routern ovan mätaren i hierarkin var felaktigt inskriven. Det korrekta mätarnumret har varit uppskrivet som okänd mätare i Grästorps Energis databas en längre tid och den registrerade mätaren har skickats tillbaka till leverantören. Detta är nu åtgärdat och fungera korrekt. Område två till fyra som ligger under samma master router hade som synes i Tabell 5 ett stort antal mätare med kommunikationsproblem. Då mätningar inleddes i område två visade det sig att felet till stor del försvunnit detta torde bero på att master-routern byts ut mot en nyare modell med annan mjukvara under mätningens gång. Resultatet av den utbytta master-routern kan ses i Tabell 5. Tidigare nämnda problem och tidsbrist resulterade i att 2 nya mindre områden valdes. Dessa kan ses i Tabell 6. I område 2 transformator 8112 visade det sig att routern var trasig, detta innebär att ytterligare ett område har valts för kontroll. De två slutgiltiga områdena som valts kan ses i Tabell 7.

Tabell 5 områdena som först valdes ut för studie

Område	Transformator nummer	Antal ADDAX mätare	Antal ADDAX mätare som saknar mätvärden	Antal ADDAX mätare som saknar mätvärden efter byte av master-router
1	7105	3	1	-
2	9223	43	40	5
3	9231	72	72	15
4	9232	25	23	8
5	9304	32	8	6

Tabell 6 nya områden som valts för studie

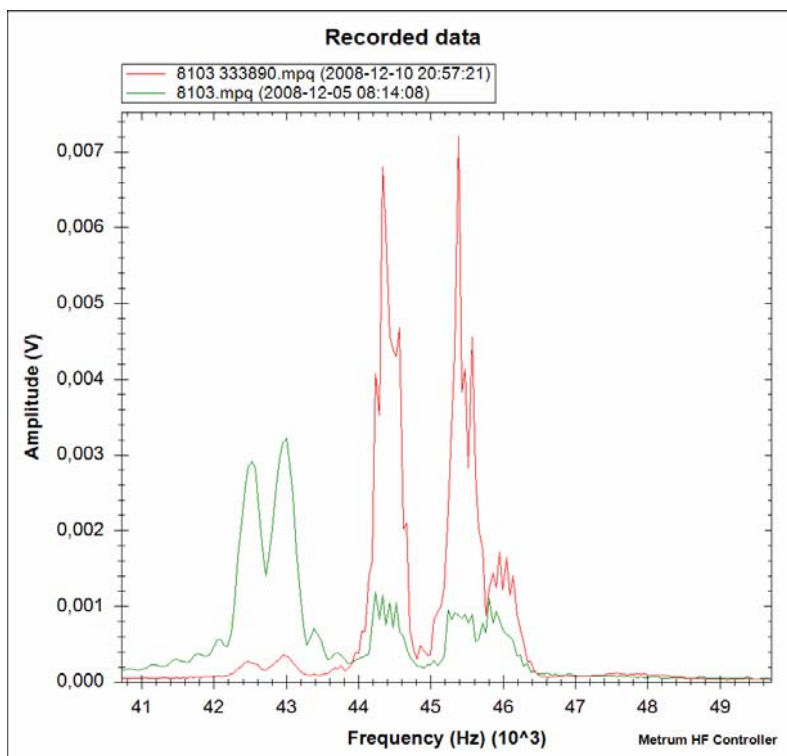
Område	Transformator nummer	Antal ADDAX mätare	Antal ADDAX mätare som saknar mätvärden
1	8103	3	2
2	8112	4	3

Tabell 7 slutgiltigt valda områden för studie

Område	Transformator nummer	Antal ADDAX mätare	Antal ADDAX mätare som saknar mätvärden
1	8103	3	2
2	1341	51	5

