



Utredning inför uppgradering av styrsystem på ett pappersbruk med tillhörande kortslutningsberäkningar

Investigation prior to an upgrade of a control system in a paper mill with related short circuit calculations

*Examensarbete för högskoleingenjörsexamen inom
Elektroingenjörsprogrammet*

Björn Wiklander

Institutionen för Material- och tillverkningsteknik

Avdelningen för Högspänningsteknik

CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA

Göteborg, Sverige 2011

Examinator: Jörgen Blennow

Examensarbete nr 66/2011

**Utredning inför uppgradering av styrsystem på ett pappersbruk med tillhörande
kortslutningsberäkningar**

Björn Wiklander

Institutionen för Material- och tillverkningsteknik
Avdelningen för Högspänningsteknik
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
Göteborg, Sverige 2011

Utredning inför uppgradering av styrsystem på ett pappersbruk med tillhörande
kortslutningsberäkningar

© Björn Wiklander, 2011

Examensarbete nr 66/2011

Institutionen för Material- och tillverkningsteknik

Avdelningen för Högspänningsteknik

CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA

Göteborg, Sverige 2011

SE-412 96 Göteborg

Sweden

Telephone + 46 (0)31-772 1000

Figur på omslaget: Inkommande huvudställverk på SCA Ortvikens papperbruk

Björn Wiklander

Sundsvall, Sverige 2011

Utredning inför uppgradering av styrsystem på ett pappersbruk med tillhörande kortslutningsberäkningar

Björn Wiklander

Institutionen för Material- och tillverkningsteknik
Avdelningen för Högspänningsteknik
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA

Sammanfattning

SCA Ortvikens Pappersbruk ska bygga ut sitt nuvarande styrsystem för högspänning, ABB Microscada, till ett system som även ska kunna klara av att räkna ut kortslutningseffekter vid olika driftlägen på fabriksområdet.

Examensarbetet har som mål att införa en del av pappersbrukets elnät in i det nya styrsystemet samt sammanställa och beräkna nya data för komponenter och utrustning. Efter införandet skall en kontroll av resultaten som styrsystemet ger göras mot befintliga selektivplaner och utförda beräkningar.

Den del som främst har analyserats är en matning som börjar vid inmatningspunkten på Ortviken och följer dessa ner via olika ställverk och matningar till två transformatorer för att sluta på 0,4 kV.

Arbetet har visat att uppgifterna som styrsystemet lämnar angående kortslutningseffekter inte alltid stämmer överens med de värden de kontrollerats mot. Detta visade sig främst vid kontrollberäkningar av de olika transformatorernas bidrag till kortslutningseffekten samtidigt har systemet svårigheter att arbeta med maskade nät. Eftersom Ortviken använder just maskade nät och har två inkommande linjer som vid normal drift ligger parallellt har en kompromiss gjorts, de båda inkommande matningarna antags i alla beräkningar och simuleringar vara en matning, där kortslutningseffekterna summerats.

Abstract

SCA Ortviken paper mill will expand its existing controller systems for high voltages, ABB MicroSCADA, to a system which also should be able to calculate short-circuit powers for different operating modes. The thesis aims to introduce a part of the paper mills power grid into the new controller system and to collect and calculate new data for components and equipment. After the inclusion, a control will be made to check the results that the system reports to the existing short circuit calculations.

The part that has been analyzed is a circuit that starts at the entry point for the incoming connections at Ortviken and follow them down through various substations and transformers to end at 0,4 kV.

The work has shown that the results given by the new system on short circuit powers do not always correspond to the values they are checked against. This was clearly stated when the results from the transformer calculations was reviewed. The system also contains problems working with meshed networks. Ortviken Paper uses masked networks and has two incoming lines during normal operation in a parallel circuit. Because of this problem a compromise has been made, where the two feeds are simulated as one and the short circuit powers has been summarised.

Förord

Detta examensarbete har utförts på SCA Ortvikens pappersbruk i Sundsvall som ett avslut på min utbildning till Elkraftingenjör vid Chalmers tekniska högskola.

Jag vill tacka Ola Löfgren på Ortviken som gjort detta arbete möjligt och hans två kollegor Urban Holmgren och Torbjörn Karlsson som varit till hjälp under arbetet vid frågor, funderingar och förklaringar kring systemen på Ortviken.

Jag vill även passa på och tacka min handledare på Chalmers Aleksander Bartnicki för hans stöd i frågor och kunskap i beräkningar.

Ett stort tack ska även Oskar Nordlander och Lars Eriksson ha för all hjälp, förklaringar, bakgrunder och beskrivningar av kortslutning och jordslutningars påverkan på ett elnät.

Samtliga figurer i texten är reproducerade med vederbörligt tillstånd.

Sundsvall den 20 september 2011

Björn Wiklander

Innehållsförteckning

Sammanfattning	v
Abstract	vi
Förord	vii
Beteckningar och förkortningar	ix
1. Inledning	1
1.1 Bakgrund	1
1.2 Syfte	1
1.3 Avgränsningar	1
2. Teknisk bakgrund	1
2.1 Kortslutningsberäkningar	1
2.2 Selektivitet	3
2.3 Dynamiska kortslutningsberäkningar	4
3. Arbetsgång och användande av programvaror	6
4. Beräkningar av kortslutningsströmmar och effekter	6
4.1 Beräkningar utförda med programmet Netkoll	6
4.2 Beräkningsmodell	7
4.3 Egna beräkningar av kortslutningseffekter	16
4.3.1 Impedanssummeringsmetoden	16
4.3.2 Delkortslutningseffektsmetoden	19
4.3.3 Beräkning av jordslutningsströmmar	21
4.3.4 Beräkning av enfasiga kortslutningsströmmar via neutralledaren	24
5. Styrsystemet	25
5.1 Scadasystem	25
5.2 Beskrivning av DMS600	26
5.2.1 Infogande av data i DMS600	27
5.3 Jämförelse mellan beräkningsresultat	28
6. Diskussion och slutsatser	32
Referenser	34
Appendix A, Netkoll uträkning över ställverk ORT145 – ST2-41	35
Appendix B, Data för en brytare i ABB Safesix serie	37

Beteckningar och förkortningar

I_k	Kortslutningsström (A)
S_k	Kortslutningseffekt (VA)
U_n	Nominell spänning (V)
z_k	relativ kortslutningsimpedans (%)
r_k	relativ kortslutningsresistans (%)
Z_k	Kortslutningsimpedans (Ω /fas)
R_k	Kortslutningsresistans (Ω /fas)
X_k	Kortslutningsreaktans (Ω /fas)
DMS	Distribution Management System
SCADA	Supervisory Control And Data Acquisition (Programvara för styrning av processeer genom grafiska processbilder)

1. Inledning

1.1 Bakgrund

Ortviken är ett pappersbruk beläget i Sundsvall och tillhör SCA koncernen. Ortviken är en stor elenergiförbrukare med en konsumtion på ca 2 TWh årligen, och med ett distributionssystem som har en spänning från 145 kV ner till 10, 6,3, 0,7 och 0,4 kV är Ortvikens elnät något som påminner om elnätet i en mindre stad.

Kraftförsörjningen styrs idag med hjälp av ABB MicroSCADA styrsystem. Detta planeras idag att utökas till ett system som även ska omfatta selektivitetsplaner, kunna vara till stöd vid driftomläggningar samt tydligt kunna ge en illustrativ bild av den aktuella driftanläggningen på bruket.

1.2 Syfte

Selektivplansberäkningar, är idag en tjänst Ortviken köper av en konsult. På sikt skulle alla beräkningar och inställningar kunna föras över till det nya systemet från ABB för att själva kunna ha kontrollen på egna nätdata. Idag finns all den informationen i en konsults databas, vilket i sig inte är något fel men ökar sårbarheten om konsultverksamheten läggs ner eller säljs.

Syftet med examensprojektet är att pröva det nya styrsystemet, att bygga upp en liten del av Ortvikens distributionsnät med korrekta nätdata och kontrollera de värden på kortslutningsströmmar och selektivplaner som det nya systemet ger, med befintliga beräkningar.

1.3 Avgränsningar

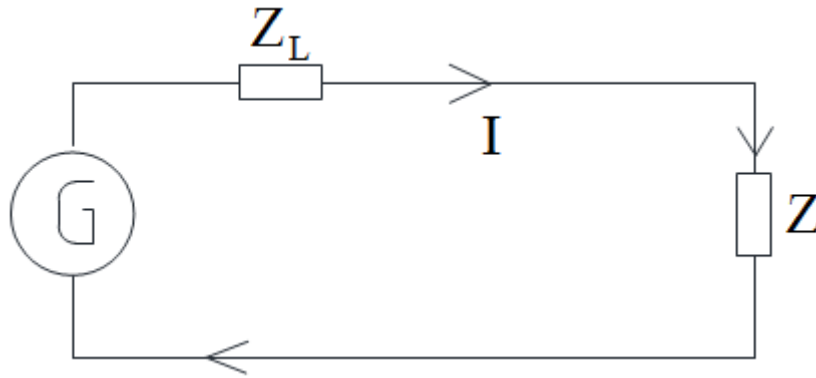
Examensarbetet har ej som syfte att slutföra uppgraderingsprojektet med att gå igenom all tillgänglig nätdata på Ortviken och införa denna i systemet. Arbetet kommer istället att rikta in sig på att införa en del av Ortvikens elnät in i det nya styrsystemet samt upprätta dokumentation med data för komponenter och inkommande strömmar. Efter införandet kontrolleras resultaten som styrsystemet ger angående kortslutningseffekter.

2. Teknisk bakgrund

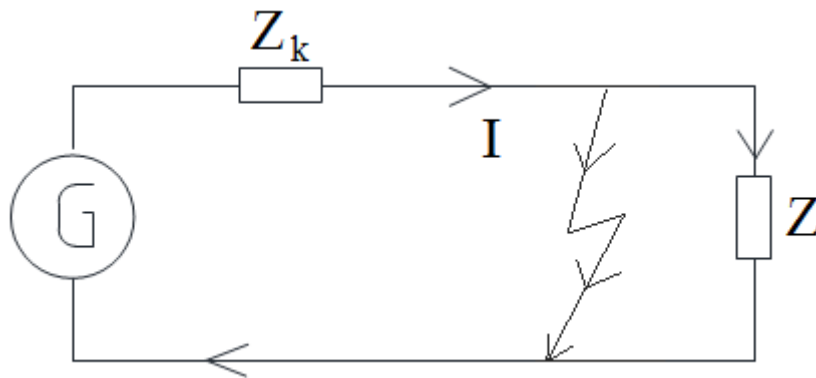
2.1 Kortslutningsberäkningar

En kortslutning kan beskrivas som en förbindelse mellan jord och en eller flera faser (jordslutning), mellan två faser (tvåfasig kortslutning), eller mellan tre faser (trefasig kortslutning). Vid en kortslutning kommer en kraftigare ström uppstå än vad system är dimensionerat för i ett normalt driftsfall [1].

