

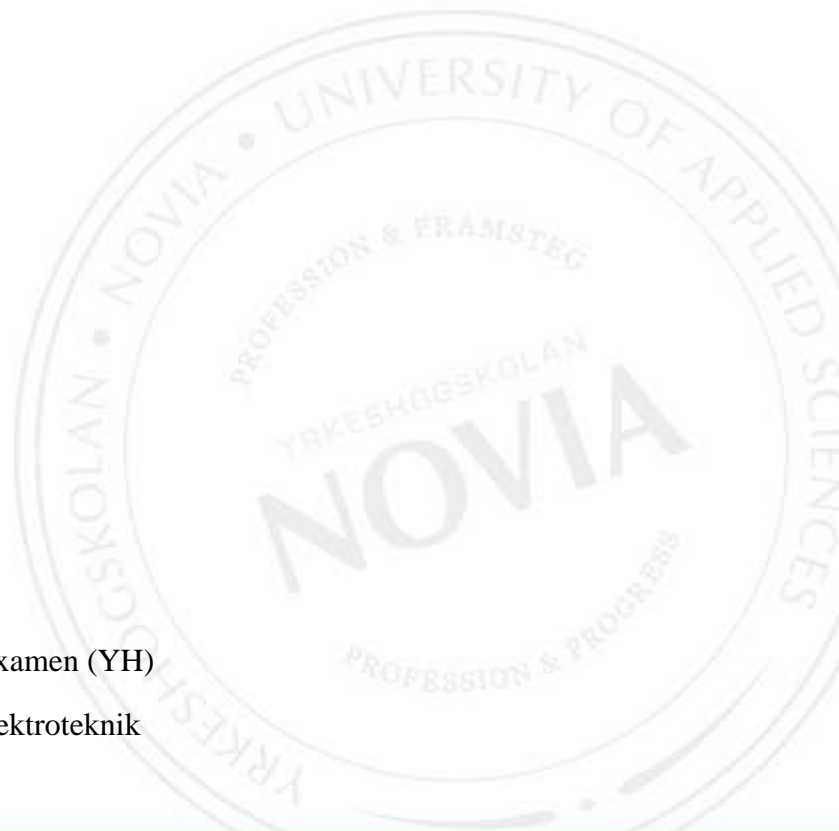
# Uppgradering av generatorskydd

Joakim Pått

Examensarbete för ingenjörsexamen (YH)

Utbildningsprogrammet för elektroteknik

Vasa 2012



## **EXAMENSARBETE**

Författare: Joakim Pått  
Utbildningsprogram och ort: Eletroteknik, Vasa  
Inriktningsalternativ: Elkraftsteknik  
Handledare: Roger Mäntylä

Titel: *Uppgradering av generatorskydd*

---

Datum 9.9.2012

Sidantal 51

Bilagor 5

---

### **Abstrakt**

Detta lärdomsprov omfattar ett uppgraderingsprojekt vid Wärtsiläs motorlaboratorium i Vasklot, Vasa. Syftet med detta arbete var att programmera, testa och ta i bruk skyddsreläer och synkroniseringsutrustning för tre av motorlaboratoriets generatorer. I anslutning till installationen av skyddsreläerna skulle även dokumentation och ritningar för det befintliga systemen uppdateras. Alla ritningar har gjorts i AUTOCAD och reläparametrar matats in med VAMPSET. Uppgraderingsprojektet fullgjordes för en av motorlaboratoriets generatorer.

---

Språk: svenska      Nyckelord: generatorskydd, relä, kraftverk

---

# OPINNÄYTETYÖ

Tekijä: Joakim Pätt  
Koulutusohjelma ja paikkakunta: Sähkötekniikka, Vaasa  
Suuntautumisvaihtoehto: Sähkövoima  
Ohjaajat: Roger Mäntylä

Nimike: *Generaattorisuojan parantaminen*

---

Päivämäärä 9.9.2012

Sivumäärä 51

Liitteet 5

---

## Tiivistelmä

Tämä insinööri työ käsittelee päivitysprojektia, joka on tehty Wärtsilän moottorilaboratoriossa Vaskiluodossa, Vaasassa. Päämääränä oli suunnitella, ohjelmoida ja ottaa käyttöön suojareleitä ja synkronoivuukslaitteet kolmelle moottorilaboratorion generaattorille. Asennuksen yhteydessä on välttämätöntä päivittää vanhat dokumentaatiot ja piirustukset. Kaikki piirustukset ovat tehty AUTOCADissa ja releparametrit on syötetty VAMPSETilla. Päivitysprojekti valmistui yhdelle generaattorille moottorilaboratoriossa.

---

Kieli: Ruotsi

Avainsanat: generaattorisuoja, rele, voimalaitos

---

# BACHELOR'S THESIS

Author: Joakim Pätt  
Degree Programme: Electrical Engineering, Vaasa  
Specialization: Electrical Power Engineering  
Supervisors: Roger Mäntylä

Title: *Upgrade of generatorprotection*

---

Date 9.9.2012

Number of pages 51

Appendices 5

---

## Summary

This thesis involves an upgrading project at Wärtsilä's engine laboratory in Vasklot, Vaasa. The purpose of this thesis was to program, test and startup protection relays and synchronizing equipment for three of the laboratory's generators.

This in turn made an update of the earlier documents and drawings necessary. All drawings have been made in AUTOCAD and relay parameters put in by utilizing VAMPSET. The project was completed for one of the laboratory's generators.

---

Language: Swedish

Key words: generatorprotection, relay, powerplant

---

## **Förord**

Detta lärdomsprov har gjorts för Wärtsilä Industrial Operations, Research and Development / Testing and Performance, och har utförts på Waskiluoto Validation Centre (WVC) i Vasklot, Vasa. Arbetet gäller ett uppgraderingsprojekt av generatorskydd, differentialskydd och mätenheter för tre av motorlaboratoriets generatorer.

Jag vill ta tillfället i akt och tacka alla som arbetar på WVC för hjälpen jag emottagit med detta arbete. Jag vill särskilt tacka Paul-Henrik Lindroos, Johnny Widdas och Hans-Erik Backman.

*Joakim Pått*

# Innehållsförteckning

1 Inledning.....	1
2 Arbetsgivare .....	2
3 Syfte och problemprecisering.....	3
4 Teoretiska utgångspunkter och teoretisk bakgrund.....	4
4.1 Kraftsystem och generering av ström.....	4
4.2 Mättransformatorer.....	5
4.3 Skydd.....	5
4.4 Skyddsreläer .....	6
4.4.1 Beräkningar .....	7
4.4.2 Generator Protection Unit, VAMP 210.....	8
4.4.3 Power Monitoring Unit, VAMP 260.....	10
4.4.4 Differential Protection Unit, VAMP 265 .....	10
4.5 Freja 306 Relay Testing System.....	11
5 Metoder och tillvägagångssätt .....	11
6 Resultat.....	15
7 Kritisk granskning och diskussion.....	19
Källförteckning.....	20

## Bilagor

Bilaga 1 – Ibruktagningsrapport

Bilaga 2 – VAMP 210

Bilaga 3 – VAMP 260

Bilaga 4 – VAMP 265

Bilaga 5 - Ritningar

# 1 Inledning

I ett företag som Wärtsilä, som med sina produkter ständigt tävlar med konkurrenter om de bästa och mest innovativa motorlösningarna, är Research & Development ett område som Wärtsilä satsar stora resurser i.

Detta lärdomsprov har gjorts för Wärtsilä Finland Oy, Industrial operations, Research and Development / Testing and Performance, Waskiluoto Validation Centre i Vasklot, Vasa. Lärdomsprovet är ett uppgraderingsarbete av generatorskyddsreläerna för en av motorlaboratoriets maskiner. De existerande reläerna ansågs opålitliga, till följd av normalt slitage, och felfri funktion kunde således inte längre garanteras. Härmed konstaterades en uppgradering av dessa enheter nödvändig.

De huvudsakliga delarna av arbetet har utgjorts av utläsning och tolkning av parametervärden från de gamla skyddsreläerna från ABB, omskrivning av denna information (inmatning av skyddsparametrar) och tillämpning av informationen i de nya skyddsreläerna. Dessutom installerades de nya enheterna samt tillhörande utrustning i mätpanelerna för motorn. I anslutning till detta skulle även all tillhörande dokumentation uppdateras för att överensstämja med det förnyade systemet. Arbetet utfördes under hösten 2010 och våren 2011.

I detta arbete, som tangerar elproduktion, kommer jag att begränsa studien till generatorskydd. Jag kommer inte att behandla de olika alternativen av generatorskyddsanordningar som existerar idag.

Arbetet som utförts utmynnar i ett mätprotokoll. Se bilaga 1.

## 2 Arbetsgivare

Wärtsilä är ett företag, grundat i Finland, som är en världsledande leverantör av kraftlösningar för marin- och energimarknaderna. Wärtsilä grundades år 1834 och hade år 2011 runt 18 000 anställda och verksamhet vid närmare 170 enheter i 70 länder runt om i världen, med en omsättning om 1.022 milj. euro. I Vasa har Wärtsilä tre enheter. De är belägna i Runsor, centrala Vasa och på Vasklot. /9/

Koncernen Wärtsilä är uppdelat i tre huvudenheter, Ship Power, Power Plants och Service. Ship Power erbjuder sina kunder system, lösningar och produkter inom marinindustrin. Power Plants erbjuder kraftverk för kraftgenereringsmarknaden, lösningar för basbelastning, stabilisering av elnät och toppbelastning, industriell självgenerering samt lösningar för olje- och gasindustrin. Services-enheten stöder Wärtsiläs kunder under installationernas livscykel genom att optimera installationens prestanda och verkningsgrad. /9/

”Wärtsilä Industrial Operations, Research and Development, Testing and Performance, Waskiluoto Validation Centre” är den korrekta benämningen på Vasklotenheten. Man använder dock oftast förkortningen WVC. På WVC testas som bäst motorer för såväl kraftverks- som fartygsindustrin, både i helhetsutförande och i mindre utsträckning, såsom testriggar för enskilda komponenter eller bränslen. WVC har idag över 50 anställda, utöver inhyrd personal och utallokerade tjänster.



### 3 Syfte och problemprecisering

Detta lärdomsprov omfattar ett uppgraderingsprojekt på Wärtsiläs motorlaboratorium i Vasklot, Vasa. Syftet med arbetet var att programmera, testa och ta i bruk nya skyddsreläer och synkroniseringsutrustning för en av motorlaboratoriets generatorer. Detta till följd av att det gamla skyddssystemet börjat uppvisa tecken på slitage och tillförlitligheten därför inte längre kunde garanteras. Det befintliga skyddssystemet, bestående av en REM543, SPAD 346 C3 och VMAC 6BA3 kunde på grund av slitage inte längre omprogrammeras för den nya anläggningen, varpå uppgradering av skyddsutrustningen ansågs nödvändig. I anslutning till installationen av skyddsreläerna skulle även dokumentation och ritningar för det befintliga systemen uppdateras. Vidare skulle det också bli nödvändigt att planera infällningen av de nya reläerna i mätningspanelen. Då de befintliga reläernas fysiska format inte motsvarade formaten på de nya VAMP-reläerna, kommer konstruktion av en hålplåt att bli nödvändig. Efter slutgiltig installation av skyddsreläerna ska ett i bruktagningsprotokoll uppgöras för att kunna konstatera riktig funktion hos anordningen.

De av uppdragsgivaren till arbetet på förhand utvalda enheterna, tillverkade av VAMP Oy, skiljer sig i fråga om parametrar och gränssnitt från de befintliga skyddsreläerna från ABB. Detta kommer således att utgöra en markant del av det praktiska utförandet i form av tolkning och översättning av inställningsvärden mellan systemen.

Vid utbyggnad av system, vilket är en ständigt återkommande process på motorlaboratoriet, har man beställt nya ställverk, som vid tidpunkten för beställningen inte kunde specificeras för slutgiltigt ändamål. Här kommer man således in på att planera och genomföra en del förändringar innan systemet i sin helhet kan testas. Dessa ställverk var beställda på förhand. Då man vid tiden för beställning inte med säkerhet kunnat fastställa vad dessa slutligen skulle komma att användas till, beslutades att ställverken levereras i standardutförande. Det blir således ofrånkomligt att utföra en del små ändringar i kopplingarna i dessa paneler, innan skyddssystemets delar kommunicerade korrekt och varje enskild enhet hade sina mätningar och kontakter på korrekta platser.

## 4 Teoretiska utgångspunkter och teoretisk bakgrund

I detta kapitel kommer behovet av och funktionen hos dagens generatorskydd att diskuteras, samt den utrustning som använts under arbetets gång.

### 4.1 Kraftsystem och generering av ström

En generator är en benämning på en maskin som genom mekanisk påverkan alstrar elektrisk ström. /5/

Ett kraftsystem består i sin helhet av flera anläggningsdelar, såsom generatorer, transformatorer, ledningar och ställverk (primära anläggningsdelar) samt utrustning för styrning, övervakning, reglering, skydd och hjälpspänningsförsörjning (sekundära anläggningsdelar). Alla dessa delar av systemet samverkar och måste fungera för garanterad energiförsörjning. Här är skyddsanordningens huvudsakliga uppgift att som en sista försäkring garantera kraftsystemets kvalitet, tillgänglighet och säkerhet samt att skydda från skada vid ett eventuellt fel. Beroende på vad som skyddas finns det olika typer av reläskydd. Det finns exempelvis transformatorskydd, brytarfelsskydd och ledningsskydd. Reläskyddet mäter kontinuerligt ström och spänning till skyddad enhet och agerar inom millisekunder om ett inställt kritiskt värde överskrids. Reläskyddet sluter (eller öppnar) då sina kontakter, och en impuls till en ansluten högspänningsbrytare öppnar, strömmen kopplas bort och enheten blir således ofarlig. Allt detta registreras och lagras i reläskyddets minne, såväl som mätvärden på ström och spänning vid tillfällena för de uppmätta felen. På detta sätt kan en behörig person i ett senare skede se vad som hänt vid det tillfälle när felet uppstod. /2/

## 4.2 Mättransformatorer

För att med tillräcklig noggrannhet kunna bestämma storleken på uppmätta storheter i en kraftverksanläggning, måste mättransformatorer ofta användas. Mättransformatorer används allmänt som elektrisk isolation mellan en anläggning och instrument, eller för att transformera ned spänningar och strömmar till storlek som bättre lämpar sig för uppmätning, utan att bli ohanterligt stora och kostsamma. Mättransformatorer indelas allmänt i spänningstransformatorer och strömtransformatorer. Generellt har dessa typer av transformatorer låg spänningsförlust, märkeffekt samt flödestäthet. /3/

## 4.3 Skydd

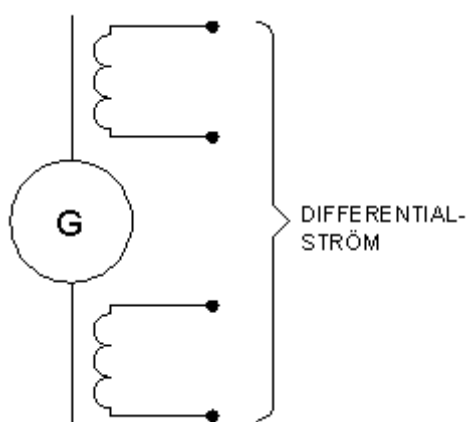
Skydd av olika slag är en viktig del i att kunna garantera kvaliteten och funktionen i eldistributionen i dagens samhälle. Om ett fel uppstår i en liten gren av distributionsnätet, är det önskvärt att felet hålls isolerat från resten av nätet då man vill undvika materiella skador. En stor del materiella skador kan undvikas, t.ex. genom att använda sig av olika skyddsreläer i en så kallad skyddsanläggning.