5.4.1 Område 1

Enlinjeschema för området vid mätningen kan ses i Bilaga A 1. Då detta område ligger under den utbyta master routern i hierarkin antas det att problemen med att få in de två mätarna ej beror på en felande master router utan att felet ligger i området som synes i Bilaga A 1. Mätarna ligger ca 365 [m] från routern, de mäter lasten på en 3G mast och utrustning som tillhör banverket. Efter det att mätningen genomförts har ytterligare mätare installerats i området. Då ingen av dessa ligger på samma kabel som de två felande mätarna och därför inte kan hjälpa till med att repetera signalen från mätaren tas ingen hänsyn till dessa. Mätningen vid routern visade inte på några direkta störningar med PL-monitor och HF+ mätning visade att det finns någon form av störning i det närliggande frekvens området på 44 - 46 [kHz]. Mätningen vid mätarna med PL-monitor visade på en stor störning på mellan 700 – 900 [mV] och den grafiska presentationen av störningen visar på maximal störning vilket innebär att ingen kommunikation är möjlig. En jämförelse av data hämtad med HF+ vid router och mätarna kan ses i Figur 10. Det som syns i figuren är att 3G masten störning på verkar kommunikationen för mätarna i dess närhet men ej har tillräcklig styrka för att påverka kommunikationen vid routern. De gröna pucklarna vid 43 och 42,5 [kHz] är troligtvis kommunikation från routern men det skiljer sig i utseende från kommunikationen i labben.



Figur 10 Jämförelse av data tagen med HF+ vid routern (grön) och mätaren (röd) på en av faserna (alla faser visar på samma störning). Störningen på 44 – 46 [kHz] finns som synes vid båda mätningarna dock dämpad vid routern. Dom gröna pucklarna är troligen kommunikation från routern.

5.4.2 Område 2

Enlinjeschemat för området har visat sig vara för stort för att plottas på ett A4, karta över området kan ses i Bilaga B. Området är ett villakvarter beläget i centrala Grästorp där ca 10 % av mätarna tycktes sakna mätvärden, vid senare kontroll visade det sig att alla mätare i området saknade mätvärden och att programmet som använts för att kontrollera vilka mätare som saknar mätvärden har visat felaktig information under hela undersökningens gång. Vad detta beror på är oklart. Då mätningar genomförts och slutsats drogs innan felet i programmet uppdagades kommer en redovisning av mätförloppet ändå att redovisas. Då förutsättningarna var att 10 % av mätarna saknades utfördes mätningen i de steg som kan ses nedan. Till en början användes även HF+ vid mätningarna i område 2 men det kan anses vara onödigt då PL-monitor ger samma resultat och att användningen av två mätmetoder kan anses vara tidskrävande. PL-monitor är dessutom lättare att tolka då den enbart visar på de störningar som stör kommunikationen.

1. Mätning vid transformatorn. Data loggas med PL-monitor, dessa data kan sedan användas för att se vilken kvalitet det är på paketen som skickas mellan mätare och router. PL-monitor har som tidigare nämnts möjligheten att kontrollera en viss mätare och dess kommunikation men paketen som registreras som hela i PL-monitor behöver ej vara 100 % korrekta. För att få veta data paketens exakta status behövs data loggen.
2. Mätning och loggning vid närmaste förgrenings punkt efter transformatorn. Detta gjordes i syfte att finna vilken fas som var vilken i motsvarighet till routern. Genom att göra detta utåt i nätet ända fram till den felande mätaren vet man vilken fas som är vilken i förhållande till routern i helan nätet. Detta kan sedan användas för att se vilka faser som innehåller störningar. Under mätning vid mätaren användes utöver PL-monitor ett instrument som kan ändra samt kontrollera med vilken fas mätaren kommunicerar. Mätar fas kan ses i Tabell 8.
3. Urkoppling av router. För att mätning av störning ej skall påverkas av routerns kommunikation. Där efter mättes i samma ordning som i steg 2. Resultatet av mätningen kan ses i Tabell 8. Det är viktigt att tänka på att även om den kommunicerade faser vid mätaren ej störs ut så kan kommunikationen i denna fas störas ut på vägen till routern där t.ex. andra kunder ansluts i ett fördelningsskåp. Då information om fasernas status kan en fas som är fri från störning mellan mätare och router upptäckas.

Tabell 8 resultat av mätning i område 2 med PL-monitor. Färg kombinationen representerar en gren från routern och de grönmarkerade områdena är de faser som passar bäst för kommunikation mellan mätare och router. De mätare med ett E framför mätarnumret är fungerande referens mätare.