Figur 1 och 2 illustrerar en krets i olika tillstånd, överst en krets i stationärt tillstånd och nederst samma krets men med en jordslutning mellan fas och jord utan övergångsimpedans i felstället. Detta orsakar att en hög kortslutningsström kommer att flyta i kretsen. Generatoren i kretsen betecknas G och utgör spänningskälla i den aktuella kretsen, Z är beteckningen för lastens impedans, Z_L är ledningens impedans, Z_k är kortslutningsimpedansen.



Figur 1: Ekvivalent Y-fas schema över en krets i normalt tillstånd, pilarna visar strömmens riktning



Figur 2: Ekvivalent Y-fas schema över en kortslutning mellan jord och fas (jordslutning) utan övergångsmotstånd i felstället, pilarna visar strömmens riktning efter att felet uppstått

Vid dimensionering av elsystem tas hänsyn till kortslutningar. Detta på grund av de starka mekaniska och termiska påkänningar dessa skapar på utrustningen i en krets. I denna rapport tas enbart exempel och beskrivningar upp av växelspanningssystem.

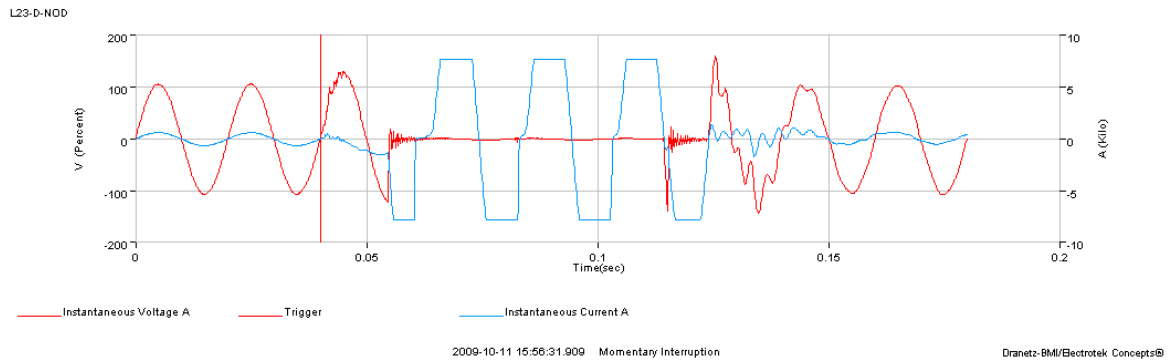
Den kortslutna kretsens impedans är ofta nära noll, vilket medför att en oändligt hög ström skulle uppstå om den inte begränsades av det matande nätet. För att dimensionera utrustning för dessa strömmar utförs kortslutningsberäkningar. Dessa beräkningar utförs ofta med hjälp av sambandet nedan

$$I_k = \frac{S_k}{\sqrt{3}U_n} \quad (1)$$

Ekvation (1) visar sambandet mellan kortslutningseffekt, märkspänning och kortslutningsström.

Dessa värden är de som styr kostnaden för utrustningen i systemet. En högre kortslutningseffekt medför att kraftigare och därutav också dyrare utrustning behöver användas [2].

En hög kortslutningseffekt är ett krav för vad som kallas ett starkt bakomliggande nät. På Ortviken är det önskvärt med ett starkt nät, då start av stora laster såsom motorer annars skulle orsaka störningar på distributionsnätet och därför görs ingenting för att minska på kortslutningseffekten.



Figur 3: Trefasig kortslutning med samtidig jordslutning, på 145 kV nivå på Ortviken.

Figur 3, visar ström och spänning vid en kortslutning. Spänningen blir noll och strömmen blir flera ggr högre än normalt och detta sker i några millisekunder tills en brytare bortkopplar felkällan.

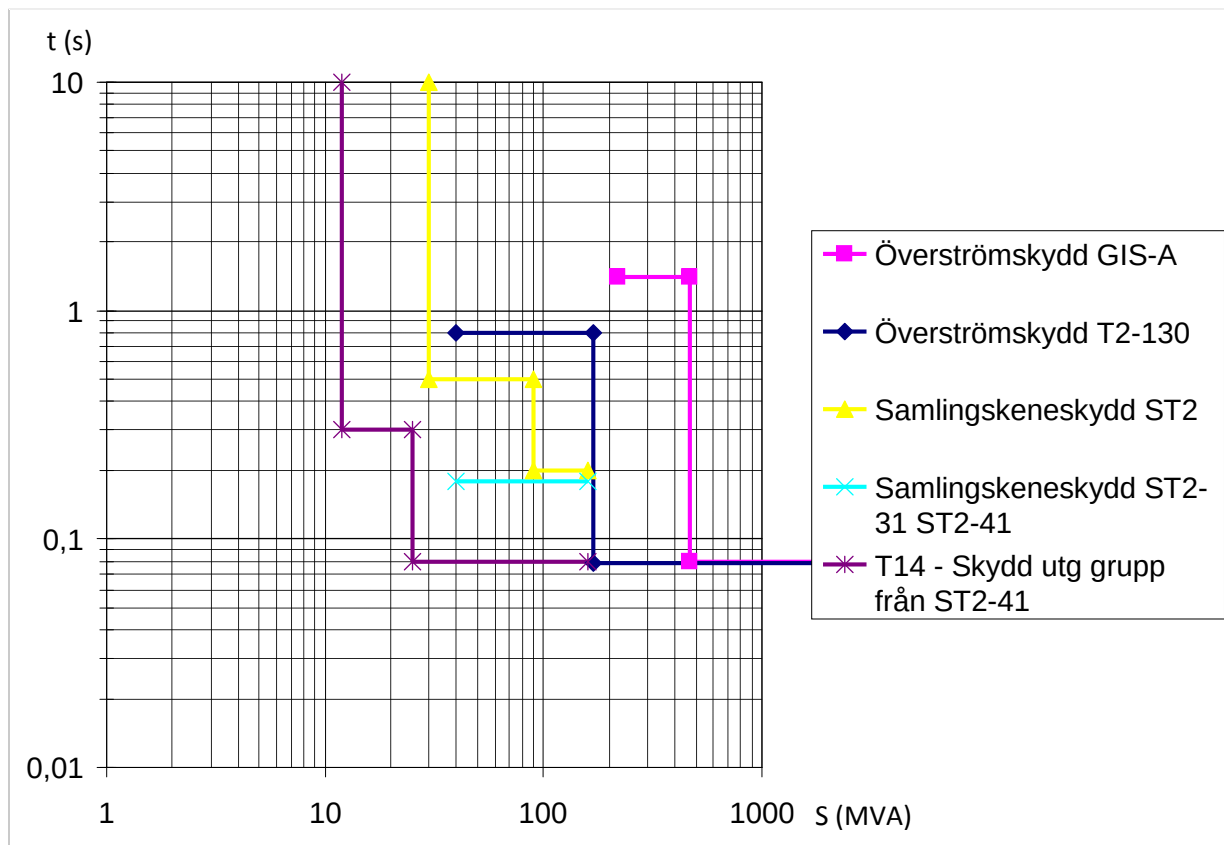
Stora felströmmar försöker man att undvika och ett av sätten är att vid ett jordfel använda ett icke direktjordat system. På Ortviken används en nollpunktsresistans på 6 kV nivån och med hjälp av ett sådant kan felströmmarna minimeras vid ett jordfel, och driften behöver inte påverkas eftersom de kan fortsätta trots ett jordfel.

2.2 Selektivitet

Selektivitet är en metod som används för att säkerställa drift i alla anläggningar små som stora. Det beskrivs lättast som ett sätt att vid ett fel endast koppla bort den kringliggande utrustning, även om alla skydd i den aktuella kretsen registrerar felströmmen. För att åstadkomma detta installeras brytare eller säkringar så nära känslig utrustning som möjligt. Det kan även göras genom inställningar i skydd eller använda säkringar som har en kortare utlösningstid än den ovanliggande matande brytaren eller säkringar har.

Exempel: Om det hemma hos Kalle inträffar en kortslutning i brödrosten, ska först en säkring i Kalles proppskåp lösa ut, och inte en brytare ute hos nätleverantören.

I ett stort distributionsnät där det kan finnas möjlighet att mata en punkt i nätet på olika sätt är det viktigt att skydd är uträknade och inställda på rätt sätt. Detta kan vara problematiskt då olika driftlägen ger olika kortslutningseffekter. Problemet kan lösas på olika sätt. Ett sätt är att använda överdimensionering, där utrustningen tål alla olika driftlägen. Ett annat sätt att lösa problemet är att för varje driftläge använda olika inställningar.



Figur 4: Ett effekt/tid diagram, beskriver hur inställningar på skydd i en krets ser ut. Kretsen är densamma som i figur 7, se sidan 8

Med termen selektivitet menas inte enbart dimensionering av brytare och säkringar, utan en viktig del av en selektivplan är dimensioneringen av all utrustning i kretsen. Kablar ska utöver de nominella strömmarna klara de högre kortslutningsströmmarna. Vid dimensionering av kablar och luftledningar använder man sig av beräkningar för belastningsförmåga, vid dessa beräkningar tas alla sorters förhållanden i beaktning, såsom om kablarna är dragna på kabelstege eller nedgrävda i mark, omgivningstemperaturer osv.