En komplett skyddsanläggning kan kort ses som en eller ett par enheter som kontinuerligt mäter olika värden av intresse hos systemet, exempelvis ström, spänning samt frekvens och bryter via fränkopplare/brytare om fel i elproduktionen inträffar. Detta bör inträffa så fort som möjligt, eftersom man då har största chansen att undvika stora skador på såväl nät som elproducerande anläggning.

För detta arbete har skribenten erhållit tre olika skyddsreläer som tillsammans, och i samverkan med varandra, utgör en komplett skyddsanordning.

## 4.4 Skyddsreläer

Reläskydd är ett eller flera reläer i en grupp som vid uppkomst av fel i det skyddade systemet ger upphov till felsignal eller bortkoppling av anläggningsdel. I kraftnät har reläskydd använts i över hundra år. /2/. År 1903 tog Asea fram det första mekaniska reläskyddet, år 1930 kom det elektromekaniska och det idag mest förekommande numeriska reläskyddet som använder digital teknik togs i bruk år 1980. Bland de fel som ett reläskydd vanligtvis reagerar på kan nämnas: över- och underspänningar, reaktans, impedans, frekvens samt ström, magnetiseringens amplitud, jordfel, bakåtriktad effekt, termiskt skydd och differentialström. /1/. Enkel principskiss kan ses i figur 1. De skydd som skribenten använt sig av mäts via mättransformatorer, med känd omsättning, ström och spänning i samtliga faser, såväl före som efter generatorn. Via en så kallad matris i Vampset kan sedan olika skyddssteg sammanlänkas till olika alarmåtgärder, såsom visuell indikering eller fysisk fränkoppling av anläggningen via skyddsreläets alarmkontakter.



*Figur 1. En förenklad principbild för mätning av differentialström, uppmätt mellan generatorns upp- respektive nersida.*

De skyddsreläer som skribenten använt sig av mäter via mättransformatorer, med känd omsättning, ström och spänning i systemet. Dessa mättransformatorer är de samma som det ursprungliga skyddssystemet använde sig av och behövdes således inte bytas ut. När omsättningen är känd, matas denna information in i skyddsreläet med hjälp av Vampset, varvid reläet nu kan återge korrekt värde vid inkoppling av en ström. Proceduren är den samma för spänningsupptagning. Efter att omsättningen konstaterats riktig, kan man som nästa steg aktivera en felövervakning, till exempel överströmsskyddet  $I>$  eller andra överströmsteget  $I>>$ . Dessa två fel anger två olika nivåer för att till exempel kunna utföra olika åtgärder beroende på hur stort det uppmätta felet är, exempelvis kan man tillåta 20 % överström i systemet innan  $I>$  aktiveras, och kanske 50 % innan  $I>>$  aktiveras. När så sker har man valt att vid första felskedet ges alarm via en av reläets alarmkontakter, visuell indikering via reläets märklampor på panelen och slutligen fränkoppling av brytare. Uppfylls det andra felskedet kan emellertid reläet programmeras så att fränkopplingen sker omedelbart och frontpanelen indikerar på fel.

Hur de olika skyddsstegen sedan fungerar, och vad de utför anges i den så kallade skyddsmatrisen. I skyddsmatrisen, se figur 2, länkas felsituationer ihop med åtgärder. I enlighet med bilden kan ses att reläet erbjuder två trip- och tre alarmkontakter samt fem stycken olika typer av visuell felindikation och slutligen disturbance recorder. Disturbance recorder indikationen anger att för länkat fel loggas uppgifterna och kan läsas ut från reläets skärm i ett senare skede.

#### **4.4.1 Beräkningar**

I detta ingenjörarbete har den utrustning som skribenten använt sig av utfört många beräkningar automatiskt. Detta gäller dock inte samtliga värden, utan man har beräknat nominella värden på exempelvis strömmar i övervakad krets utgående från grundläggande elektriska formler. Nedan ses ett utdrag ur bilaga 1, där utförda beräkningar närmare förklaras.

S: 1125 KVA, där den skenbara effekten S är produkten av spänningens och strömmens effektivvärden.

U: 11 kV, där U är nätets spänning.

Current transformers: 150/5 A anger kopplingsförhållandet i strömtransformatorn.

Strömmen i kretsen beräknas utifrån ovan nämnda värden enligt formlerna

som ses här intill. Felsteget  $I>$

beräknas nu för ett värde 20 % större

än nominella strömmen och anges i

PU, som står för Per Unit när man

beaktat omsättningen i ström-

transformatorerna. K är invert-

tidskonstant. Överströmssteget  $I>>$

beräknas lika som för  $I>$  men för ett

värde på 250 % för strömmen.

Värdet på t anger maximal tid innan

reläet beordrar frånslag.

$$I = \frac{1125kVA}{\sqrt{3} \times 11kV} = 59,047A$$

$$I > = 20\% \rightarrow 1,2 \times 59,047A = 70,86A$$

$$I > = \frac{70,86A}{150} = 0,472PU$$

$$k = 0,1$$

$$I >> = 250\% \rightarrow 2,5 \times 59,047A = 147,6A$$

$$I >> = \frac{147,6A}{150} = 0,98PU$$

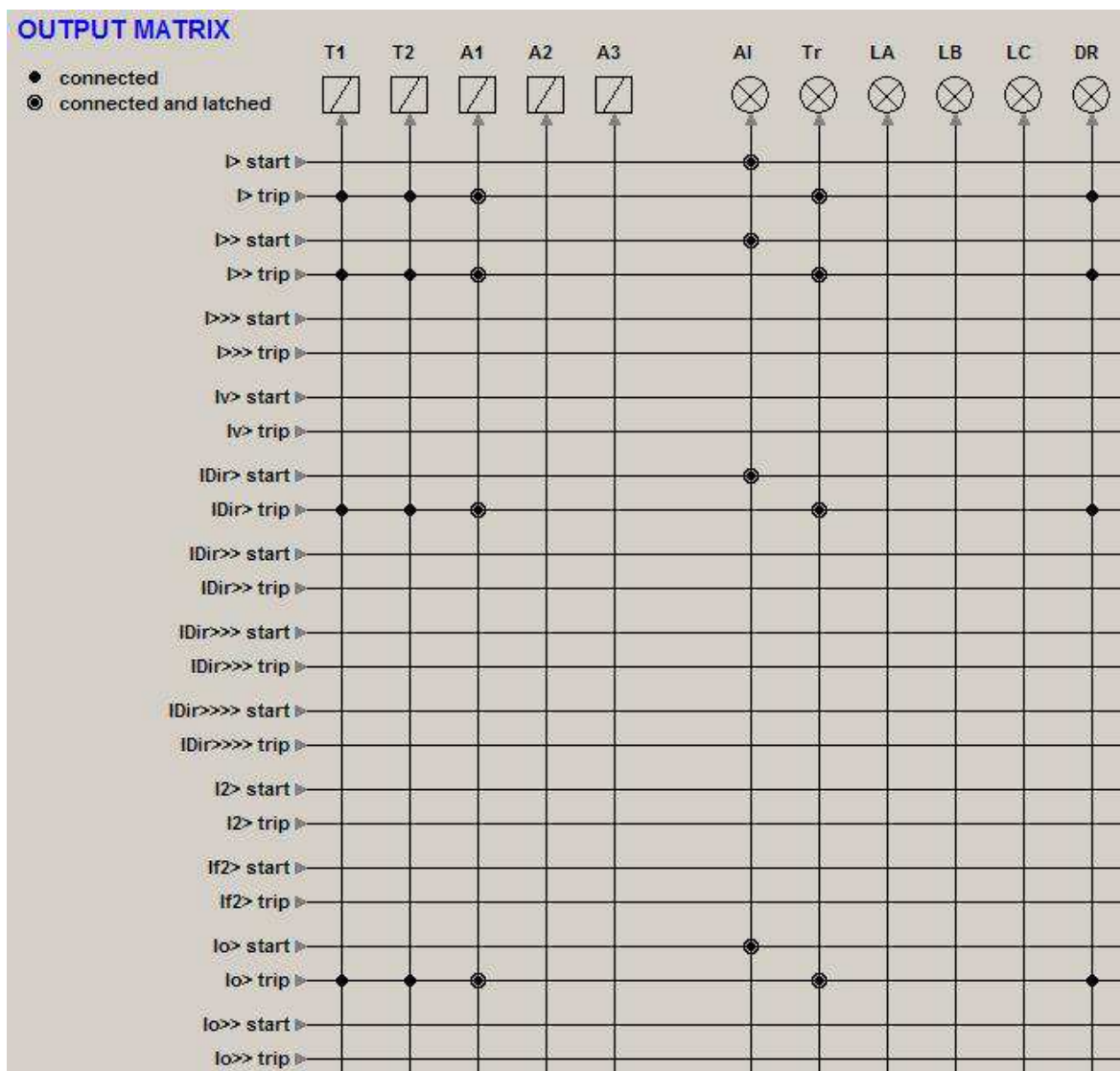
$$t = 0,2$$

Vidare kan ur bilaga 1 ses tabeller över de enskilda skyddsreläernas strömvärden och utlösningstider.

#### 4.4.2 Generator Protection Unit, VAMP 210

I detta ingenjörsarbete har skribenten avnänt sig av utrustning från VAMP Oy. Som generatorskydd har använts VAMP 210, som är ett numeriskt skyddsrelä med flera mätanslutningar för uppmätning av elektriska storheter, digitala ingångar för styrning och ett antal alarm-, trip- och felsignalsanslutningar för indikering och fränkoppling vid eventuell uppkomst av fel. Nämnvärda egenskaper hos VAMP 210 generatorskyddsenheten är bland andra skyddsfunktionerna och de många kommunikationsprotokollen, som tillsammans med differentialskyddet VAMP 265 utgör ett komplett generatorskyddssystem för små och medelstora generatorer. /6/. Skyddsreläet övervakar samtliga tre fasers spänningar och strömmar, samt spänning och ström i riktning

mot jord. Om inställningsvärden överskrids, beordrar reläet brytaren att slå från. Detta skyddsreläs kopplingschema finns bifogat, se bilaga 2. Från bilaga 1 (sida 1–2) framkommer hur inställningsvärden för VAMP 210 beräknats, viktiga faktorer att beakta vid installation av dylik enhet är skenbara effekten, matande spänning, mättransformatorernas omsättning och skyddsmatrisen. Ett exempel på en skyddsmatris kan ses i figur 2.



Figur 2. Skärmdump från Vampset. Matrisvy för de övervakade storheternas skyddsstegs-länkning.

#### 4.4.3 Power Monitoring Unit, VAMP 260

Som övervakande relä har skribenten använt övervakningsenheten VAMP 260. Denna skyddsanläggningsdel är lämpad för situationer där omgivning och störningar är krävande. Denna enhet övervakar ström och spänning genom att kopplas till mättransformatorer. Själva utförandet är således detsamma som för skyddsreläerna, men detta relä används främst för att läsa ut information om systemet. Enheten ger möjlighet till information såväl lokalt som fjärravläst. /7/. Detta skyddsreläs kopplingschema finns bifogat, se bilaga 3 samt testdata, bilaga 1 sidorna 6–8. Ur testdatan kan man se uppmätta spänningar och strömmar vid normal drift som skyddsreläet mäter dem, samt en skärmdump från FREJAWIN där de genererade storheternas belopp lyfts fram.

#### 4.4.4 Differential Protection Unit, VAMP 265

I samverkan med generatorskyddsrelät, Vamp 210, använde skribenten sig av det numeriska differentialströmskyddet Vamp 265. Detta differentialströmskydd har mätanslutningar för trefasig strömmätning på upp- och nersida av övervakad generators faser. Reläet erbjuder även möjligheten att ansluta ett optiskt ljusbågsskydd. Utöver detta finns även digitala ingångar för styrning samt ett antal alarm-, trip och felsignalsanslutningar för indikering och fränkoppling vid eventuell uppkomst av fel. Skyddsfunktionerna, de många kommunikationsprotokollen och mångsidigheten gör differentialskydds-enheten Vamp 265 till en välfungerande enhet för generatorapplikationer. VAMP 265-relät används tillsammans med Vamp 210 som ett helhetsskydd för generatorm. /8/. Skyddsreläet mäter skillnader i strömmen mellan upp- respektive nersida på generatorns anslutningar, och beordrar brytaren att slå från när dessa värden överskrider inställt värde. Detta skyddsreläs kopplingschema finns bifogat, se bilaga 4 samt testdata, bilaga 1 sidorna 9–12. Ur testdatan kan man se de uppmätta strömmarna från bägge sidor om generatorm och skillnaderna dem emellan som de mäts av skyddsreläet. Vidare åskådliggörs testresultaten från FREJA där differentialgrafnen visar hur differensen mellan strömmarna ger upphov till fränkoppling.



## 4.5 Freja 306 Relay Testing System

FREJA 306 är den senaste enheten av testutrustning från Megger. (Se figur 3.) Denna enhet kan användas såväl med som utan tillkopplad dator, då antingen via enhetens egen skärm eller via Meggers egen mjukvara FREJA WIN. Nämnvärda egenskaper hos FREJA är bland andra högströmsutgångarna och möjligheten att använda enheten som felsimulator. /4/



Figur 3. Megger Freja 306, Relä test system /4/

## 5 Metoder och tillvägagångssätt

Det praktiska genomförandet inleddes med tolkning av data ur de gamla skyddsreläernas parametrar och inställningar utifrån respektive befintlig enhets skärm. Härifrån började ett förståande för funktionen hos ett skyddsrelä formas. De nya enheterna programmerades med hjälp av mjukvaran Vampset, som är ett program framtaget av VAMP för parametrering av deras hårdvara. Som första steg i programmeringen av skyddsreläet konfigurerades mättransformatorernas omsättning. Denna omsättning bör vara korrekt för att reläet ska kunna fungera på önskat vis. Nedan kan ses en skärmdump av Vampset, där exempel på skalning visas (figur 4).