Modell	Nummer	PL-Monitor signalstyrka						Mätar fas
		A'	B'	C'	A''	B''	C''	
Router	R344552	130-290	190-410	90-70	65-210	150-230	90-210	
		0-0,6	0,4-0,8	0-0,2	0-0,2	0,2-0,6	0,1-0,4	
Skåp	Bollvägen	130-400	80-170	90-210	250-500	110-280	300-700	
		0,2-0,6	0-0,2	0-0,2	0,4-1,1	0,2-0,6	0,8-1,3	
Skåp	Puckvägen	60-100	90-200	80-200	70-190	70-250	90-310	
		0-0,2	0-0,3	0,2-0,4	0,2-0,4	0,2-0,4	0,2-0,4	
Skåp	Spjutvägen	490-570	300-400	310-415	110-200	80-200	130-400	
		0,6-1,1	0,2-0,8	0,6-1,0	0,2-0,4	0,2-0,4	0,2-1,0	
Mätare	E334948	300-2000	90-190	100-290	600-1300	190-600	500-1500	B''
		1,0-3,0	0,2-0,4	0,2-0,6	1,0-2,6	0,4-1,2	1,4-3,0	
Mätare	E336198	130-400	50-90	90-200	290-520	140-230	400-800	A'
		0,2-0,6	0-0,2	0,2-0,4	0,6-1,2	0,2-0,6	0,8-1,4	
Mätare	335735	200-1100	360-1200	110-350	1600-3000	350-720	5000-6900	C'
		0,9-2,0	1,0-2,5	0,3-0,8	2,0-3,0	0,8-1,7	3	
Mätare	335722	92-200	400-710	80-200	160-230	140-330	140-200	B'
		0,2-0,4	0,6-1,4	0,2-0,4	0,2-0,4	0,2-0,6	0,2-0,4	
Mätare	335454	300-1000	20-120	400-1100	400-600	60-110	160-800	A'
		0,6-2,4	0-0,2	0,4-2,8	0,8-1,2	0-0,2	0,4-1,4	
Mätare	336258	170-210	170-290	60-110	90-200	60-190	70-130	A''
		0,2-0,4	0,2-0,4	0-0,2	0,2-0,4	0-0,2	0-0,2	
Mätare	335470	1000-1390	680-1300	460-580	140-230	170-300	110-300	A''
		2,2-2,6	1,4-3,0	0,8-1,0	0,2-0,6	0,2-0,6	0,2-0,4	

Den övre delen i den två delade raden representerar en uppskattad signalvariation och går från 0 – 10000

Den undre delen i den två delade raden representerar den grafiska signalvariationen och går från 0 till 3.

6 Resultat

6.1 Kartläggning av mätsystemet

Mätsystemet har en hierarkisk uppbyggnad uppdelat på ADDAX Centralsystem, master-router, router och elenergimätare. Systemet kommunicerar via MV med frekvensen 66 och 76 [kHz] och LV 43 och 49 [kHz]. För att kunna skicka datan via MV krävs en brygga eller ring då routern ej kan anslutas direkt på MV. På LV sidan är router och mätare galvaniskt anslutna till de tre faserna och nollan. Mätsystemen som användes är PL-monitor och HF+. För mer information om mätsystemets uppbyggnad och mätmetoder hänvisas till rubrik 2 ADDAX, 5.1 PL-monitor och Metrum HF+.

6.2 Kartläggning av de geografiska områden som uppvisar störningar

För kartläggning av de områden som uppvisar störningar används programmet "TC Meter Surv SA Edition 0,61". Programmet har ej fungerat tillfredställande då det under hela undersökningen i område 2 visat på att enbart 5 mätare saknade mätvärden i området, efter årsskiftet 08 09 visade dok programmet på ett annat resultat där alla mätare i området saknades. Det har bekräftats i "ADDAX Client Applikation" att dessa mätare alla mätare i området har saknat mätvärden under i stort set hela perioden sen den 26 november 2008. Det kan därför rekommenderas att dubbel kol av "TC Meter Surv SA Edition 0,61" resultat i "ADDAX Client Applikation". Programmet är dock om det fungerar korrekt ett mycket bra sätt att kontrollera statusen på ADDAX systemets mätare. För ytterligare information om programmet se rubrik 4 Dokumentering av Grästorps Energis elnät.

6.3 Mätning i elnätet

Denna punkt blev kraftigt försenad då mätområdena som valts blivit diskvalificerade på grund av en mängd faktorer så som fel inskrivet mätarnummer, trasig router och byte av master-router. De dessa orsaker har gemensamt är att felen avhjälpats till stor del genom att dessa faktorer åtgärdats. De områden som undersökts kan ses i Tabell 7. I område 2 visade det sig att efter genomförd mätning av det 5 mätare som utpekats av ”TC Meter Surv SA Edition 0,61” för att ha problem med kommunikationen inte var de enda i området som har problem med kommunikationen utan att alla mätare saknats i detta område. Det visade sig då att problemet med kommunikationen ligger i MV och inte alls i LV som först antagits. Mätmetoden har ändock redovisats då vis lärdom kan dras av denna, se 5.4.2 Område 2.