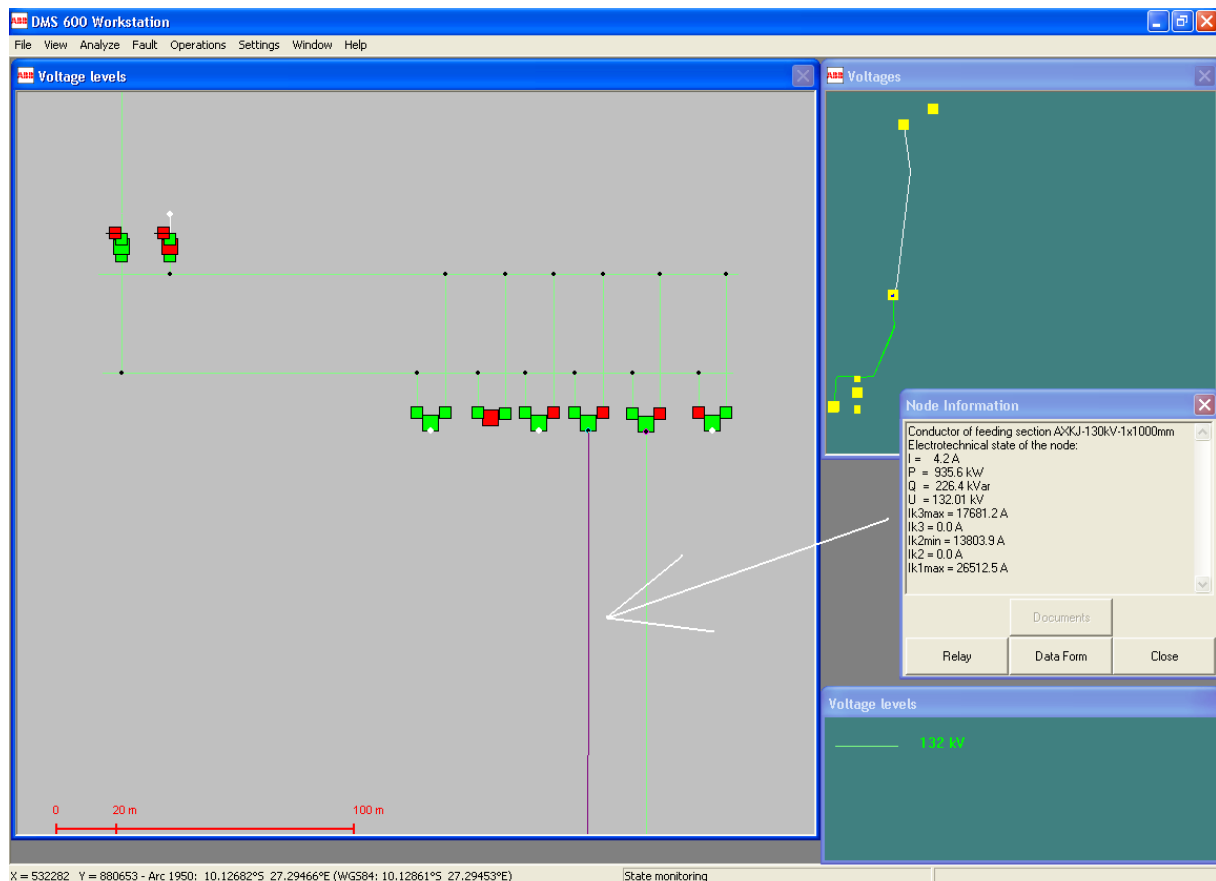
2.3 Dynamiska kortslutningsberäkningar

Då det finns stora möjligheter på Ortviken att göra olika driftomläggningar vid t.ex. fel eller underhåll finns ett önskat behov av att kunna på ett enkelt och illustrativt sätt se vilka kortslutningseffekter som kan tänkas uppstå vid olika driftstfall.

ABB har en programvara (DMS600) som kan sköta kortslutningsberäkningar för elkraftssystem. Programvaran har möjlighet att antingen via simulering eller via skarpa kommandon ut till brytare och utrustning kunna göra olika omräkningar vid olika typer av driftläggningar. Då det på ett pappersbruk finns väldigt många motorer, transformatorer och även generatorer kan det uppstå väldigt många olika scenarier där kortslutningseffekterna kan variera väldigt mycket.

Systemet kan även på ett illustrativt sätt visa detta genom att färglägga olika matningar med olika färger allt efter förmåga att klara av kortslutningsberäkningar, systemet kan också visa olika färgkoder beroende på aktuell belastning, belastningsbarhet och spänningsnivåer. Normalt visar också systemet om det finns spänningslösa delar i systemet.

Nedan en bild på hur styrsystemet DMS600 visar kortslutningseffekter, det är dynamiskt på det sättet att om man ändrar kopplingsläge så räknas alla data för kortslutningsströmmar och spänningsfall ut automatiskt.



Figur 5: Schematisk bild över ett distributionsnät, till höger visas hur systemet räknar ut kortslutningsströmmar för en kabel (lila linje) i systemet

De färger som kan ses i bilden förklaras nedan [4]

De gröna linjerna visar att de har en spänningsnivå på 132kV

Den lila färgen på visar att en linje är markerad

De värden som kan ses i dialogrutan förklaras nedan [4]

I - den nominella ström som flyter i kretsen i normalt driftläge

P - den nominella effekt som leds fram genom ledningen

Q - den reaktiva effekten

U - den aktuella spänningsnivån

I_{k3max}	- den kortslutningsström som skulle uppstå vid en trefasig kortslutning, vid början på en matning sett i strömmens riktning.
I_{k3}	- den senast uppmätta trefasiga kortslutningsström
I_{k2min}	- den lägsta kortslutningsström som kan uppstå i änden på en matning sett i strömens riktning mellan två fasledare
I_{k2}	- den senaste uppmätta tvåfasiga kortslutningström
I_{k1max}	- är den maximala kortslutningsström som kan uppstå i en matningsände sett i strömmens riktning mellan en fasledare och jord.

3. Arbetsgång och användande av programvaror

Till förfogande finns nuvarande dokumentation om kortslutningseffekter, selektivberäkningar och dokumentation för all utrustning. Utöver dessa gjordes beräkningar under arbetet för hand över ett antal olika delar i nätet, dessa beräkningar jämfördes mot de befintliga uträkningarna och kontrollerades sedan ytterligare i programmet Netkoll. För de uträkningarna som gjordes för hand användes Microsoft Excel.

Litteratur som användes under projektet var ställverksdokumentation, samt befintliga selektiv- och kortslutningseffektsberäkningar, undervisningsmaterial och litteratur i ämnena kring elkraftteknik.

4. Beräkningar av kortslutningsströmmar och effekter

Beräkningarna nedan är utförda både för hand och med hjälp av programmet Netkoll. De beräknade värden som framställs i detta kapitel kommer i kapitel 5.4 att jämföras mot de värden som DMS600 lämnar.

Innan beräkningar för kortslutningseffekter kunde utföras var ett förarbete nödvändigt. Detta arbete bestod främst i att samla in nödvändiga data för en del av utrustningen som finns i distributionsnätet. Då dokumentation saknas för vissa delar har approximativa antaganden och uppskattningar utförts.

Befintliga selektivplaner är utförda av en extern konsult, dessa värden har använts som utgångspunkt i arbetet i kontrollräkning av vad DMS600 har beräknat. Dessa selektivplaner är utförda från 130 kV ner till transformatornivå på 400 V sidan, eftersom arbetet till viss del sträcker sig ner längre i distributionsnätet än vad den tillgängliga dokumentationen har gått in på, finns inga värden att jämföra med. I dessa fall ha jämförelser i programmet Netkoll utförts.

4.1 Beräkningar utförda med programmet Netkoll

Netkoll är ett nätberäkningsprogram som arbetar med hjälp av inmatning av fysiska storheter. Den första data som matas in i systemet är den aktuella matningspunkten, efter detta anges data för efterkommande utrustning. I figur 6 nedan visas en skärmbild över det aktuella programmet. När all väsentlig data är inmatad kan man snabbt och tydligt se resultaten av uträkningarna på skärmen.

En begränsning med programvaran är att den enbart räknar med delkortslutningseffekter samt att möjligheten att lägga in värden på nollpunktsmotstånd på mellanspänningssidan saknas.

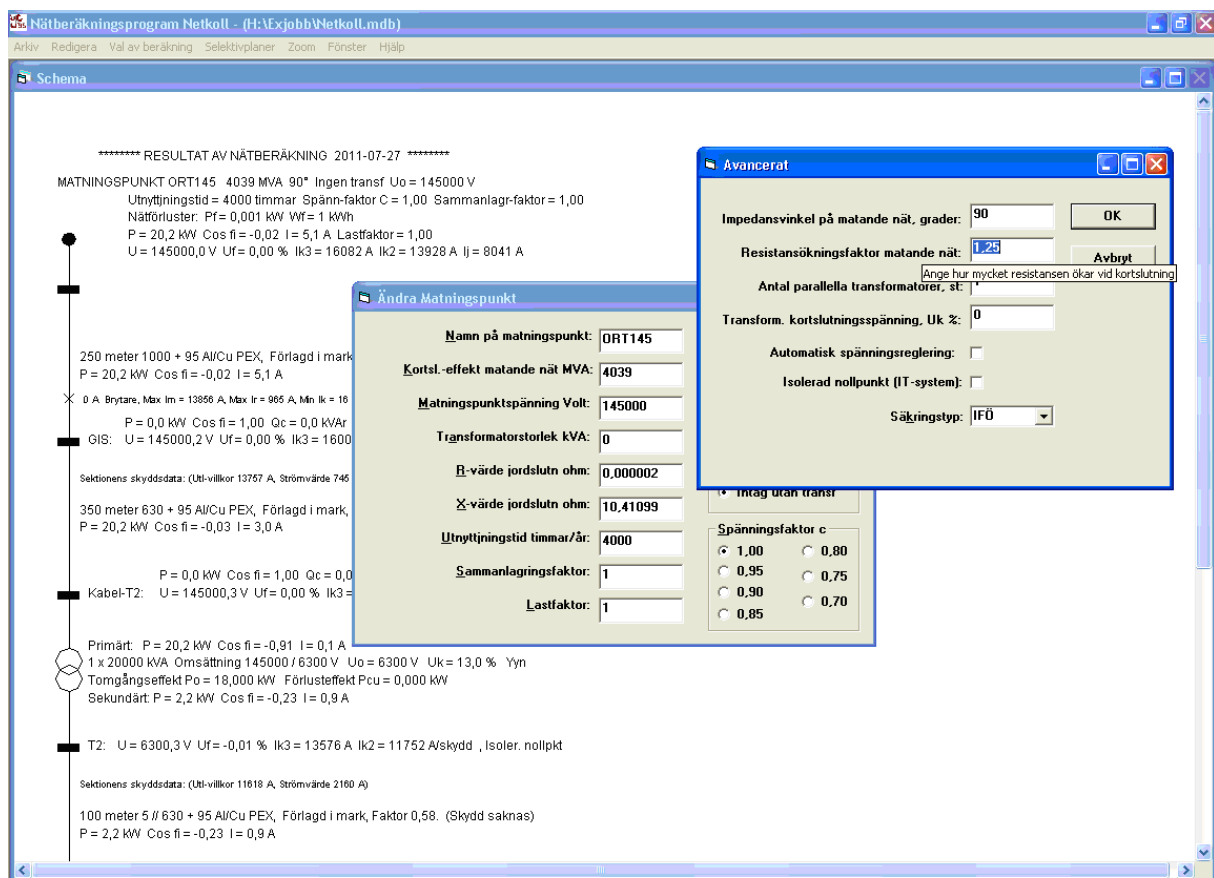
Vid beräkning av tvåfasiga kortslutningar används följande samband.