SCALING		
CT primary	800	A
CT secondary	5	A
Nominal input	5	A
VT primary	11000	V
VT secondary	110	V
Generator nom power	1125	kVA
Generator nom voltage	11000	V
Nominal shaft power Pm	900	kW
Generator nominal current	59.1	A
Generator nominal impedance	107.53	ohm
Io1 CT primary	50	A
Io1 CT secondary	5.0	A
Nominal Io1 input	5.0	A
Io2 CT primary	50	A
Io2 CT secondary	5.0	A
Nominal Io2 input	1.0	A
VTo secondary	110.000	V
Voltage meas. mode	2LL+Uo	
Frequency adaptation mode	Auto	

Figur 4. Skärmdump från Vampset, skalning för ström- och spänningstransformatorer.

Förutom skalningen av mättransformatorernas omsättning måste även varje övervakad felsituations gränsvärden anges. Det slutgiltiga värdet beräknar reläet själv utgående från inställda nominella värden på spänning och ström samt mättransformatorns omsättning, efter att användaren specificerat toleransen för felet innan frånslag. Samtliga felsituationer kan konfigureras för två olika grupper, men man har beslutat för detta arbete att endast använda sig av grupp 1. Ett exempel på felströmssteget  $I_D$  ses i figur 5.

**OVERCURRENT STAGE I> 50/51**

Enable for I>

Max. of IL1 IL2 IL3	0	A
Status	-	
Estimated time to trip	0.0	s
Start counter	0	
Trip counter	0	

Set group DI control	-	
Group	1	
	Group 1	Group 2
Pick-up setting	71 A	71 A
Pick-up setting	1.20 xI <sub>gn</sub>	1.20 xI <sub>gn</sub>
Delay curve family	IEC	IEC
Delay type	NI	NI
Inv. time coefficient k	0.10	1.00
Inverse delay (20x)	0.22 s	2.26 s
Inverse delay (4x)	0.49 s	4.97 s
Inverse delay (1x)	70.40 s	600.00 s
	Common settings	
Include harmonics	Off	

**Delay function parameters**

Constant A	0.140
Constant B	0.020
Constant C	-
Constant D	-
Constant E	-

**FAULT LOG**

	Date	hh:mm:ss.ms	Group	Fault type	Fault current	Elapsed delay	Pre-fault current
[1]	-	-	-	-	0.00 xI <sub>gn</sub>	0 %	0.00 xI <sub>gn</sub>
[2]	-	-	-	-	0.00 xI <sub>gn</sub>	0 %	0.00 xI <sub>gn</sub>
[3]	-	-	-	-	0.00 xI <sub>gn</sub>	0 %	0.00 xI <sub>gn</sub>
[4]	-	-	-	-	0.00 xI <sub>gn</sub>	0 %	0.00 xI <sub>gn</sub>
[5]	-	-	-	-	0.00 xI <sub>gn</sub>	0 %	0.00 xI <sub>gn</sub>
[6]	-	-	-	-	0.00 xI <sub>gn</sub>	0 %	0.00 xI <sub>gn</sub>
[7]	-	-	-	-	0.00 xI <sub>gn</sub>	0 %	0.00 xI <sub>gn</sub>
[8]	-	-	-	-	0.00 xI <sub>gn</sub>	0 %	0.00 xI <sub>gn</sub>

Figur 5. Skärmdump från Vampset, visar inställningar för överströmssteget I>

Härifrån fortsatte man med att beräkna lämpliga maxvärden för de resterande övervakade felsituationerna för skyddsreläerna och koppla dessa felsituationer till åtgärder i matrisen. Gränsvärdena testades i ett senare skede med Freja 306, som för övrigt också kräver att man omsätter ström och spänning för att erhålla korrekt visning. Detta steg förenklades då

det till mitt förfogande fanns en del färdigt framtagna kalkylblad i Excel för beräkningar på lämpliga testvärden för testutrustningen. Resultaten utifrån dessa beräkningar kan även ses i bilaga 1.

De gamla skyddsreläerna kopplades ifrån mätpanelen, varvid de nya reläerna kunde monteras i deras ställe efter att alla inställningar utförts i Vampset. De viktigaste stegen gällande programmeringen av reläerna var mättransformatorernas omsättning, aktiva skyddssteg, skyddsstegens värden och skyddsmatrisen där alarm och kontakter länkas till skyddsstegen. Kopplingar mellan mättransformatorer och skyddsreläer kontrollerades och förnyades efter behov.

Test av skyddsfunktionerna för skyddsreläerna utfördes med testutrustningen Freja 306 Relay Testing Unit. Detta utfördes genom att ansluta de strömgenererande utgångarna från relätestern till mätande reläs ingångar. Denna relätester har många inställningsmöjligheter, och man bör försäkra sig om att alla dessa, i detta fall, inställs så att de motsvarar normala driftförhållanden. Efter att man försäkrat sig om korrekt storlek på genererande felströmmars och spänningars amplitud kunde testsekvenserna inledas. Denna relätester fungerar genom att gradvis öka amplituden på utgångarna och genom tillbakakoppling från skyddsreläets felutgång konstatera fördröjningen emellan överskridet toppvärde och frånslag. Utgående ifrån de i matrisen aktiverade felsituationerna genomförs dessa olika tester med relätestern. Differentialströmmen testas på ett annorlunda sätt än övriga felsituationer. I de tidigare nämnda testskedena konstaterades storlek på överskridet värde och fördröjning till frånslag, emedan det för differentialström i stället testas i en sekvens. I denna sekvens provar reläskyddet olika belopp på differentialström och konstaterar fördröjningen vid varje frånslag, vilket resulterar i en graf. Ibruktagningsprotokollet som bifogats som bilaga 1 är en rapport som gjorts i samband med testerna av utrustningen, och därifrån kan resultaten från samtliga testskeden ses i sin helhet.

Vid tidpunkten för slutgiltig installation av enheterna i mätpanelerna blev man tvungen att konstruera en infällningsplåt för att i kontrollrummet upprätthålla en viss mån av ordning. Detta orsakade inga större problem då man beslutade beställa färdigt bearbetade plåtar i rostfritt stål efter skribentens ritningar.

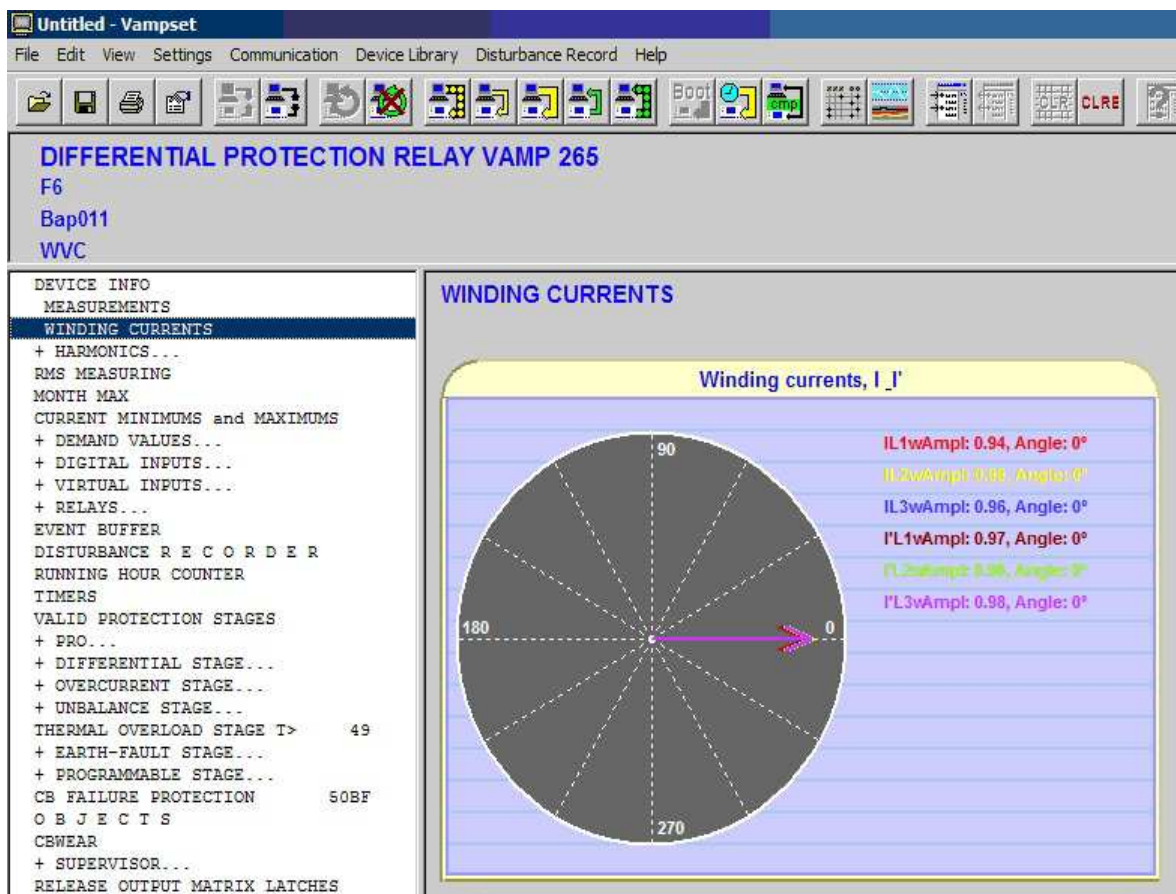
Parallellt med att systemet förnyades blev det nödvändigt att uppdatera ritningar för berörda anläggningsdelar. Däribland kontrollrummets paneler, samt de nya panelerna som krävde en del ombyggnad gällande kopplingar mellan generator och mätpaneler. Ritningar har även uppdaterats gällande skyddsreläernas kopplingar och ledningar emellan nämnda paneler. De ritningar som berör respektive skyddsreläs kopplingar finns bifogade som bilaga 2, bilaga 3 samt bilaga 4. De ritningar som krävde uppdatering efter utförda förändringar i den nya panelen finns bifogade som bilaga 5.

## 6 Resultat

Samtliga skyddsreläer installerades utan större motgångar. Inställningarna av parametrar tog aningen längre tid än väntat, men inga större problem uppstod heller under denna fas av arbetet. Ritningar som gjordes i samband med arbetet har godkänts och dokumenterats.

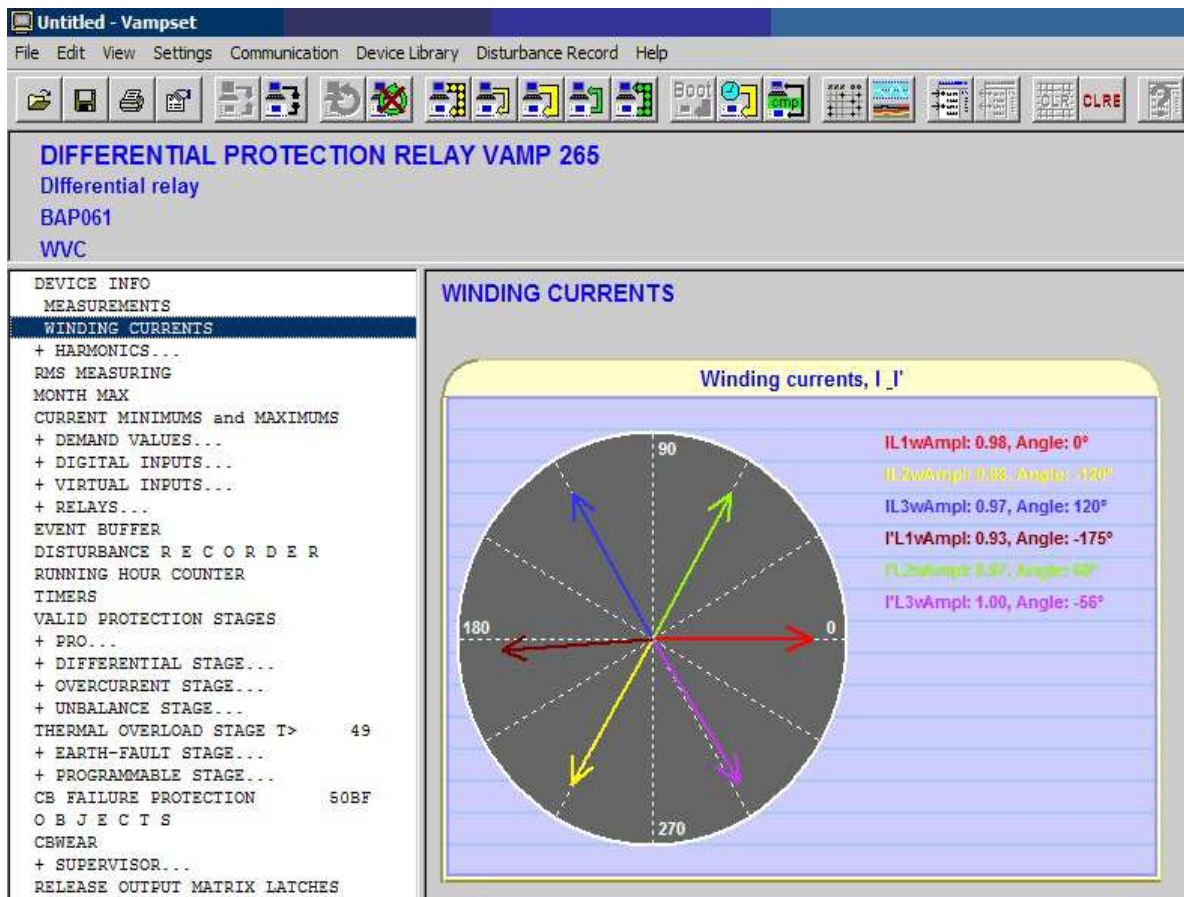
Efter att alla delmoment utförts, gjordes ett komplett ibruktagningstest med Freja 306, och det slutgiltiga protokollet ses som ett intyg över korrekt funktion för skyddssystemet. Detta protokoll kan ses i sin helhet i bilaga 1. Under ibruktagningstesterna med FREJA testades s reläernas utlösningstider när inställda värden överskreds. Differentialskyddet testades i så kallad ramp-up, där en sekvens med olika differentialströmmar och utlösningstider testades, innan slutgiltig graf uppritades automatiskt av FREJA WIN.