6.4 Förslag på åtgärder för att eliminera eller minimera inverkan från störningar

Inngen av nedanstående åtgärder har testats i praktiken då tidsbrist och att när test i område 2 med repeter skulle genomföras visade sig som nämnts ovan att felet inte låg i LV utan i MV varför inget test kunnat genomföras.

Då fel upptäckts och analyserats finns det några alternativ som kan tänkas lösa problemet. Då en störning har upptäckts och lokaliserats kan beroende på hur många faser den finns på några olika metoder användas för att få i gång kommunikationen.

Om störningen går över alla faser kan ett filter installeras hos kunden eller så kan mätaren flytas ut till matarskåpet.

Vid fallet att enbart en eller två faser störs kan efter konstaterande av vilken fas mätaren kommunicerar med ett byte av kommunikations fas på mätaren fungera.

Då dämpning konstaterats kan en repeterare användas denna kan installeras hos kund i anslutning till mätaren eller i matarskåpet.

Ett annat alternativ är att diskutera problemet med kunden och få honom/henne att stänga av utrustningen som stör under vissa tider på dygnet.

Problem med MV kommunikationen har i denna rapport ej undersökts men två alternativ som kan tänkas lösa problemen är att byta från ring till brygga och om detta ej går byta till GPRS router.

6.5 Flödesschema

På grund av tidigare nämnda problem har inget flödesschema tagits fram.

7 Slutsats

Det enda området som undersökts där störning i LV har varit problem är område 1 under transformator 8103. Det verkar som om det är mycket svårt att störa ut signalen i ADDAX systemet och att det som är det huvudsakliga problemet är infrastrukturen med avseende på routrar, master-routrar och överliggande programvara. Detta visades tydligt då utbyte av master-routern resulterade i ett sådant positivt resultat. Även att programvaran som skall användas för att analysera vilka mätare som saknar mätarställning ej tycks ha fungera på ett tillfredställande sätt. Utöver detta är det ej att rekommendera att mätningar genomförs i områden som ej är helt klara med avseende på elenergimätar installationer då dessa repeterar signalen mellan sig och det kan vara det som krävs för en fungerande elnätskommunikation.

Metoden att använda två skilda mätsystem för att analysera störningar har visat sig vara mycket tidskrävande. Då PL-monitor är konstruerad för just felsökning i ADDAX systemet, mäter alla faser på en och samma gång och även klarar av mätning på MV kan det anses att den är det bästa alternativt. Det behövs ej heller tolkas några kurvor utan PL-monitor visar vilken signalstyrka det är på den brussignal som kan störa ut kommunikationen direkt. För att kunna mäta dämpning och analysera kommunikationsvägen mellan router och mätare kan i stället två PL-monitor användas där den ena skickar en testsignal och den andra tar emot denna. HF+ är trots detta ett mycket bra instrument och kan vara mycket användbart till andra system som ej har ett specialdesignat instrument för att göra analys med. Det har en mycket användbar funktion där tre olika mätningar (t.ex. vid router, fördelningsskåp och mätare) kan jämföras och analyseras med avseende på dämpning av signalen.