$$I_{k2} = I_{k3} * \frac{\sqrt{3}}{2} \quad (2)$$

Vid beräkning av jordslutningsströmmar används följande samband

$$I_J = \frac{I_{k3}}{2} \quad (3)$$

I programmet Netkoll finns möjlighet att använda en konstant för en resistansökningsfaktor vid en kortslutning. Denna konstant är i grundinställningarna inställd på 1,25 ggr se figur 6. nedan. Denna konstant används för att kompensera för de förenklade beräkningarna för jordslutningsströmmarna. [6].

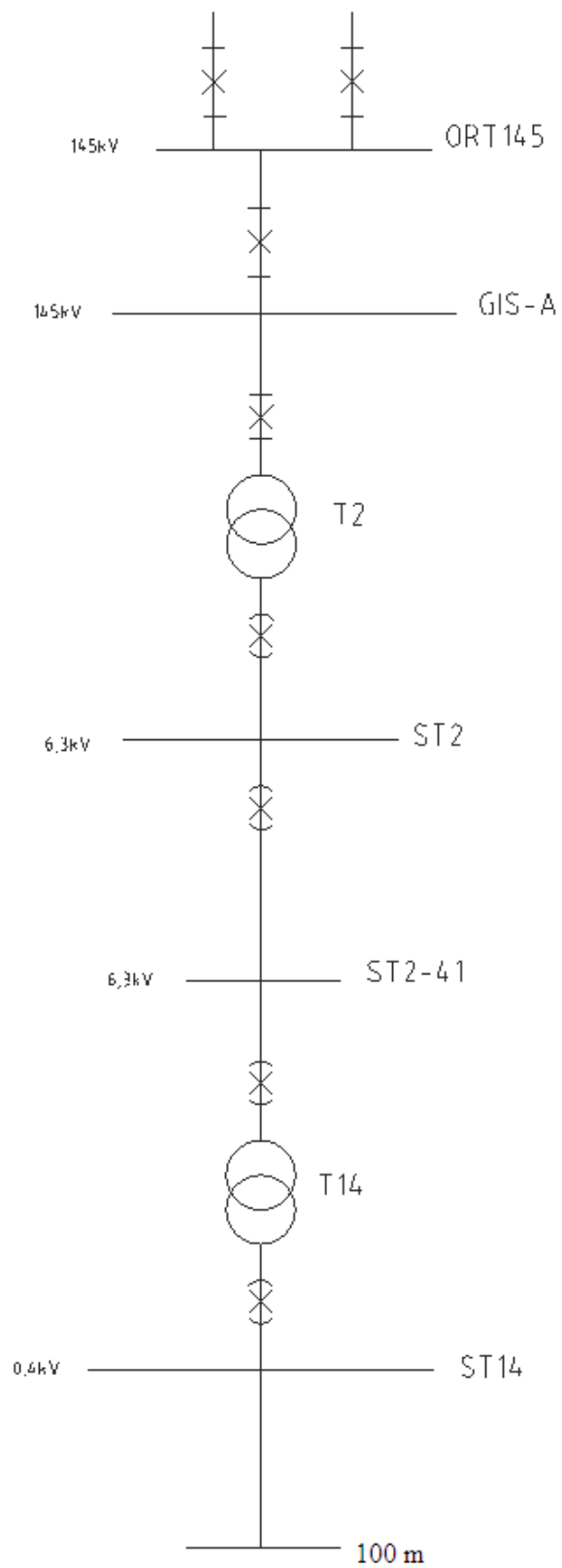


Figur 6: Programmet Netkoll, i bakgrunden presentation av resultat för uträkningar i ett enlinjeschema format, i dialogrutan syns hur konstanten för resistansökning kan ändras

I appendix A visas resultatet av uträkningarna utförda i Netkoll.

4.2 Beräkningsmodell

Beräkningar och jämförelser mellan de olika resultaten baseras på den del av nätet som presenteras nedan i figur 7. Alla beräkningar är baserade på att normalt driftsfall råder.



Figur 7: Enlinjeschema från inkommande 145 kV ställverk till lågspänningställverk 0,4 kV

De beteckningar som används i figur 7 förklaras nedan.

ORT145

Är det inkommande utomhusställverket på Ortviken, 2st Inkommande 145 kV luftledningarna ansluts mot två stycken skenor via gasisolerade brytare.



Figur 8: Inkommande huvudställverk – ORT145

GIS

Är ett fördelningsställverk av typen gasisolerat ställverk (GIS) visar i figur 9. Det är placerat inomhus, detta kan åstadkommas då gasisolerade ställverk är väldigt kompakta. Istället för att använda luften som isolationsmedium mellan spänningsförande delar används en SF_6 gas. Precis som i ORT145 är det dubbla skensystem i detta ställverk. Datablad för det gasisolerade ställverket finns i figur 10.



Figur 9: Gasisolerat ställverk (GIS)

Produkt-dokumentation	SF ₆ Gasisolerat ställverk (GIS), Typ ELK-0, Utförande 04	
	Teknisk data, projektspecifika	
	Teknisk data	
Standarder	IEC	
Spänningar	Högsta driftsspänning 145 kV Isolationsnivå: Stötspänning impuls 1.2/50 650 kV (toppvärde) Växelspänning 1 min. 275 kV (effektivvärde) Hjälpspänning: Manöver 110 V DC Motor brytare 230V AC Motor fränskiljare/jordare 110 V DC Värme 230 V AC	
Strömmar	Allmänt: Strömslöthållighet 100 kA Korttidsström 40 kA Kortslutningens varaktighet 1 s Driftsström: Samlingsskena 2500 A Brytaren: Brytström vid kortslutning 40 kA Urfasbrytning 10 kA Tillslagsström 100 kA	
Frekvens	50 Hz	
	Faktor förstsläcande fas)	1,5
	SF ₆ -gasens densitet Märkdensitet vid fyllning 20° Larmnivå 2	Brytare Övr. kaspl. 700 kPa (abs.) 500 kPa (abs.) 600 kPa (abs.) 420 kPa (abs.)
	Manövercykel	O-CO-3 minuter-CO

Figur 10: Datablad för det gasisolerade ställverket

T2

En transformator från ABB med en omsättning på 132/6,3 kV och en märkeffekt på 20 MVA. Transformatorn är av typen ONAF (Oil natural Air forced), vilken betyder att den kyls via självcirkulerande olja vilken i sin tur kyls aktivt genom fläktar. Den har kopplingsarten YNyn0 på uppsidan är transformatorn jordad via en ventilavledare, på nedsidan är neutralpunkten ansluten till jord via en nollpunktsresistans på 254 Ω. Data finns i figur 11 och 12.

ABB Strömberg Power

TRANSFORMATORPROVPROTOKOLL

Datum
1992-08-26

Side
B1

Kund SVENSKA CELLULOSA AB		Typ KTRT 145 X 20		
		Tillv. nr 548464		
		Order nr 2424 RA015		
Kundens order nr		Godkänt <i>[Signature]</i>		
Lind- ning	Effekt kVA	Spänning V	Ström A	Isolat.nivå (1.2/50) kV
1	20000	132000 ± 6x1,59 %	79,9 - 87,5 - 96,7	650
2	20000	6300	1833	75
Frekvens 50 Hz		Tillv.år 1971		
Kopplingsart YNyn0		Delförteckning K 443854		
Drift Kont.		Totalvikt 44100 kg		
Kylart ONAN 70 %/ONAF 100 %		Lyftbara delar 20200 "		
Olja Esso Univolt N 36		Oljans vikt 15500 "		
Normer SEN		Transp.med olja 37100 "		
Lindhingskopplare D III 200, nr. 44153, Reinhausen				
Största tillåten ström vid koppling är 145 A				
Manöverdon MA 2, nr. 44153, Reinhausen				
Genomföringar 3 st. GOBK 650, ABB Components				
1 " NKJD 145 B 630, Micafil				
4 " NLTL 10 D 2000, Oy Strömberg Ab				
Oljans genomslagshållfastet (IEC 156, 296) 75 kV/2,5 mm				
Provet övervakades av L.Modin				
Fördelning Kunden (4)	Koppling vid leverans		Avsänd	
FTH, FQT	Adress Svenska Cellulosa Ab, Ortvikens Pappersbruk,			
	Sundvall, SVERIGE			

AF 9 E 94.02.50.000/1



Figur 11 : Data för transformator T2

ABB Strömberg Power

BELASTNINGSFÖRLUSTER OCH KORTSLUTNINGSIMPEDANS

KTRT 145 X 20
548464
92-08-25
B4

Lindningstemperatur 75. °C

Lindningspar 1 - 2 effekt 20000 kVA

läge	P1/kW	Pt/kW	Pk/kW	Rk/%	Xk/%	Zk/%
1/ 1	107.1	15.7	122.9	0.61	13.25	13.26
7/ 1	111.2	15.2	126.4	0.63	12.83	12.84
13/ 1	115.6	13.4	129.0	0.65	12.23	12.25

P1 = resistansförlusterna = $I^2 R$
Pt = tillsatsförlusterna
Pk = belastningsförlusterna = P1 + Pt
Rk = kortslutningsresistansen
Xk = kortslutningsreaktansen
Zk = kortslutningsimpedansen

Figur 12 : Data för transformator T2

ST2

Ett fördelningställverk av typen Safesix med ett fast skensystem, men där brytarna är placerade på truckar, detta medför att efter det att en brytare öppnat en krets så kan trucken rullas ut ur sitt läge och på detta sätt uppfylla villkoren för frångiljning. Detta underlättar även vid underhåll då en brytare lätt kan tas ur sitt läge och servas. Här används också gasisolerade brytare.