Samtliga enheter för generatorns skyddsutrustning installerades och testades med goda resultat. Detta kan ses i bilaga 1. I ett första skede av testerna fanns dock små fel och brister som krävde närmare undersökningar. Som ett exempel kan nämnas att man i ett moment av testerna upptäckte att differentialskyddet visade på felaktiga vinklar mellan de uppmätta strömmarna, se figur 6.



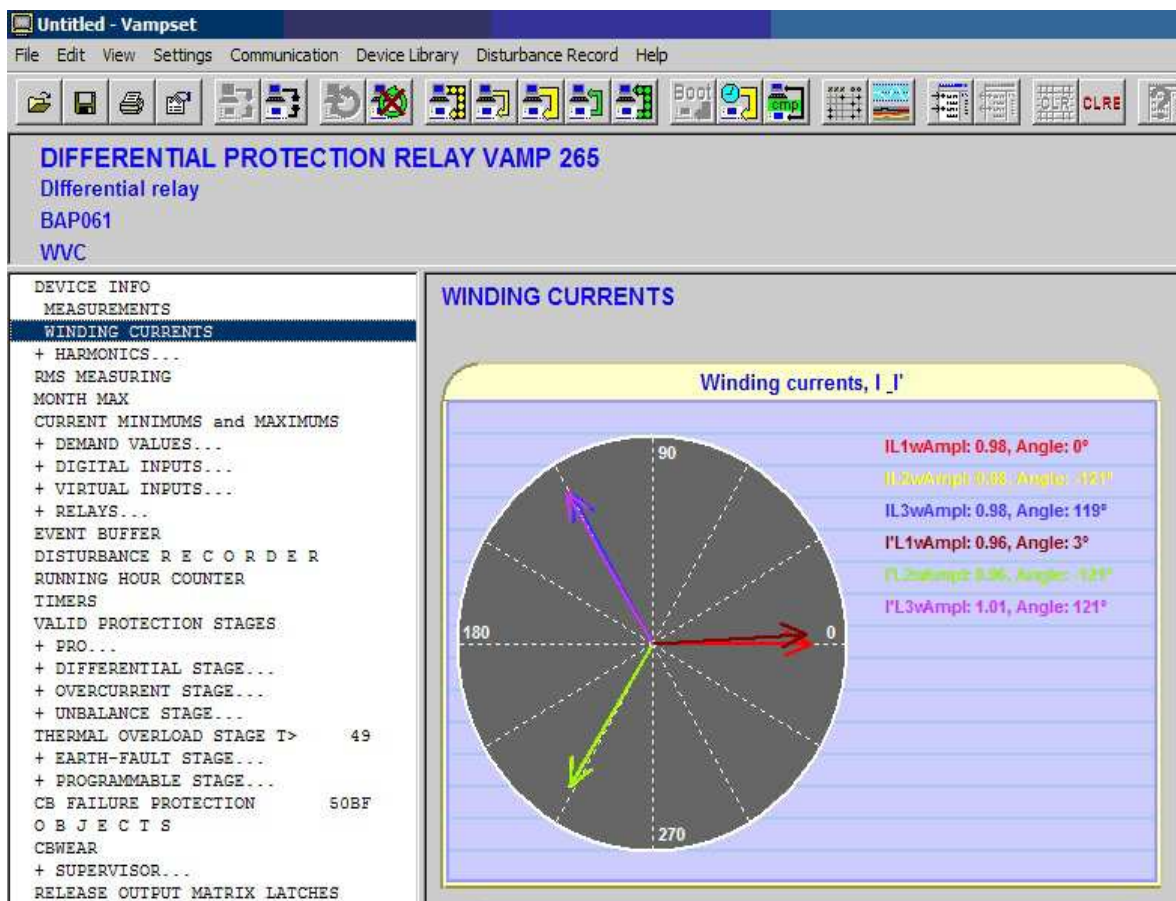
Figur 6. Skärmdump från Vampset, alla strömvektorer har, enligt skyddsreläet, samma riktning.

Detta fenomen kunde inte anses vara riktigt, och jag försökte åtgärda felet genom att kontrollera kopplingarna längs hela systemet, men då man inte kunde hitta några brister i dessa blev skribenten tvungen att som sista utväg pröva byta ut skyddsensheten. Denna metod åtgärdade delvis problemet med strömmarnas visning, men strömvektorerne pekade inte ännu i rätt riktning, se figur 7.



Figur 7. Skärmdump från Vampset, vinklarna mellan generatorns upp- respektive nersida fasförskjutna 180°.

För att åtgärda problemet med fasförskjutningarna beslöt jag mig nu för att kasta om jordpunkten på generatorns nersida, varvid visningen för differentialströmmarna nu kunde anses riktig, se figur 8.



Figur 8. Skärmdump från Vampset, strömvektorerne pekar nu i rätt riktning.

Till slut kunde korrekt visning för den uppmätta strömmen konstateras. Detta problem orsakade mycket huvudbry, då man till en början hade svårt att tänka sig en felaktig enhet. Vad som kan ha orsakat detta visningsfel är ännu oklart, men en spekulation kan vara att reläets kopplingar invändigt var felaktigt utförda.

Utöver detta problem gick ibruktagningen smidigt och mätprotokoll kunde uppgöras. Skyddssystemet kunde härmed konstateras funktionsdugligt, och skribenten konstaterades ha fullbordat installationen av skyddsreläerna.

Skyddssystemet med all utrustning används för närvarande dagligen vid laboratoriet.



## 7 Kritisk granskning och diskussion

Målet med detta arbete var att planera och ta i bruk generatorskydd för tre av laboratoriets generatorer. Skyddsutrustningen bestående av ett generatorskydd, ett differentialskydd och en kraftövervakande enhet, för den första generatorm har testats och används dagligen vid testlaboratoriet. På grund av tidsbrist beslöt man konstatera studien klar i detta skede.

Testerna utfördes självständigt, utan att behöva anlita hjälp utifrån, då laboratoriet ägde den testutrustning som krävdes. Detta moment förenklades ytterligare då dokument i Excel-utförande innehållande beräkningsformler för de olika testerna tagits fram på förhand och tillhandahölls vid tillfället för testerna.

Syftet med arbetet uppfylldes såtillvida att motorn med tillhörande generator har kunnat starta. Då detta har varit ett väldigt specifikt arbete, inom en väldigt begränsat område av en i övrigt stor process, har det således ibland varit svårt att besluta hur omfattande undersökningarna ska vara. Ibland har jag varit tvungen att helt bortse från information, då den antingen endast ytligt tangerat ämnet eller skulle ha presenterat ringa, om alls någon, information väsentlig för arbetet.

Studien hade kunnat genomföras smidigare genom att i ett tidigt skede ha valt ut de mest betydelsefulla metoderna, delmomenten och väsentlig information, och behandlat dessa i lärdomsprovet. Detta hade klart förenklat processen och orsakat mindre huvudbry under själva skrivandets gång.

## Källförteckning

- /1/ ABB Oy. (2012). *Reläskydd - kraftnätets väktare*.  
<http://www.abb.se/cawp/seabb361/2d15bfc06420a186c12572510030282c.aspx>  
27.3.2011 (hämtat: 15.2.2012)
- /2/ Blomqvist, H. (red.) (2009). *Elkraftshandboken. Elkraftsystem 1. Kapitel 12. Skydd av olika systemdelar*. ISBN 978-91-47-05176-2
- /3/ Cronqvist, A. (red.) (2010). *Elkraftshandboken. Elmaskiner. Kapitel 1. Transformatorer*. ISBN 978-91-47-05156-4
- /4/ Megger. (2009). *FREJA 306. Relay Test System*.  
[http://www.nahanagan.com/downloads/freja306\\_en.pdf](http://www.nahanagan.com/downloads/freja306_en.pdf) (hämtat: 2.9.2012)
- /5/ Svenska Akademiens ordbok. (u.å.). sökord: generator.  
<http://g3.spraakdata.gu.se/saob/> (hämtat: 27.03.2011)
- /6/ Vamp Oy. (u.å.). *VAMP 210 Generator protection relay*.  
<http://www.vamp.fi/In%20English/Products/Protection%20relays/VAMP%20210%20Generator%20protection%20relay/Default.aspx> (hämtat: 2.9.2012)
- /7/ Vamp Oy. (u.å.). *VAMP 260 Measuring and monitoring unit*.  
<http://www.vamp.fi/In%20English/Products/Measuring%20and%20monitoring%20units/VAMP%20260%20Measuring%20and%20monitoring%20unit/Default.aspx>  
(hämtat: 2.9.2012)
- /8/ Vamp Oy. (u.å.). *VAMP 265 Generator, transformer and motor differential protection relay*.  
<http://www.vamp.fi/In%20English/Products/Protection%20relays/VAMP%20265%20Generator,%20transformer%20and%20motor%20differential%20protection%20relay/Default.aspx> (hämtat: 2.9.2012)
- /9/ Wärtsilä Oy. (2012). *Detta är wärtsilä*. <http://www.wartsila.com/sv/about/bolag-ledning/koncernstruktur>. (hämtat: 3.9.2012)



Wärtsilä Finland Oy  
 Waskiluoto Validation Centre  
 Joakim Pätt  
 Reininkatu 1 65101 VAASA  
 044-5997634  
[Joakim.patt@wartsila.com](mailto:Joakim.patt@wartsila.com)

## PROTECTION RELAY COMMISSIONING REPORT

This document contains the test data from commissioning of the protection relays in BAP061.

Relays: VAMP 210 Generator protection relay  
 VAMP 260 Power monitoring unit  
 VAMP 265 Differential protection relay

Test equipment:  
 FREJA 306 Relay Testing System

The calculations were based on the previous tripping times and current settings.

### Calculations

#### BAP061:

S: 1125 KVA  
 U: 11 kV  
 Current transformers: 150/5 A

$$I = \frac{1125kVA}{\sqrt{3} \times 11kV} = 59,047 A$$

$$I \geq 20\% \rightarrow 1,2 \times 59,047 A = 70,86 A$$

$$I \geq \frac{70,86 A}{150} = 0,472 PU$$

$$k = 0,1$$

$$I \gg \geq 250\% \rightarrow 2,5 \times 59,047 A = 147,6 A$$

$$I \gg \geq \frac{147,6 A}{150} = 0,98 PU$$

$$t = 0,2$$



**I<sub>0</sub>:**

Cable current transformer: 50/5

I<sub>0</sub>>: 0,1 A

Used current = 0,12A

t: 1,983 s

$0,1/50=0,002$  PU

**U<sub>0</sub>:**

U<sub>0</sub>>: 10 %=11V

Used voltage = 11V

t: 1,981 s



# Testing

## VAMP210

	VAMP	Freja	VAMP	Freja	Used Current	Used Current	Estimated time	Actual time
K	0,1	A	PU					
I>	71	2,366667	0,472		84	2,8	4,156	4,194
I>>	148	4,933333	0,98		159	5,3	0,25	0,215
Io>	1	0,1	0,02		1,2	0,12	2	1,983

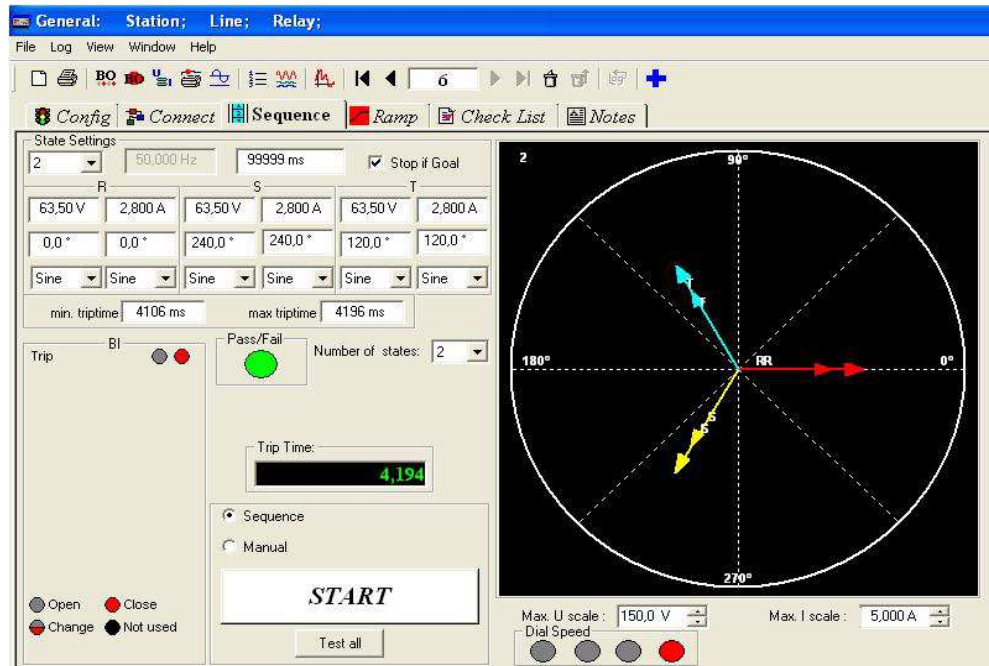


Figure 1: BAP061 I> (with voltages)

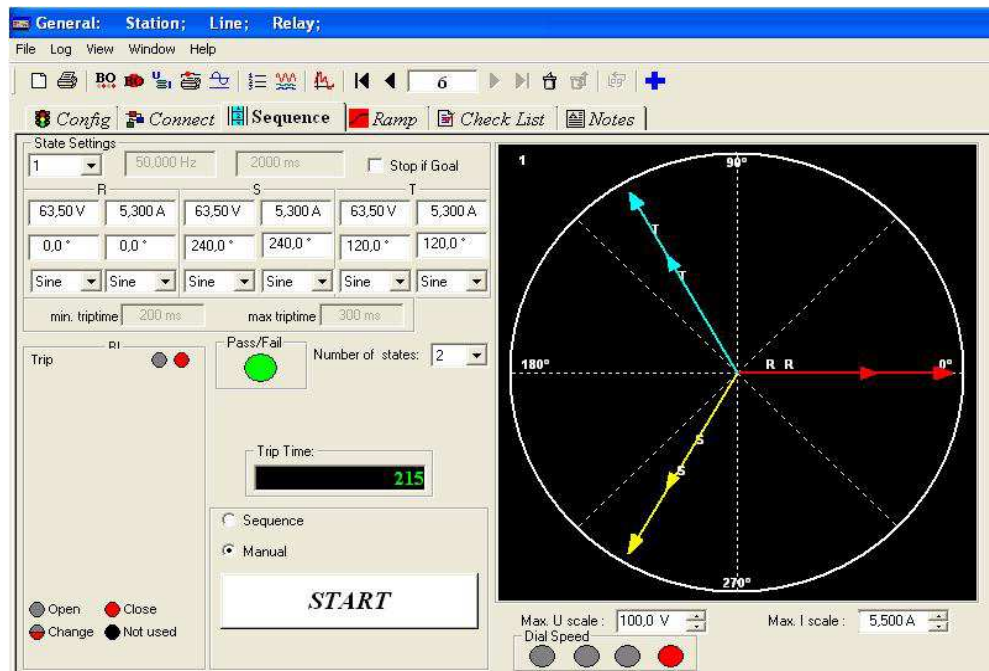


Figure 2: BAP061 I>> (with voltages)