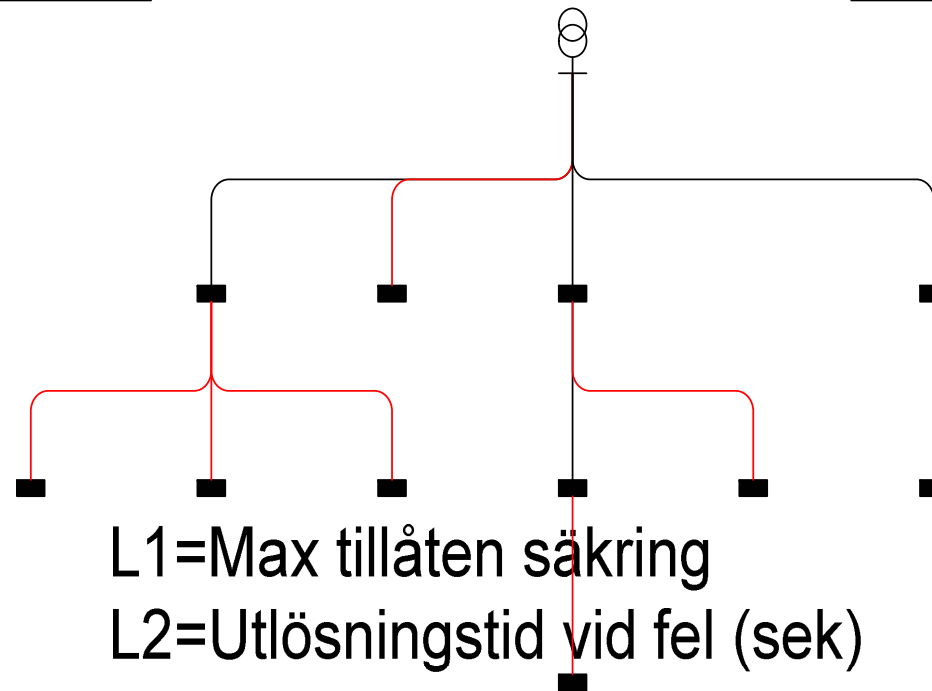
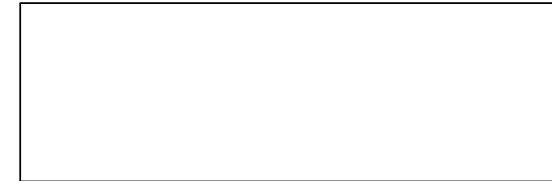
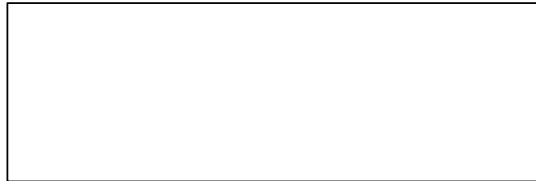
7.1 Rekommendationer till fortsatt arbete

Det kan rekommenderas att innan fortsatt arbete med felsökning så skal en uppdatering av mjukvaran och utbyte av master-routers till nyare version genomföras. Även inköp av ytterligare PL-monntitor kan rekommenderas då denna kommer att underlätta vid mätning av dämpning och analys av överföringsmediet med avseende på störningar. Då detta åtgärdats kan arbetet med mätningar i fält påbörjas och ett flödesschema tas fram med hjälp av de erfarenheter som mätningarna resulterar i. Utöver detta rekommenderas att filter installeras vid de mätare som har kommunikations problem i område 1.

Källförteckning

1. Stein Ulrich, Carlsson Jan, Welonder Jan (2006). *Elforsk rapport 06:22: signalöverföring på lågspänningsnätet*. [Elektronisk]. Elforsk. Tillgänglig: <<http://www.elforsk.se/rapporter/DownloadReport.aspx?DocId=476&Index=D%3a%5cINETPUB%5celforsk4kr9h8d%5cRapporter%5cpdf%5cindex&HitCount=10&hits=6+7+1a+1b+2e+2f+ef+f0+5ad2+5ad3+&fileid=undefined>> [2008-11-17]
2. Asplund, Daniel (2006). *Prestandautvärdering och analys av tre elnätskommunicerande AMR-system*. [Elektronisk]. KTH. Tillgänglig <<http://www.ee.kth.se/php/modules/publications/reports/2006/IR-SB-XR-EE-SB%202006:016.pdf>> [2008-11-17]
3. Gustavsson Reidar, NORBO Kraft Teknik AB (2007). *Praktisk Elkvalitet*. 2. uppl. Öland: ADT digitaltryck
4. Selander, Lars (2001). *Powerline communication*. 2. uppl. [Elektronisk]. Enersearch. Tillgänglig <<http://www.enersearch.com/knowledgebase/publications/theses/PowerlineCom.pdf>> [2008-11-18]
5. Carlson Per, Johansson Staffan (1997) *Modern elektronisk mätteknik*. 1. uppl. Eskilstuna: TunaTryck AB

A. Enlinjeschema för område 1



L1=Max tillåten säkring

L2=Utlösningstid vid fel (sek)

L3=Längd

Bilaga A 1 Mätare vid knutpunkts nummer 841510 och 911154 har kommunikations svårigheter.

K1=Spänningsfall (%)

K2=Högsta kortslutningsström (kA)

K3=Aktiv effektförbrukning i knutpunkt (kW)

B. Översikts karta för område 2