Se appendix B

ST2-41

Ett fördelningställverk av typen SafeSix, se ST2

T14

En transformator från ABB med en omsättning på 6,3/0,4 kV och en märkeffekt på 1.6 MVA. Transformatorn är av typen ANAN (Air natural air neutral), vilket betyder att den är luftisolerad och luftkyld utan fläktar. Den har kopplingsarten Dyn11 med direktjordad nollpunkt, figur 13.

Kunde: Svenska Cellulosa AB
Ytelse (kVA): 1600 Kobling: Dyn11
Spänning (kV): 6,3 ± 2,5% / 0,4 Frekvens (Hz): 50
Ström (A): 146,6 / 2309 Faser: 3
Antall bl.: Bl. nr.
Ordre nr.: 440-50407-08
Transl. nr.: 440-50407
Transl. type: TFFTR-1800-E
Konstr. oppg.: SEN 270101
Normer: SEN 270101
Prövedato: 30.06.82

Kontroll av omsetning och koblingsgrupper								Viklingsmotstånd ved <u>20,6</u> °C			
Klemmer		Gruppe:	St.	Avlest	Omsetning		Motstånd mellan klemmerna				
				k=	Mitt	Gar.	St.				
4-3 / a-n		Dyn11					KV	4-3	4-C	3-C	
3-2 / b-n							6,3	0,147Ω	0,147Ω	0,147Ω	
2-1 / c-n								a-b	a-c	b-c	
St.	Avlest										
k=	Mitt										
Gar.											
1-2	5,735	28,675									
2-3	5,6	28									
3-4	5,458	27,29	27,28				0,4	0,503mΩ	0,523mΩ	0,504mΩ	
4-5	5,32	26,6									
5-6	5,18	25,9									

Tomgangstap mät på viking med merkespenning: <u>400</u> Volt ved: <u>50</u> Hz Stilling: <u>3-4</u>											
Uind (V) k=		Ueff (V) k= <u>5</u>		I ₀ (A) k= <u>0,2</u>		I ₀ (A)		P ₀ (W) k= <u>30</u>		P ₀ (W)	
Avl.	Ber.	Avl.	Ber.	Avl.	Avl.	Avl.	Mitt.	Avl.	Avl.	Avl.	Sum
		75,9	379,5	43	38,5	48,7	868	48,4		- 7,0	2484
		80	400	52,8	47,4	59	10,61	60,7		- 13,8	2814
		84,1	420,5	66,4	60,3	74,5	13,41	77,2		- 24	3192

Kortslutningsstap mät ved viklingstemperatur <u>20,6</u> °C og <u>50</u> Hz Stilling: <u>3-4</u>											
Tilkopl./Kortsl.		Ueff (V) k= <u>2,5</u>		I (A) k= <u>1</u>		I (A)		P _k (W) k= <u>150</u>		P _k (W)	
Avl.	Ber.	Avl.	Ber.	Avl.	Avl.	Avl.	Mitt.	Avl.	Avl.	Avl.	Sum
6,3 / 0,4	72	180	72,8	73,7	73,4	73,3	52,9			- 34,5	2760
- " -	67,13	167,8	68	68,8	68,5	68,433	45,8			- 29,8	2400

Spänningspröve mot jord og øvrige viklinger i 1 min. Indusert <u>300</u> Hz spenning i 20 sek. Stilling: <u>3-4</u>											
Merkespenning:		6,3 kV		0,4 kV		kV		Mellom klemmer: <u>a b c</u>			
Prøvespenning:		2,2 kV		2,5 kV		kV		Prøvespenning:		0,8 kV kV kV	
Garanterte og målte verdier referert til 75°C viklingstemperatur:											
	Merkespenning kV	Ytelse kVA	P ₀ (W)	P _k (W)	I ₀ %	ε ₂ %	ε ₁ %				
Gar.	6,3 / 0,4	1600	3100	12000		5-5,5					
Mitt	6,3 / 0,4	1600	2814	12530	0,46	5,73	0,78				

Sign.: <u>sk</u>
Sign.: <u>02 107 1982</u>
Godkjent: <u>pr. N5 NATIONAL INDUSTRI</u>
<u>R. Kristiansen</u>

Figur 13 : Data för transformator T14

ST14

Ett underfördelningsställverk som fördelar kraftmatningar till olika motor och styrdrifter.

Data för uträkningar till kablar har hämtats ur ABB XLPE Land Cable Systems User's Guide [5].

ORT145

$U_n = 145 \text{ kV}$ $S_k = 4039 \text{ MVA}$

Kabel mellan ORT145 och GIS-A

Dim: 3//1*1000 AXKJ

Längd: 250 m

Data från [4]: $l = 0,51 \text{ mH/km}$, $r = 0,0291 \text{ } \Omega/\text{km}$

Kabel mellan GIS-A och T2

Dim: 3//1*630 AXKJ

Längd: 350 m

Data från [4]: $l = 0,55 \text{ mH/km}$, $r = 0,0469 \text{ } \Omega/\text{km}$

Data för T2:

U_n : 132 / 6,3 kV

S_n : 20 MVA

z_k : 13 %

r_k : 0,62%

Kabel mellan T2 och ST2

Dim: 5//3*630 AXKJ

Längd: 100 m

Data från [4]: $l = 0,51 \text{ mH/km}$, $r = 0,0117 \text{ } \Omega/\text{km}$

Kabel mellan ST2 och ST2-41

Dim: 4//3*630 AXKJ

Längd: 250 m

Data från [4]: $l = 0,51 \text{ mH/km}$, $r = 0,0117 \text{ } \Omega/\text{km}$

Kabel mellan ST2-41 och T14

Dim: 3*185 AXKJ

Längd: 50 m

Data från [4]: $l = 0,63 \text{ mH/km}$, $r = 0,164 \text{ } \Omega/\text{km}$

Data för T14:

U_n :	6,3 / 0,4 kV
S_n :	1,6 MVA
z_k :	6,2 %
r_k :	0,78 %

4.3 Egna beräkningar av kortslutningseffekter

Nedan visas hur en uträkning går tillväga för kretsen som beskrivs i 4.2 ovan. Uträkningarna är utförda på två olika sätt, impedanssummeringsmetoden är en metod där hänsyn tas till nästan alla data i kretsen. Nackdelen med denna metod är att den blir avancerad och tidskrävande.

Sambanden som används för att räkna ut reaktans och resistans för kablarna visas nedan

$$X = 2 * \pi * f * l * a \quad R = r * a$$

Där X är reaktans Ω /fas, f frekvensen (50 Hz), l induktansen H/km, a längden på kabeln,

R = resistans Ω /fas, r = resistans Ω /km

Uträkningar med kortslutningseffekter är enklare att hantera, här tas hänsyn bara till kortslutningsimpedansen, och en summering och ihopläggning av effekter är möjligt. Denna metod är snabb, men inte lika exakt, men då man oftast får ett högre värde på resultaten i jämförelse med impedanssummeringsmetoden så är det acceptabelt, eftersom ett högre värde leder till överdimensionering.

4.3.1 Impedanssummeringsmetoden

ORT145

$$Z_{k,ORT145} = \frac{U_{145}^2}{S_k} = 5,205 \Omega/\text{fas}$$

$$I_{k,ORT145} = \frac{U_{n,145}}{Z_K * \sqrt{3}} = 16,082 \text{ kA}$$

När de inkommande matningarna är luftledningarna, antas en rent induktiv kortslutningsimpedans

$$X_{k,ORT145} = Z_{k,ORT145}$$

$$R_{k,ORT145} = 0 \Omega/\text{fas}$$

Kabel ORT145 – GIS

$$X = 27,5 \text{ m}\Omega/\text{fas}$$

$$R = 7,3 \text{ m}\Omega/\text{fas}$$

GIS

$$Z_{k,GIS} = \sqrt{X_{TOT}^2 + R_{TOT}^2} = 5,233 \Omega/\text{fas}$$

$$I_{k,GIS} = \frac{U_{n,145}}{Z_K * \sqrt{3}} = 15,997 \text{ kA}$$

$$S_{k,GIS} = \sqrt{3} * U * I_{K,GIS} = 4017 \text{ MVA}$$

Kabel GIS – T2

$$X = 41,8 \text{ m}\Omega/\text{fas}$$

$$R = 16,4 \text{ m}\Omega/\text{fas}$$

Transformator T2

Omsättning 132 / 6,3 kV

$$S_n = 20 \text{ MVA}$$

$$z_k = 13 \%$$

$$r_k = 0,62 \%$$

$$Z_{k,T2} = (z_k / 100) * (U^2 / S_n) = 136,663 \Omega/\text{fas}$$

$$R_{k,T2} = (r_k / 100) * (U^2 / S_n) = 6,518 \Omega/\text{fas}$$

$$X_{k,T2} = \sqrt{Z_{k,T2}^2 - R_{k,T2}^2} = 136,507 \Omega/\text{fas}$$

$$R_{TOT} = 6,541 \Omega/\text{fas}$$

$$X_{TOT} = 141,782 \Omega/\text{fas}$$

Då ovanstående data är beräknat för 145 kV, räknas de nu om till 6,3 kV

$$U_n = 6,3 \text{ kV}$$

$$R_{TOT} = (U_{6,3} / U_{145})^2 * R_{TOT} = 0,01235 \Omega/\text{fas}$$

$$X_{TOT} = (U_{6,3} / U_{145})^2 * X_{TOT} = 0,26765 \Omega/\text{fas}$$

Kabel T2 – ST2

$$X = 3,204 \text{ m}\Omega/\text{fas}$$

$$R = 0,938 \text{ m}\Omega/\text{fas}$$

ST2

$$Z_{k,ST2} = \sqrt{X_{TOT}^2 + R_{TOT}^2} = 0,271 \text{ }\Omega/\text{fas}$$

$$I_{k,ST2} = \frac{U}{Z_k * \sqrt{3}} = 13,41 \text{ kA}$$

$$S_{k,ST2} = \sqrt{3} * U * I_{k,ST2} = 146 \text{ MVA}$$

Kabel ST2 – ST2-41

$$X = 10,014 \text{ m}\Omega/\text{fas}$$

$$R = 2,9310 \text{ m}\Omega/\text{fas}$$

ST2-41

$$Z_{k,ST2-41} = \sqrt{X_{TOT}^2 + R_{TOT}^2} = 0,2813 \text{ }\Omega/\text{fas}$$