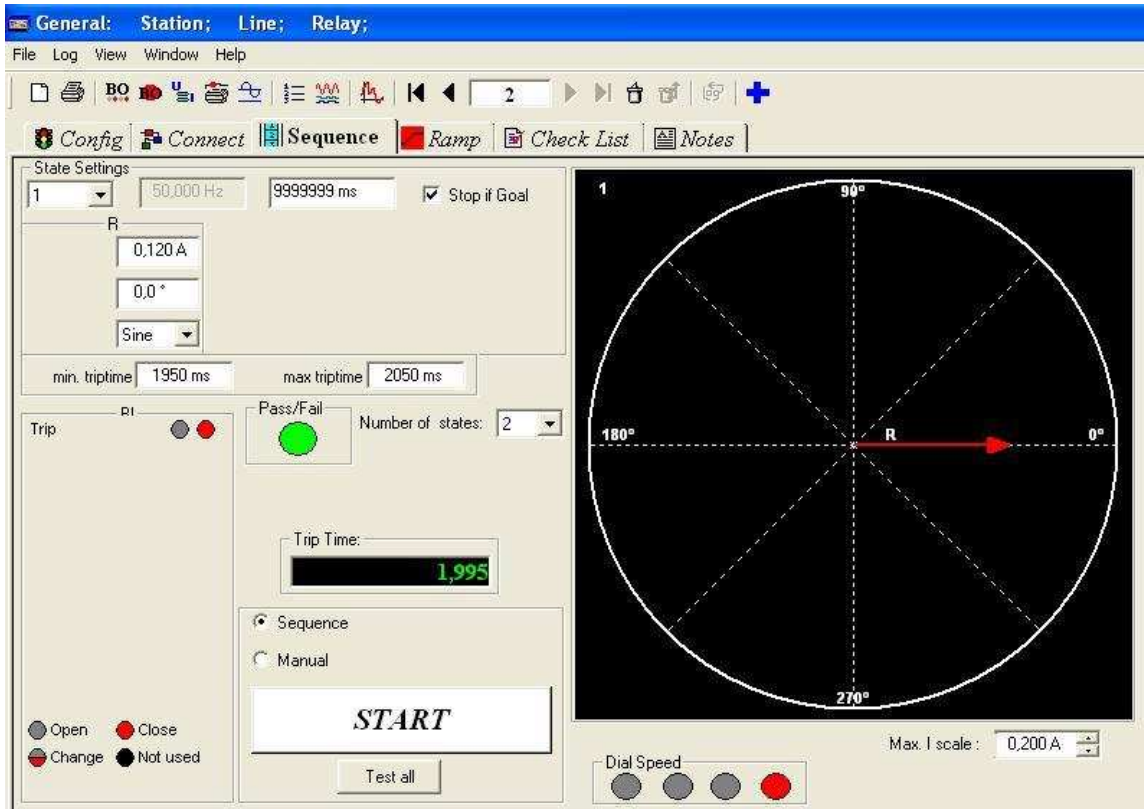


Figure 3: BAP061 Io>

	%	V	Test voltage	Estimated time	Measured time
Uo>	10	11	11	2	1,971

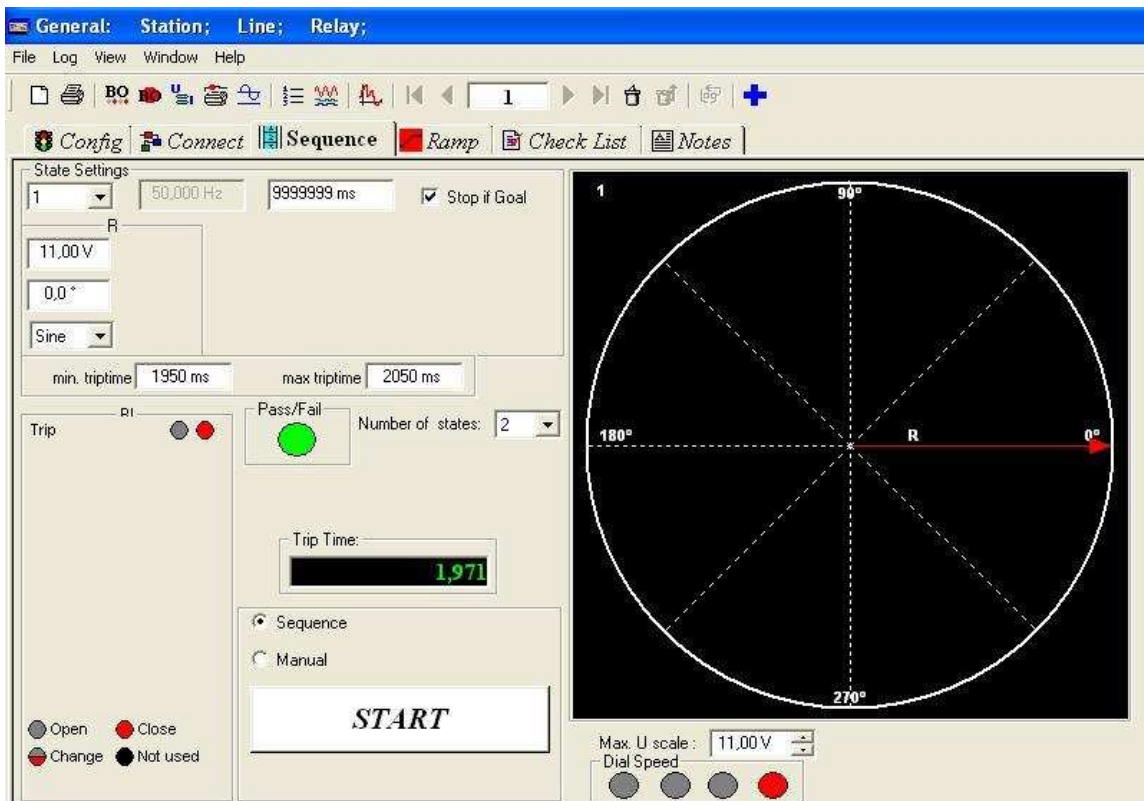


Figure 4: BAP061 Uo>

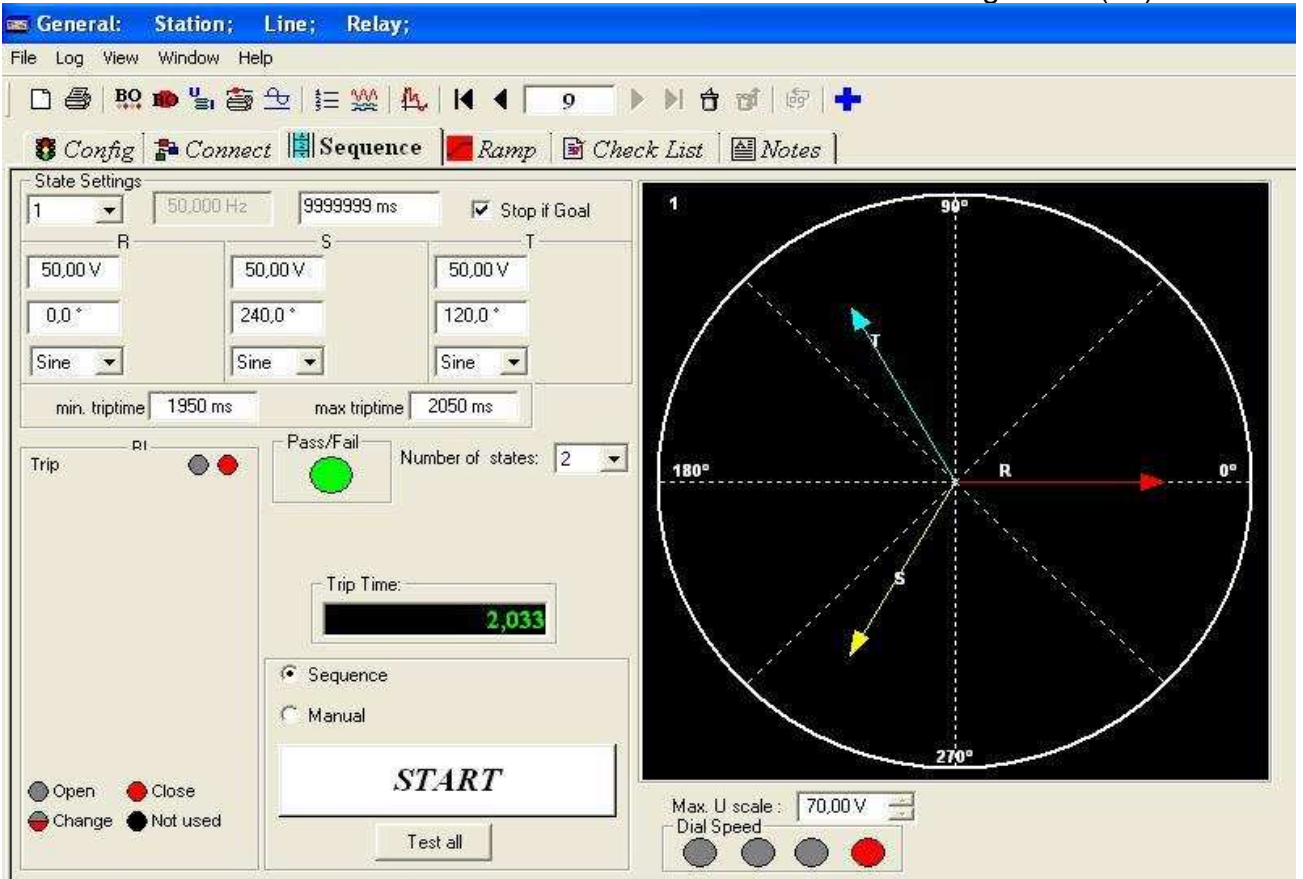


Figure 5: BAP061 U<

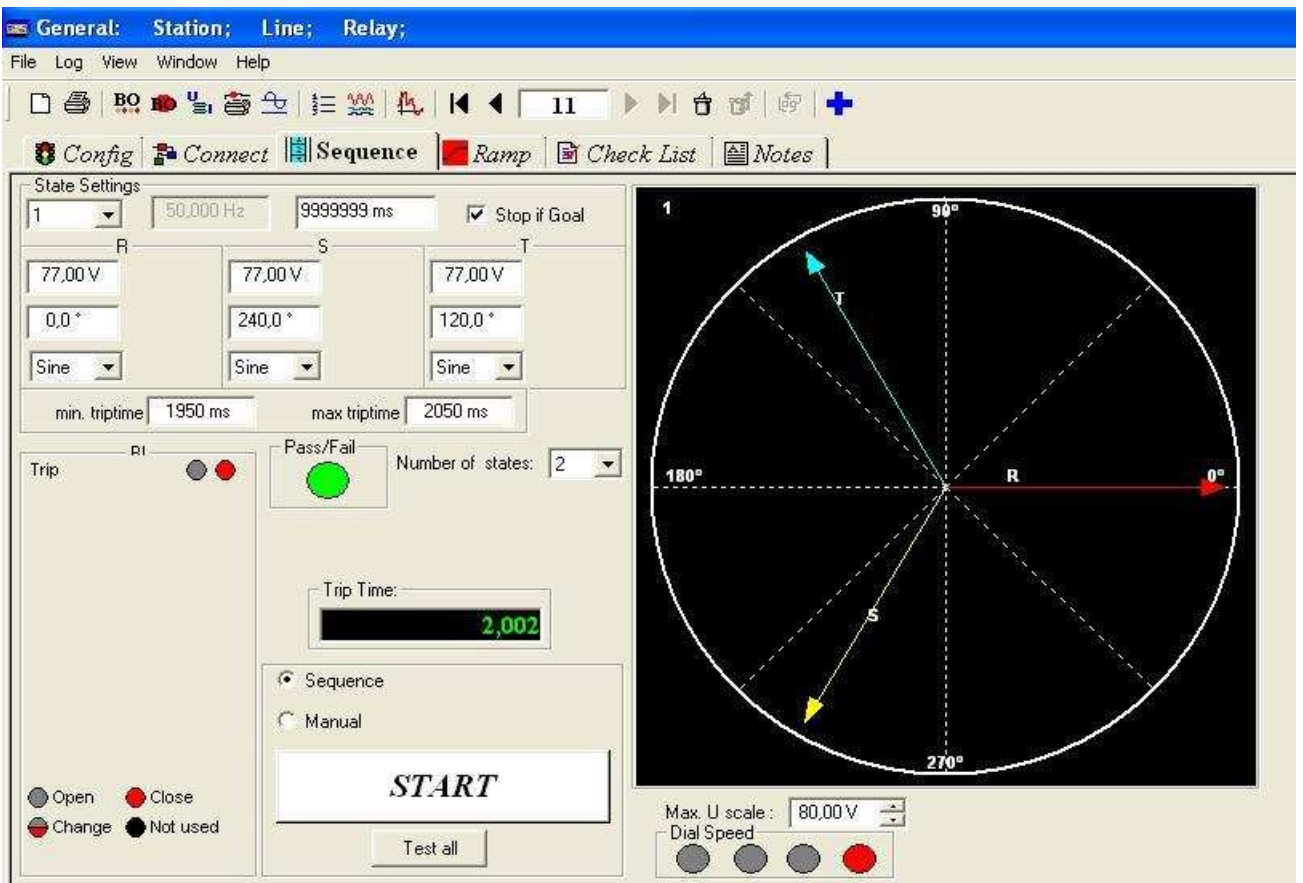


Figure 6: BAP061 U>



## VAMP 260

The screenshot displays the 'POWER MONITOR UNIT VAMP 260' configuration window. The left pane shows a tree view of configuration options, with 'MEASUREMENTS' selected. The right pane, titled 'MEASUREMENTS', shows a list of measured parameters and their current values.