$$I_{k,ST2-41} = \frac{U}{Z_k * \sqrt{3}} = 12,93 \text{ kA}$$

$$S_{k,ST2-41} = \sqrt{3} * U * I_{k,ST2-41} = 141 \text{ MVA}$$

Kabel ST2-41 – T14

$$X = 9,896 \text{ m}\Omega/\text{fas}$$

$$R = 8,200 \text{ m}\Omega/\text{fas}$$

Transformator T14

Omsättning 6,3 / 0,4 kV

$$S_n = 1,6 \text{ MVA}$$

$$z_k = 6,2 \%$$

$$r_k = 0,78 \%$$

$$Z_{k,T14} = (z_k / 100) * (U^2 / S_n) = 1,53798 \text{ }\Omega/\text{fas}$$

$$R_{k,T14} = (r_k / 100) * (U^2 / S_n) = 0,19349 \text{ }\Omega/\text{fas}$$

$$X_{k,T14} = \sqrt{Z_{k,T14}^2 - R_{k,T14}^2} = 1,52577 \text{ }\Omega/\text{fas}$$

$$R_{TOT} = 0,218 \Omega/\text{fas}$$

$$X_{TOT} = 1,817 \Omega/\text{fas}$$

Då ovanstående data är beräknat för 6,3 kV, räknas de nu om till 0,4 kV

$$R_{TOT} = (U_{0,4}/U_{6,3})^2 * R_{TOT} = 0,000878 \Omega/\text{fas}$$

$$X_{TOT} = (U_{0,4}/U_{6,3})^2 * X_{TOT} = 0,007323 \Omega/\text{fas}$$

ST14

$$Z_{k,ST14} = \sqrt{X_{TOT}^2 + R_{TOT}^2} = 0,007375 \Omega/\text{fas}$$

$$I_{k,ST14} = \frac{U}{Z_k * \sqrt{3}} = 31,31 \text{ kA}$$

$$S_{k,ST14} = \sqrt{3} * U * I_{k,ST14} = 21,7 \text{ MVA}$$

4.3.2 Delkortslutningseffektsmetoden

I dessa uträkningar är impedanser hämtade ifrån de tidigare selektivberäkningar som gjorts av extern konsult. Detta är samma metod som den externa konsulten använt för att beräkna kortslutningseffekter.

Uträkningarna baseras på följande två samband

$$S_{k,ORT145} = \frac{U^2}{Z_k}, \quad \frac{1}{S_{k,TOT}} = \frac{1}{S_{k1}} + \frac{1}{S_{k2}}$$

$$S_{k,ORT145} = 4039 \text{ MVA}$$

Kabel ORT145 – GIS

$$Z_k = 0,02981 \Omega/\text{fas}$$

$$S_k = \frac{U^2}{Z_k} = 705300 \text{ MVA}$$

GIS

$$S_{k,GIS} = \frac{1}{\frac{1}{S_{k,ORT145}} + \frac{1}{S_{k,kabel}}} = 4016 \text{ MVA}$$

KABEL GIS – T2

$$Z_k = 0,044902 \, \Omega/\text{fas}$$

$$S_k = \frac{U^2}{Z_k} = 467242 \text{ MVA}$$

T2

$$Z_{k,T2} = (z_k / 100) * (U^2 / S_n) = 136,7 \, \Omega/\text{fas}$$

$$S_{k,T2} = \frac{U^2}{Z_k} = 153,8 \text{ MVA}$$

ST2

$$S_{k,ST2} = \frac{1}{\frac{1}{S_{k,GIS}} + \frac{1}{S_{k,kabel}} + \frac{1}{S_{k,T2}}} = 149 \text{ MVA}$$

KABEL ST2 – ST2-41

$$Z_k = 1,583 \text{ m}\Omega/\text{fas}$$

$$S_k = \frac{U^2}{Z} = 25072 \text{ MVA}$$

ST2-41

$$S_{k,ST2-41} = \frac{1}{\frac{1}{S_{k,ST2}} + \frac{1}{S_k}} = 148 \text{ MVA}$$

Kabel ST2-41 – T14

$$Z_k = 12,85 \text{ m}\Omega/\text{fas}$$

$$S_k = \frac{U^2}{Z_k} = 3088 \text{ MVA}$$

T14

$$Z_{k,T14} = (z_k / 100) * (U^2 / S_n) = 1,5379 \text{ } \Omega/\text{fas}$$

$$S_{k,T14} = \frac{U^2}{Z} = 25,8 \text{ MVA}$$

ST14

$$S_{k,ST14} = \frac{1}{\frac{1}{S_{k,T2-41}} + \frac{1}{S_{k,Kabel,st2-st2-41}} + \frac{1}{S_{k,T14}}} = 21,81 \text{ MVA}$$

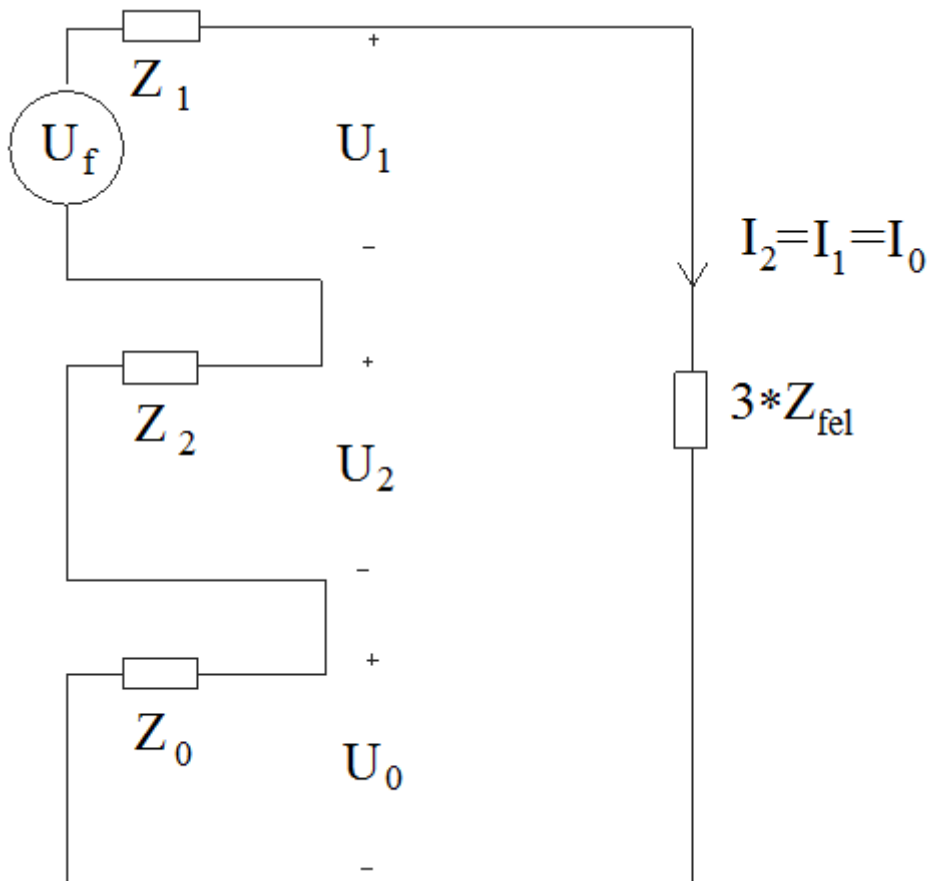
4.3.3 Beräkning av jordslutningsströmmar

Ett jordfel som beskrivit i figur 2, där inget övergångsmotstånd i felstället finns, är utgångspunkten i beräkningar och förklaringar nedan.

Jordfelsströmmar kan i vissa fall uppgå till kraftiga strömmar, ibland även större än de trefasiga kortslutningar som diskuterats ovan. Detta har lett till att olika metoder för att minska felströmmarna har tagits fram. På Ortviken används resistansjordad nollpunkt på 6,3 kV nivå.

Ett jordfel kan beskrivas med hjälp av Thévenin ekvivalens scheman för ett jordfel i ett trefassystem.

I figur 14 visas ett ekvivalent schema, där Z_1 är plusföljdsimpedansen, Z_2 är minusföljdsimpedansen och Z_0 är nollföljdsimpedansen.



Figur 14: Ekvivalent schema över ett jordfel i ett distributionsnät med de symmetriska komponenterna

Plusföljdsimpedansen och minusföljdsimpedansen antas vara lika, plusföljdsimpedans är den impedans som tidigare behandlats som kortslutningsimpedansen Z_k .

Nollföljdsimpedansen i en trefaskabel kan beräknas enligt ekvation 4 nedan.

$$Z_0 = R_c + 3 \frac{j\omega\mu_0}{2\pi} \ln\left(\frac{r_s}{\sqrt[3]{r_m d^2}}\right) + \frac{3R_s \left(R_g + \frac{j\omega\mu_0}{2\pi} \ln\left(\frac{D_e}{r_s}\right) \right)}{R_s + R_g + \frac{j\omega\mu_0}{2\pi} \ln\left(\frac{D_e}{r_s}\right)} [\Omega/\text{fas} \cdot \text{m}] \quad (4)$$

Ekvation 4: samband för nollföljdsimpedansen i en trefaskabel [7]

Nollföljdsimpedansen i en enfaskabel kan beräknas enligt ekvation 5 nedan.

$$Z_0 = R_c + 3 \frac{j\omega\mu_0}{2\pi} \ln\left(\frac{r_s}{r_m}\right) + \frac{3R_s \left(R_g + \frac{j\omega\mu_0}{2\pi} \ln\left(\frac{D_e}{\sqrt[3]{r_s d^2}}\right) \right)}{R_s + 3R_g + 3 \frac{j\omega\mu_0}{2\pi} \ln\left(\frac{D_e}{\sqrt[3]{r_s d^2}}\right)} [\Omega/\text{fas} \cdot \text{m}] \quad (5)$$

Ekvation 5: samband för nollföljdsimpedansen i en enfaskabel [7]

r_c - radie på ledare (m)

$r_m = 0,7779 * r_c$ (m)

r_s - medelradie skärm, (m)

d - avstånd mellan ledare (m)

R_c - ledarresistans, (Ω/m)

R_s - skärmresistans, (Ω/m)

R_g - markresistivitet (Ωm)

D_e - ledardiameter (m)

$\mu_0 = 4 * \pi * 10^{-7}$ (Vs/Am) permeabilitet för vakuum

$\omega = 2 * \pi * f$ (rad/s) vinkelhastighet

På 145 kV sidan av nätet fås en nollföljdsimpedans och en maximal jordslutningsström av nätägaren i huvudställverket på Ortviken, antagandet gör då gällande att eftersom det är relativt korta kablar som fördelar denna spänningsnivå så antas det vara samma jordslutningsström till T2. Transformatorerna på 145 kV sidan av nätet är anslutna till jord via en ventilavledare dvs neutralpunkten är ojordad och bidrar således inte till jordslutningsströmmen i kretsen.