**MEASUREMENTS**

Phase current IL1	50 A
Phase current IL2	50 A
Phase current IL3	50 A
Line-to-line voltage U12	10998 V
Line-to-line voltage U23	10997 V
Line-to-line voltage U31	10998 V
Phase-to-earth voltage UL1	6350 V
Phase-to-earth voltage UL2	6351 V
Phase-to-earth voltage UL3	6349 V
Calculated I <sub>0</sub>	0.00 A
Frequency	50.000 Hz
Adapted frequency	50.0 Hz

Figure 7: BAP061 PMU



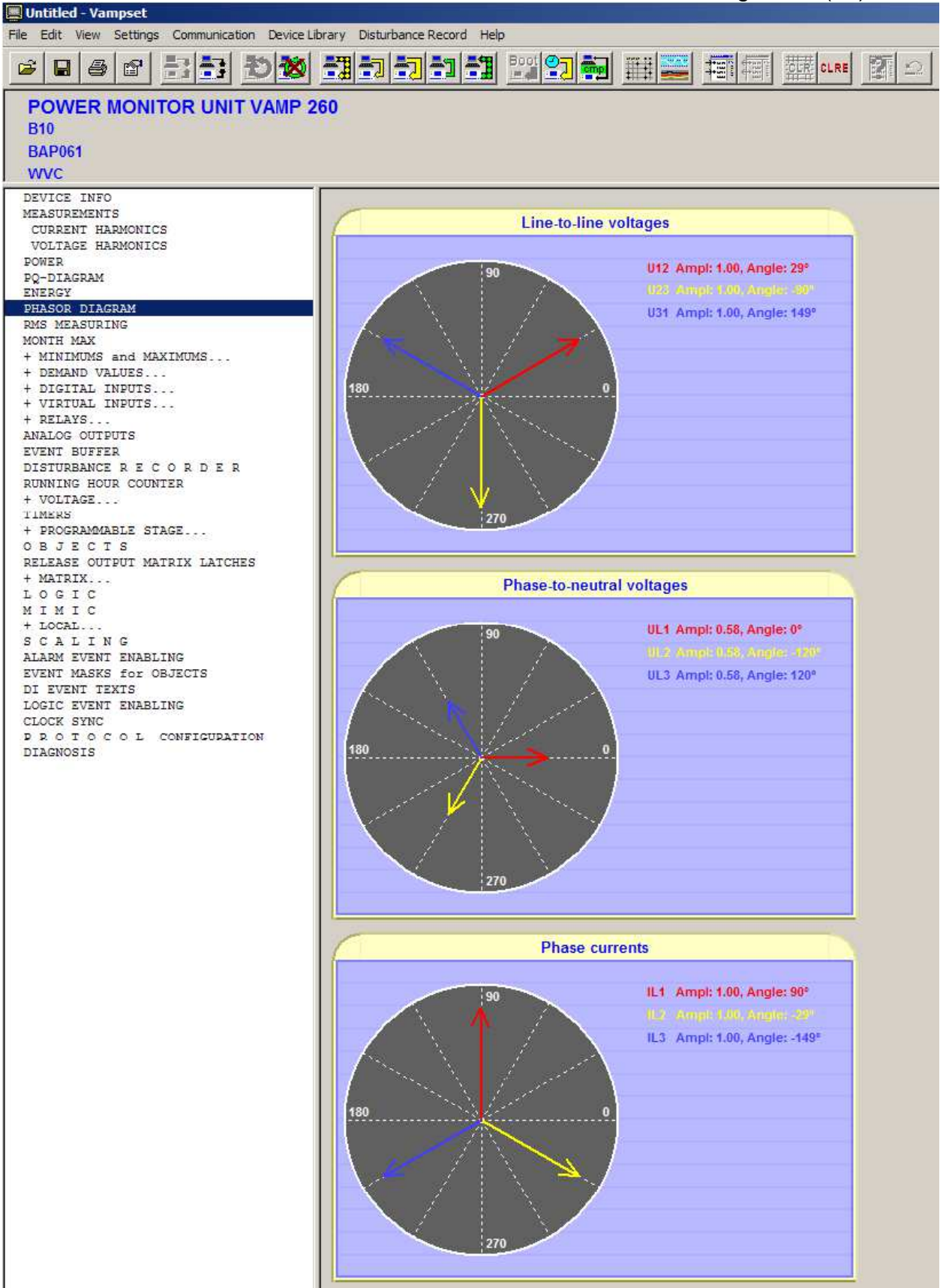


Figure 8: BAP061 PMU Phasor Diagram