På 6,3 kV sidan används ett nollpunktsmotstånd i form av en resistans på 254 Ω . Med hjälp av denna resistans kan högsta jordslutningströmmen på 6.3 kV sidan av nätet beräknas enligt ekvationen nedan.

$$I_f = \frac{6,3/\sqrt{3}}{254} = 14,32 \text{ A}$$

På 0,4 kV sidan av nätet är transformatorerna kopplade med Dyn, vilket innebär att det blir ett avbrott i nollföljdsimpedansen på uppspänningssidan sidan.

Detta resulterar i följande beräkningsgång där ett fall undersöks för en matning ut från ST14.

Nedan följer resultat för ST14 som beräknats i 4.4.1

$$R_{T14} = 0,6984 \text{ m}\Omega/\text{fas}$$

$$X_{T14} = 7,367 \text{ m}\Omega/\text{fas}$$

$$Z_{k,ST14} = \sqrt{X_{T14}^2 + R_{T14}^2} = 7,4 \text{ m}\Omega/\text{fas}$$

Vid uträkning för jordfelsströmen alldeles intill ställverket kan nollföljdsimpedansen försummas, således erhålls följande samband

$$I_{kJ,ST14} = \frac{U_f}{Z_{K,ST14}} = 31 \text{ kA}$$

För att räkna ut jordfelet i punkten 100 m från ställverket adderas R_{T14} och X_{T14} med de från en 100 m kabel nedan.

Kabel mellan T14 och en punkt i nätet där en jordslutning inträffat

Dim: 4*150 AXKJ

Längd: 100 m

Data från [4]: $l = 0,2 \text{ mH/km}$, $r = 0,206 \Omega/\text{km}$

$R_0 = 0,5 \Omega/\text{km}$, $X_0 = 0,66 \Omega/\text{km}$

$$X_1 = X_2 = 0,00683 \Omega/\text{fas}$$

$$R_1 = R_2 = 0,0206 \Omega/\text{fas}$$

Nollföljdsimpedansen blir för 100 m kabel:

$$R_0 = 0,05 \Omega/\text{fas}$$

$$X_0 = 0,066 \Omega/\text{fas}$$

$$I_{kJ} = \frac{3 * U_f}{\sqrt{(X_{T14} + X_1 + X_2 + X_0)^2 + (R_{T14} + R_1 + R_2 + R_0)^2}} = 5,45 \text{ kA}$$

4.3.4 Beräkning av enfasiga kortslutningsströmmar via neutralledaren

Dessa uträkningar utförs för att kunna jämföra med de värden DMS lämnar på IK1. IK1 på lågspänningssidan motsvarar kortslutningströmmen mellan en fas och neutralledare utan övergångsmotstånd. Eftersom dessa resultat enbart beräknas på lågspänningssidan så görs beräkningar enbart på en krets på lågspänningssidan.

Detta resulterar i följande beräkningsgång där ett fall undersöks för en matning ut från ST14.

Nedan de resultat för ST14 som beräknats i 4.4.1

$$R_{T14} = 0,6984 \text{ m}\Omega/\text{fas}$$

$$X_{T14} = 7,367 \text{ m}\Omega/\text{fas}$$

$$Z_{k,ST14} = \sqrt{X_{T14}^2 + R_{T14}^2} = 7,4 \text{ m}\Omega/\text{fas}$$

Vid uträkning för kortslutningströmmen alldeles intill ställverket kan alla impedanser försummas, således erhålls följande samband

$$I_{kJ,ST14} = \frac{U_f}{Z_{K,ST14}} = 31 \text{ kA}$$

För att räkna ut jordfelet i punkten 100 m från ställverket adderas R_{T14} och X_{T14} med de från en 100 m kabel nedan.

Kabel mellan T14 och en punkt i nätet där en jordslutning inträffat

Dim: 4*150 AXKJ

Längd: 100 m

Data från [4]: $l = 0,2 \text{ mH/km}$, $r = 0,206 \text{ } \Omega/\text{km}$

$X_1 = 0,00683 \text{ } \Omega/\text{fas}$ (notera att samma värde gäller för neutralledaren)

$R_1 = 0,0206 \text{ } \Omega/\text{fas}$ (notera att samma värde gäller för neutralledaren)

$$I_{k1} = \frac{U_f}{\sqrt{(X_{T14} + X_{kabel} + X_{neutral})^2 + (R_{T14} + R_{kabel} + R_{neutral})^2}} = 4,9 \text{ kA}$$

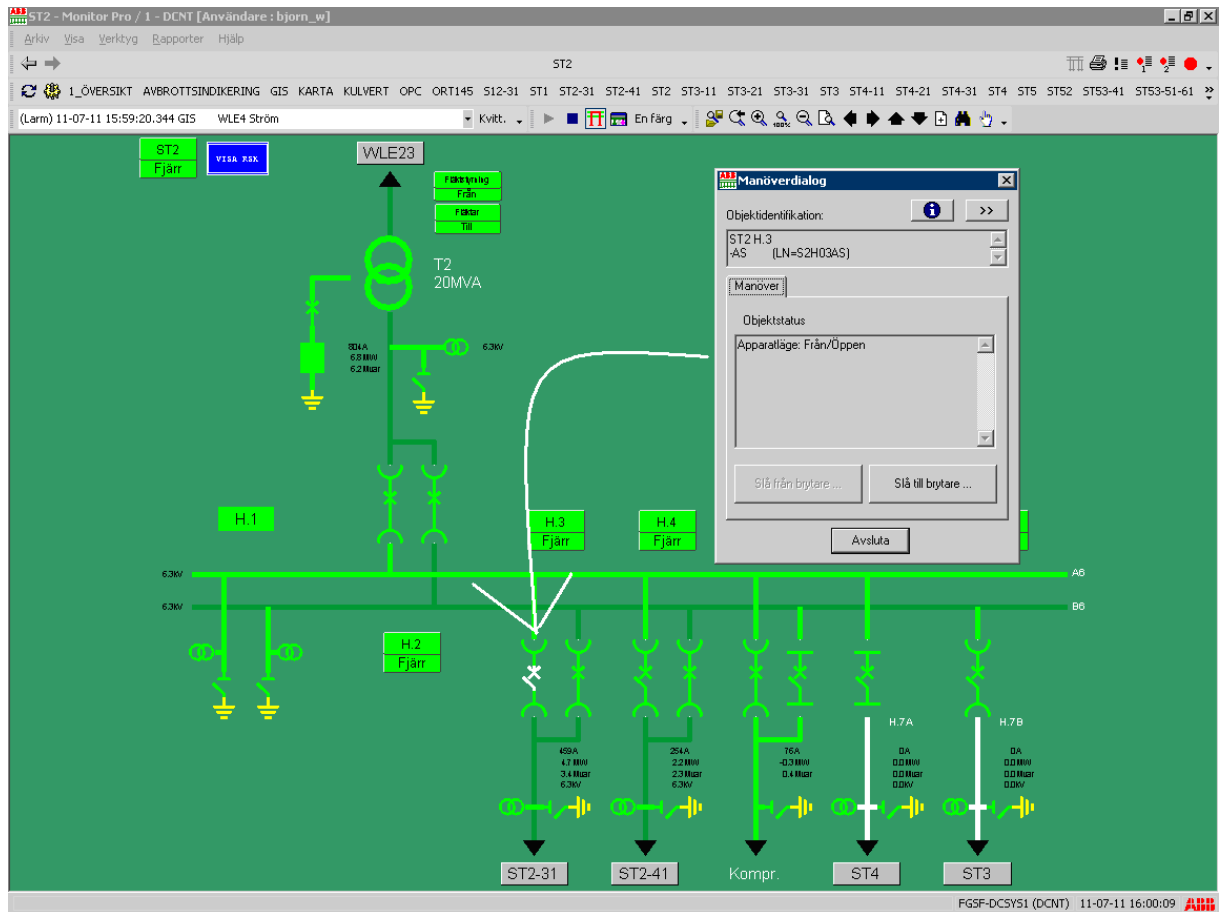
5. Styrsystemet

5.1 Scadasystem

På Ortviken används idag ABB MicroSCADA SYS600. Ett scadasystem kan beskrivas som en programvara med möjligheter att till en processbild (normalt en illustrativ bild över en industriell process), knyta avlästa värden, så att möjlighet finns till att tex. knyta olika färgkoder till spänningsnivåer eller olika larm. Tanken är i grunden att knyta ihop alla mätvärden och manövermöjligheter till ett och samma system, för att enkelt kunna styra en process. Då olika lösningar av nätverk och bussystem blivit billigare och vanligare samt att utbredningen av datorer skett de senaste åren har scadasystem blivit billigare och därav också vanligare även utanför industrin.

SYS600 från ABB som används på Ortviken skiljer sig från dessa system då det är ett styrsystem som främst inriktar sig på elektrisk kraftförsörjning.