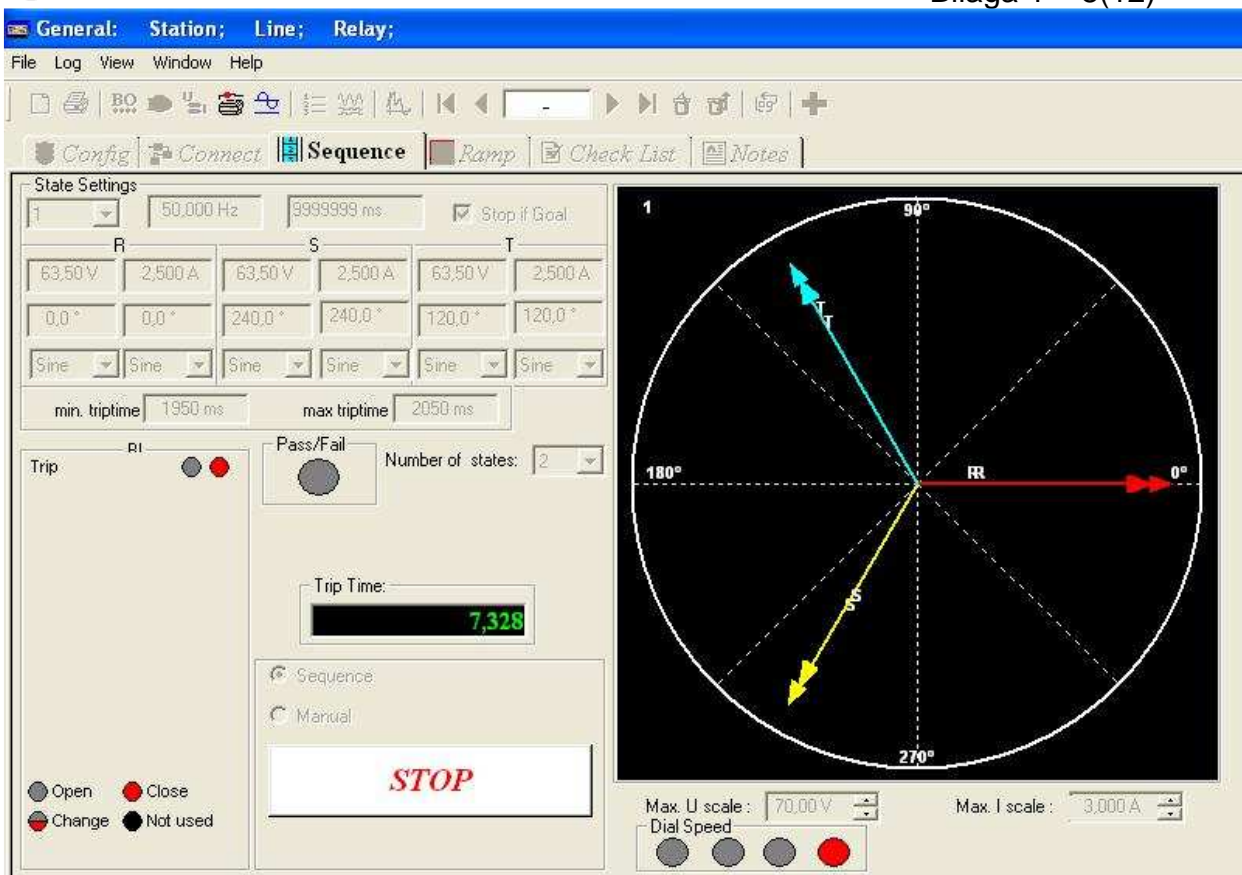


Figure 8: BAP061 FREJA Generated voltages and currents



# VAMP 265

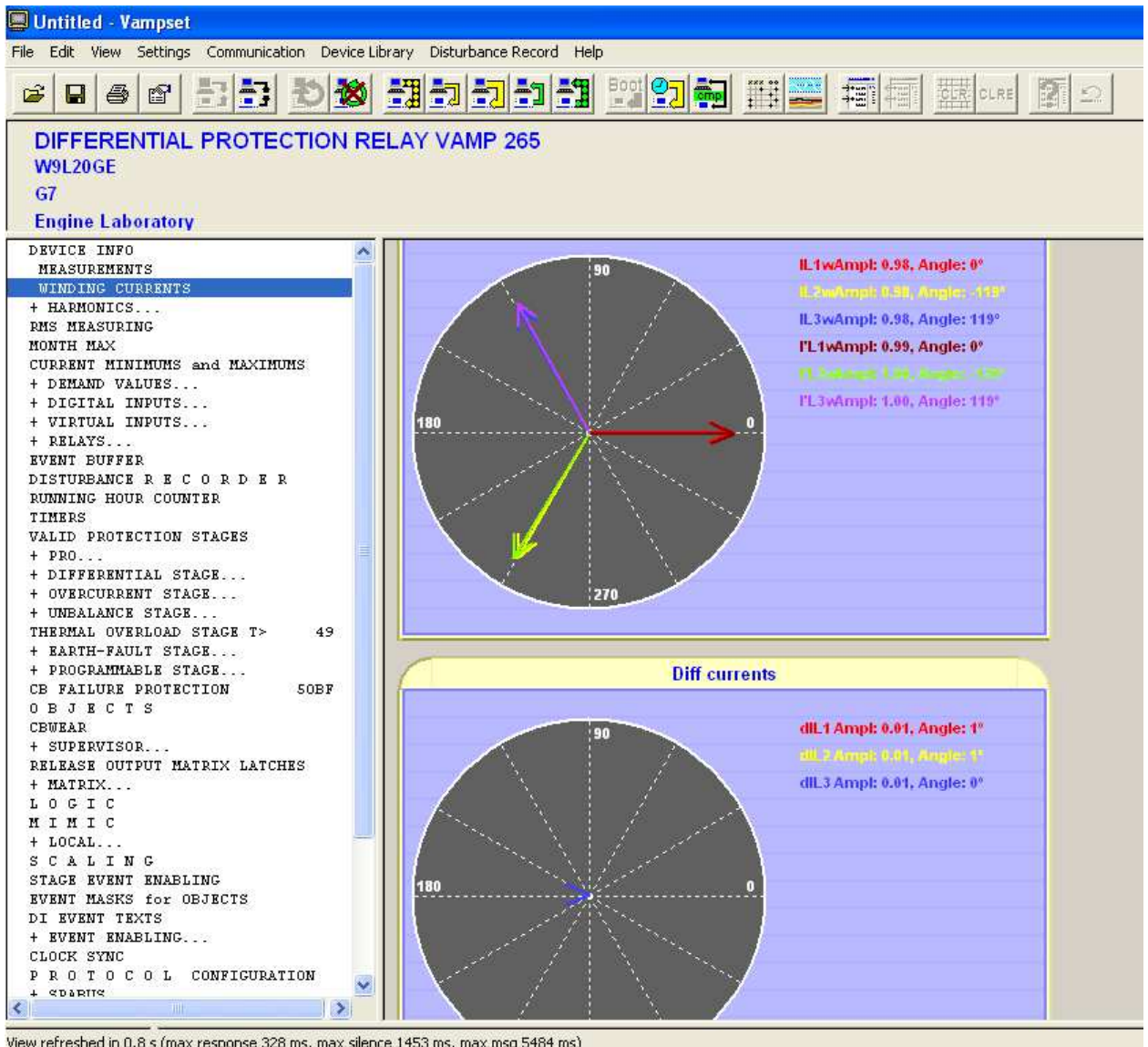


Figure 9: BAP061 Winding currents

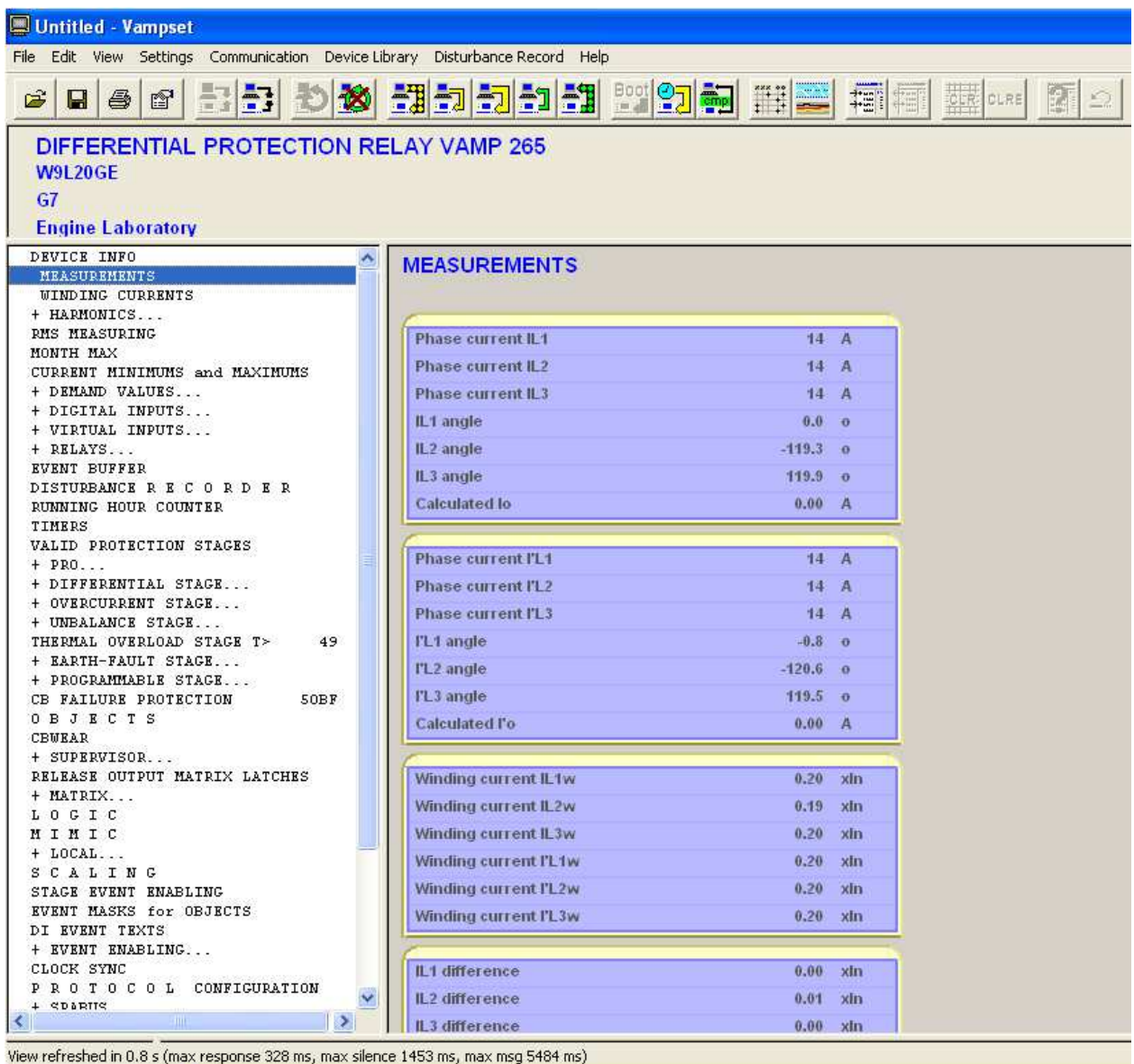


Figure 10: BAP061 Measured Currents

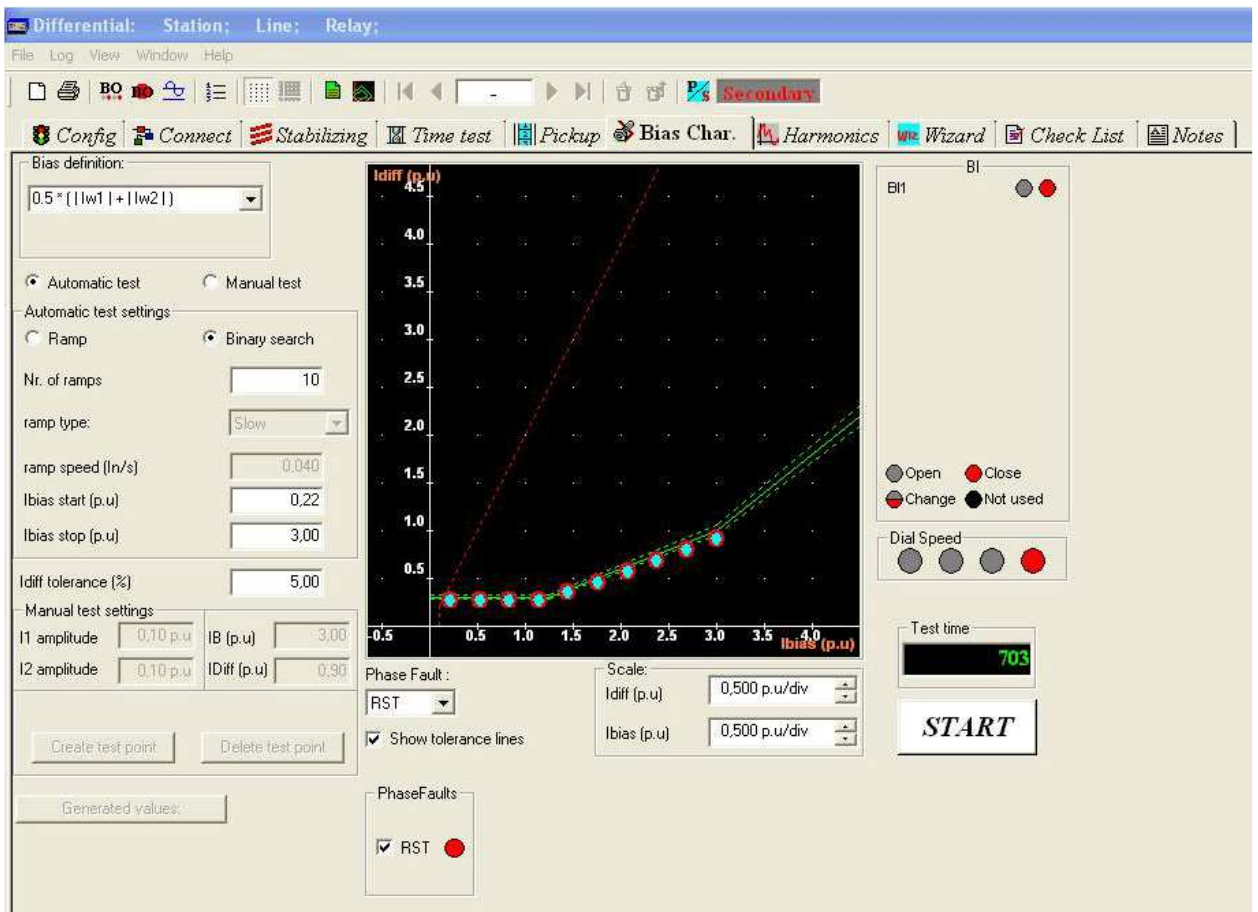


Figure 11: BAP061 Differential bias characteristics

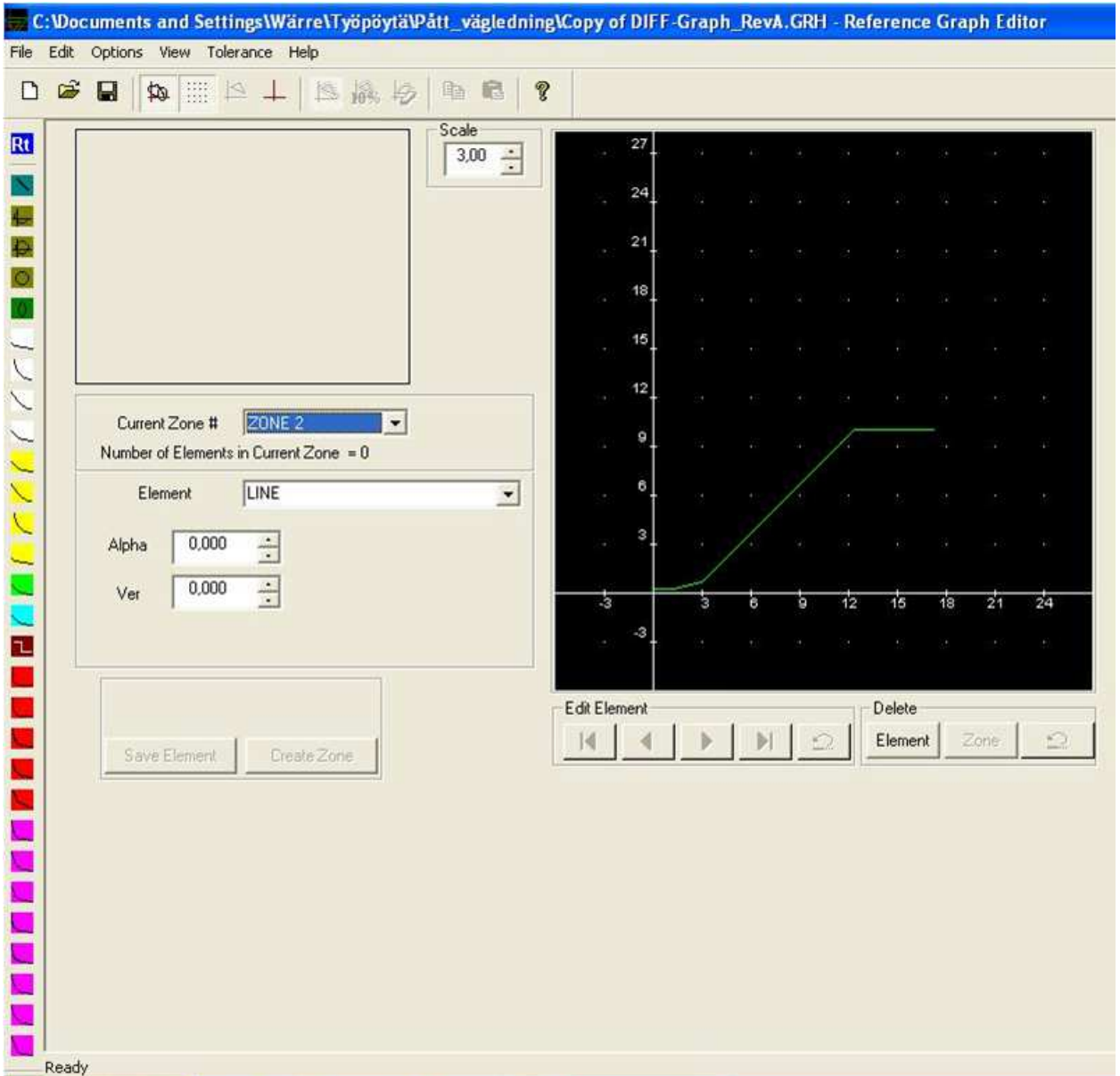
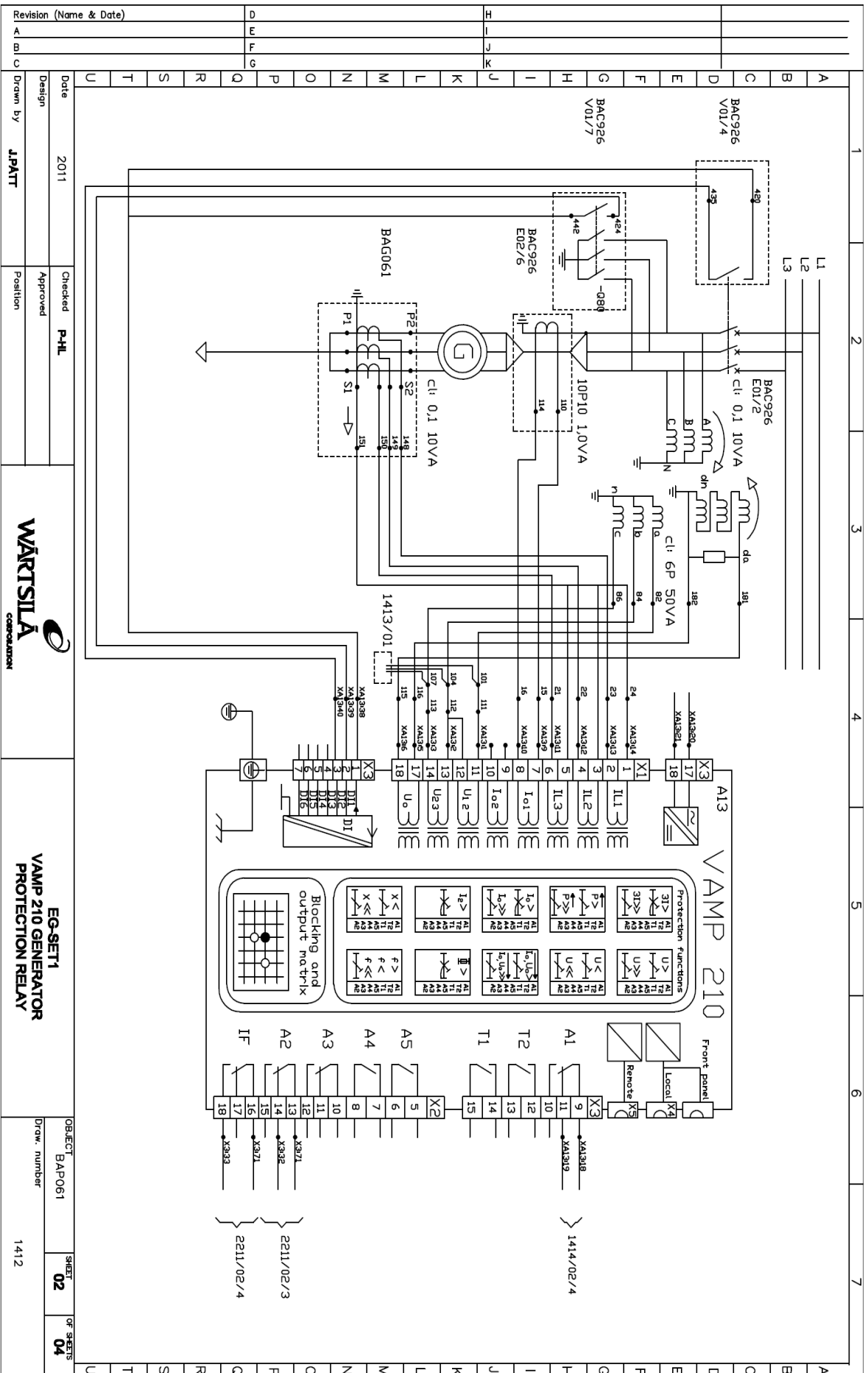
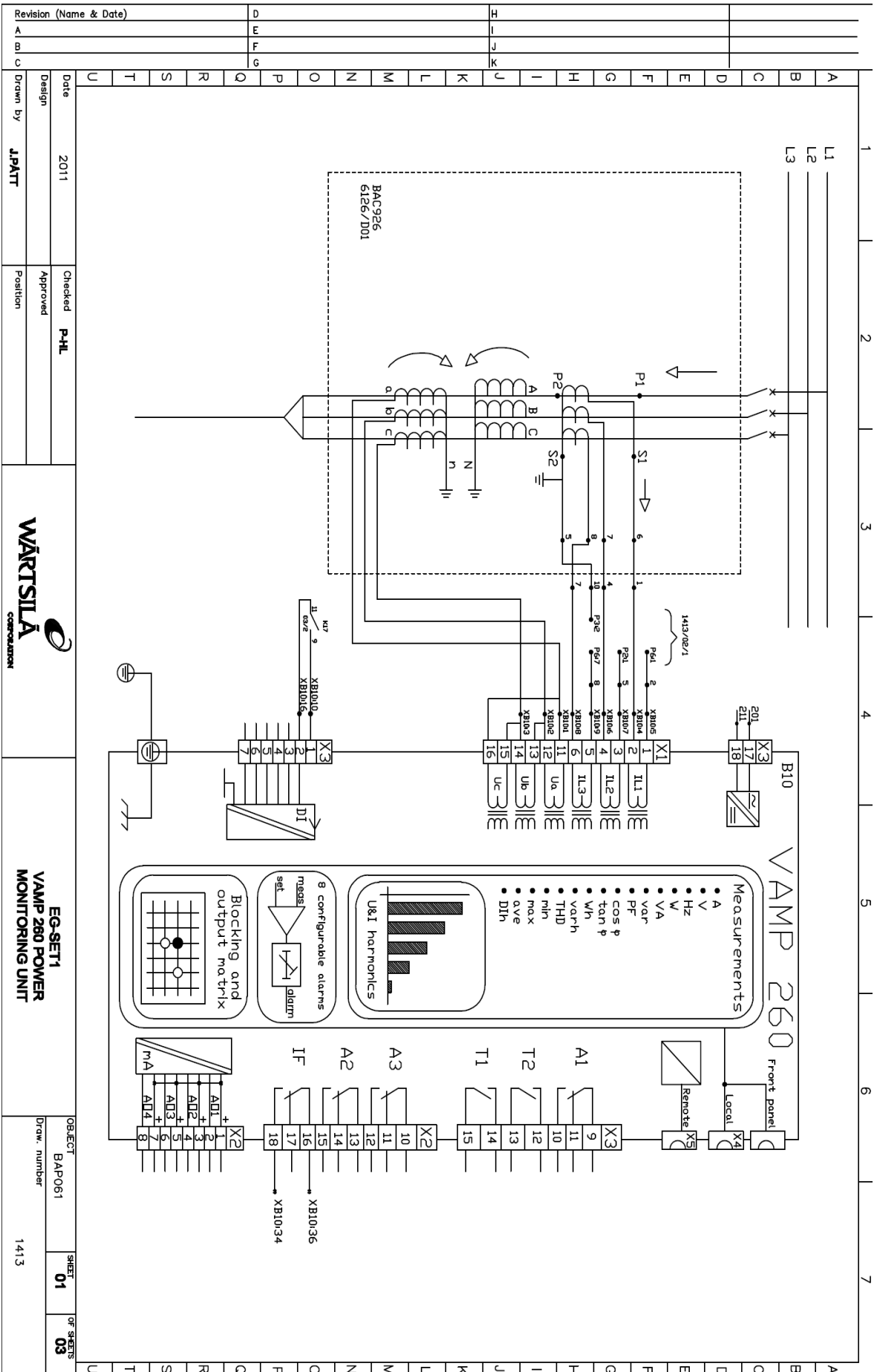


Figure 12: BAP061 Resulting Differential Graph



Revision (Name & Date)		Checked			<b>EG-SET1</b> <b>VAMP 210 GENERATOR</b> <b>PROTECTION RELAY</b>	OBJECT	SHEET	OF SHEETS
A		P-HL	02			04		
B		Approved				Draw number		
C		Position				1412		
D								
E								
F								
G								
H								
I								
J								
K								
L								
M								
N								
O								
P								
Q								
R								
S								
T								
U								



Revision (Name & Date)	D	H
A	E	I
B	F	J
C	G	K

Date	2011	Checked	P.H.L.
Design		Approved	
Drawn by	J.PATT	Position	

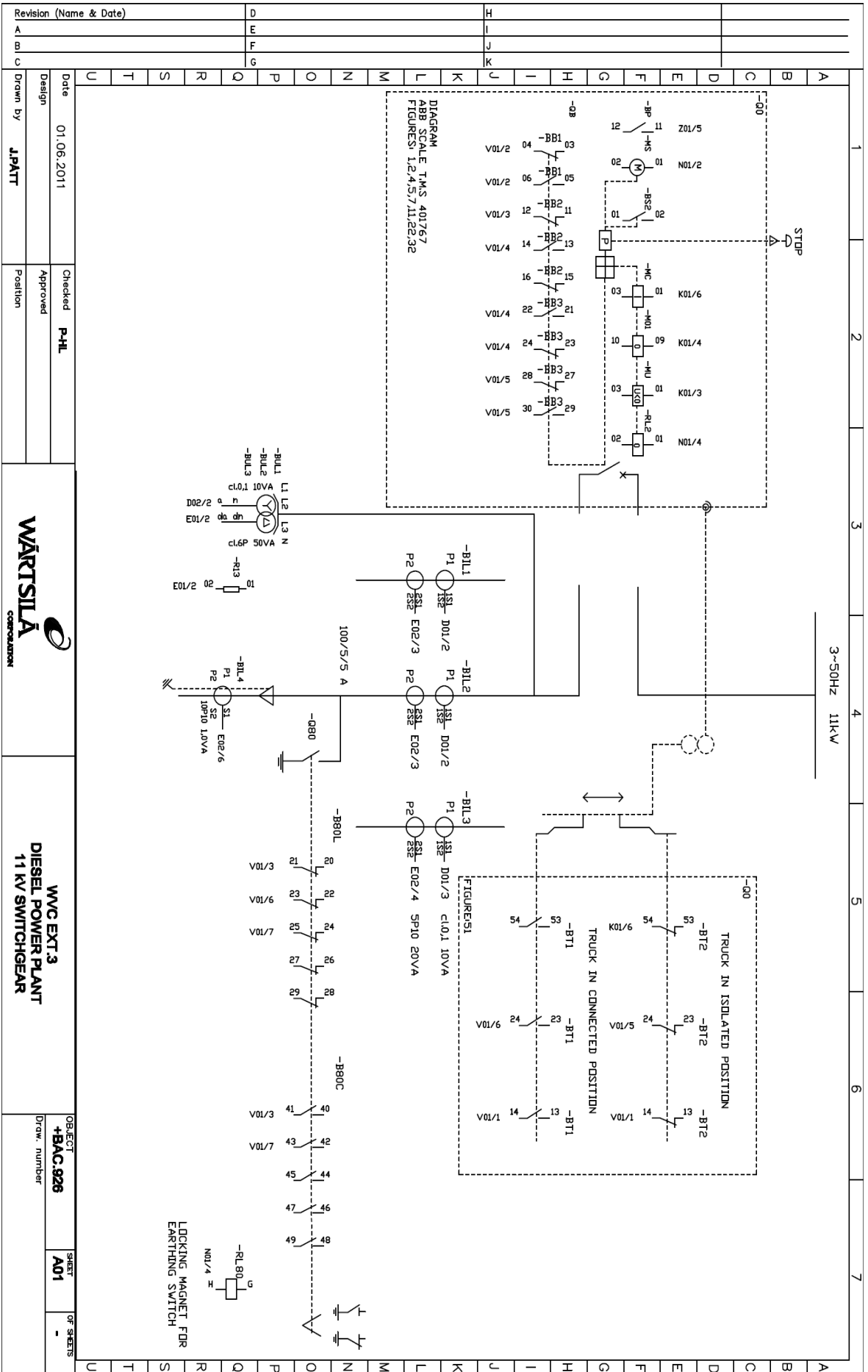
OBJECT	BAP061	SHEET	01	OF SHEETS	03
Draw number	1413				

**WARTSILÄ CORPORATION**

**EG-SET1 VAMP 260 POWER MONITORING UNIT**







**WVC EXT.3  
DIESEL POWER PLANT  
11 kV SWITCHGEAR**

OBJECT  
**+BAC.926**

Draw. number

SHEET  
**A01**

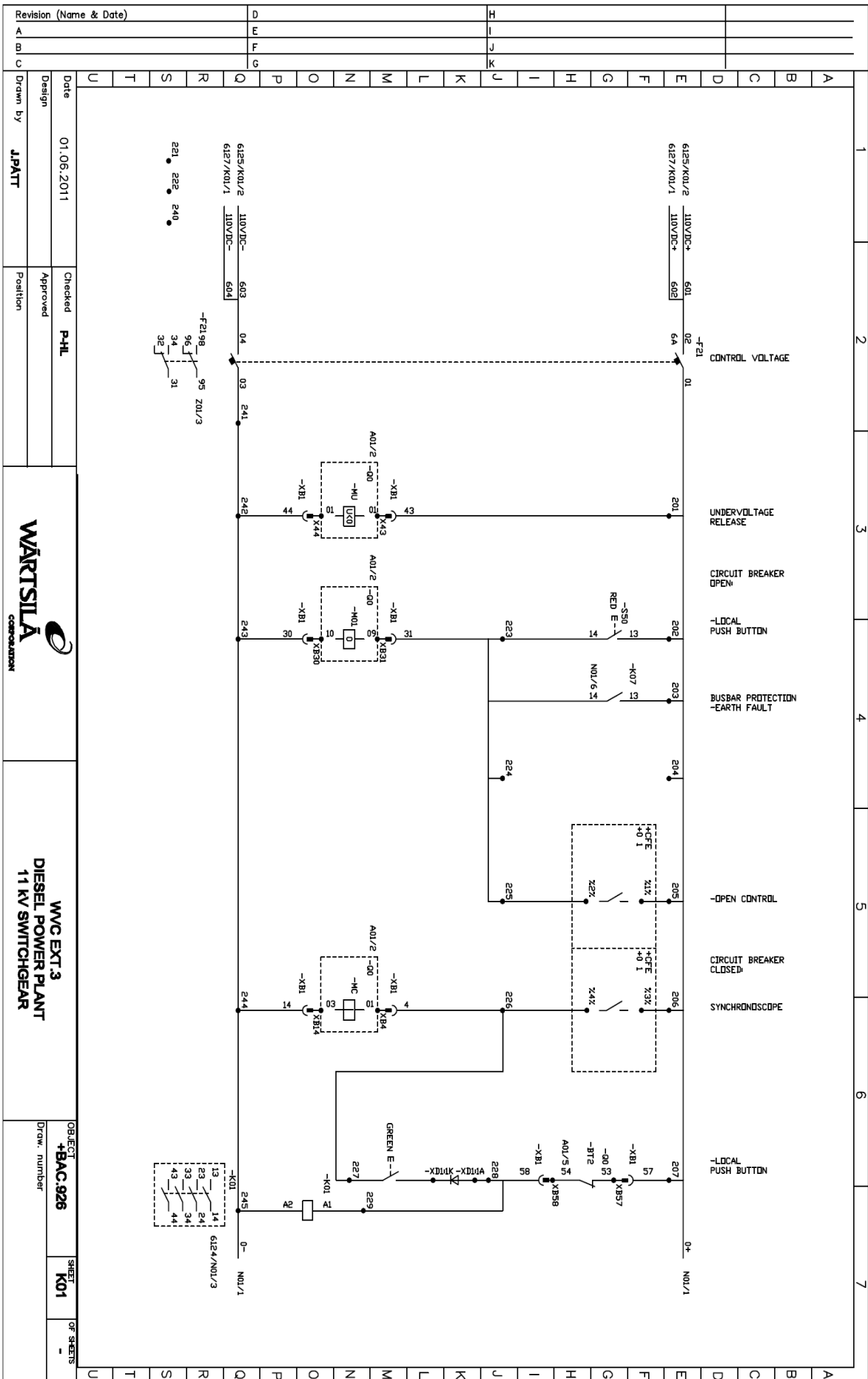
OF SHEETS  
**-**



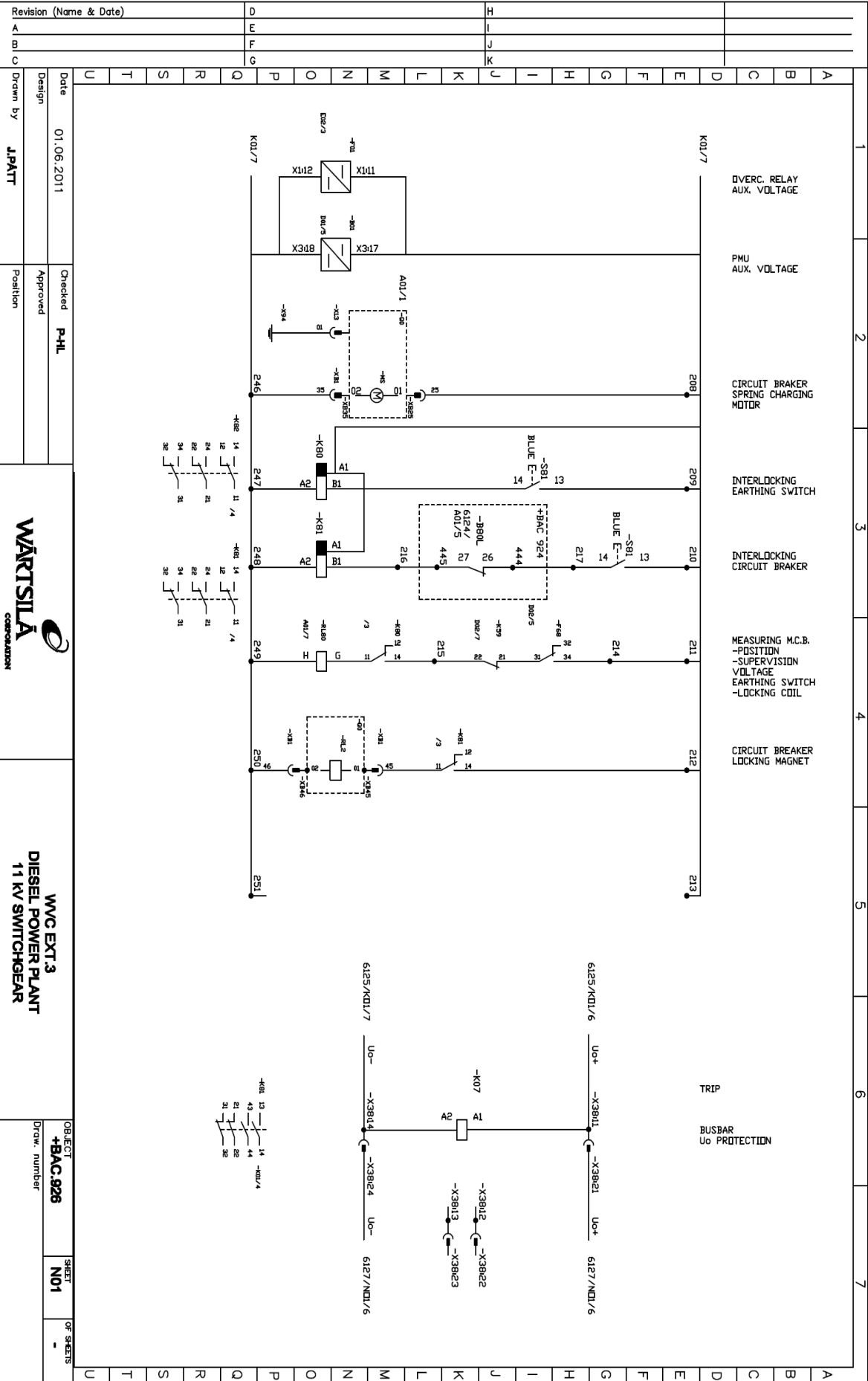








Revision (Name & Date)	D		
	A		
	B		
	C		
Date	01.06.2011	Checked	P-HL
Design		Approved	
Drawn by	J.PATT	Position	
		<b>WVC EXT.3</b> <b>DIESEL POWER PLANT</b> <b>11 kV SWITCHGEAR</b>	
OBJECT	+BAC.926	SHEET	K01
Draw. number		OF SHEETS	-



Revision (Name & Date)	D	U
	A	
	B	
	C	
	D	
	E	
	F	
	G	
	H	
	I	
	J	
	K	
	L	
	M	
	N	
	O	
	P	
	Q	
	R	
	S	
	T	
	U	
Date	01.06.2011	Checked
Design		Approved
Drawn by	J.PATT	Position
<b>WVC EXT. 3</b> <b>DIESEL POWER PLANT</b> <b>11 kV SWITCHGEAR</b>		
OBJECT	<b>+BAC.926</b>	SHEET
Draw. number		<b>N01</b>
		OF SHEETS
		-