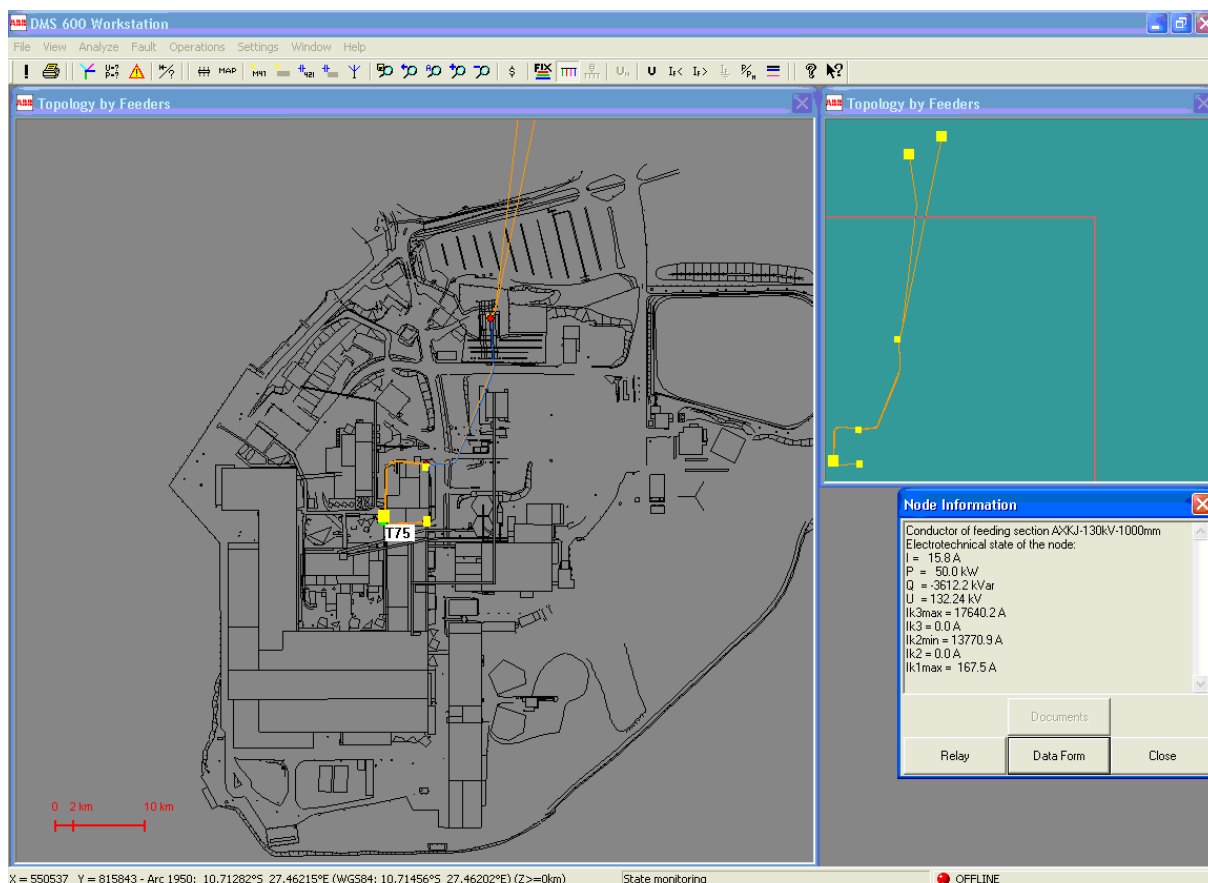
I figur 15 visas hur en manöverdialog för en brytare visas i systemet. Manöverdialogen framkommer efter att en operatör markerat en brytare och nu kan objektet manövreras i läget "från". I denna och liknande dialoger för andra objekt kan tex Tillslag/Frånslag göras, samt presenterar eventuell annan information som är knuten till objektet.



5.2 Beskrivning av DMS600

ABB MicroSCADA Pro Distribution Management System 600 (DMS600) är ett Geografiskt baserat distributionssystem där funktionerna från ett SCADA system paras ihop med en programvara som geografiskt ska kunna ge användaren mer information samt möjligheter än en traditionell processbild.

I figur 16 visas en översiktsbild i DMS600 systemet.



Figur 16: Utseendet av en processbild i DMS600. Denna kan jämföras med bilden i figur 15. som visar ett enlinjeschema

DMS systemet kan arbeta fristående, utan att vara knytet med MicroSCADA systemet. Detta är fallet under projektets genomförande. När systemet är helt utvärderat skall det tas i skarp drift och länkas med MicroSCADA systemet. Då kommer en operatör i DMS ha möjligheter att manövrera brytare, se akutella mätdata och uträkningar för kortslutningseffekter.

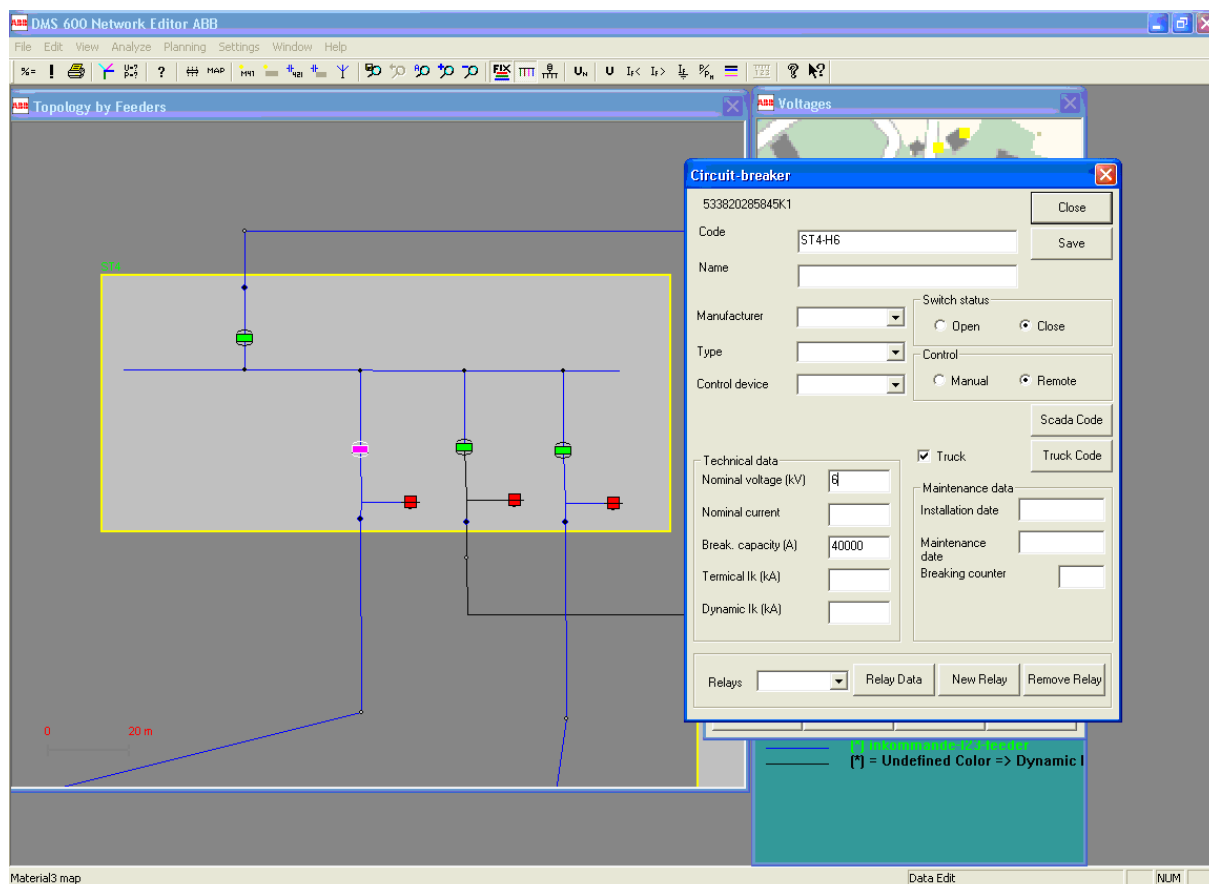
Listan är lång med funktioner i DMS600. Många av dem är funktioner som mest gynnar distributionsbolag som har utrustning utspridd över stora arealer. Här bjuder systemet på goda möjligheter att lokalisera utrustning och få objektdata utskrivet med GPS koordinater.

En av skillnaderna mellan SYS600 och DMS600 är att i det senare så bygger man hela systemet i en processbild istället för flera i SYS600, en möjlighet med detta är också att knyta olika bakgrundsbilder till systemet, så att man lätt kan lokalisera vart utrustning finns på området.

5.2.1 Infogande av data i DMS600

Dessa data kommer främst från uträkningar av belastningsförmåga på ledningar samt avläsning för utrustning i tabeller och liknande. Aktuella data kan vara av typen bryt/slut –förmåga på brytare, och belastningsbarhet på ledare, samt alla värden på aktuell utrustning i kretsen som tex. fränskiljare till transformatorer.

En stor del av arbetet består utöver att räkna fram och hitta data till objekten av att också konstruera bilder av typen som kan ses i figur 17 i systemet och knyta ihop dem med ledningar och diverse utrustning.



Figur 17: Bild över inmatningsdiagrammet för en högspänningsbrytare

5.3 Jämförelse mellan beräkningsresultat

I detta avsnitt görs en jämförelse mellan de för hand manuellt uträknade kortslutningsströmmarna med samma del av kraftsystemet i DMS600. Vid aktuell driftläggning, detta för att kontrollera så att systemet ger trovärdiga resultat. I Tabell 1 jämförs de trefasiga kortslutningsströmmarna, i tabell 2 jämförs jordslutningströmmar och i tabell 3 jämförs enfasiga kortslutningströmmar via neutralledaren.

Tabell 1: Sammanställning av data från de olika beräkningskällorna för trefasiga kortslutningsströmmar

	DMS I_{k3} (A)	Excel I_{k3} (A)	Befintiga I_{k3} (A)	Netkoll I_{k3} (A)
Ort145 (145 kV)	16 079	16 082	16 084	16 082
GIS	16 002	15 997	15 992	16 000
St2 (6,3 kV)	14 888	13 413	13 598	13 477
St2-41	14 329	12 928	13 518	13 176
St14		31 312	28 750 (435V)	31 503

Alla beräkningar är gjorda med 145, 6,3, 0,4 kV som spänningsnivåer. 145 kV har valts som nivå eftersom det är vid denna nivå de tidigare beräkningarna utförts.

Resultaten som visas i tabell 1 är resultaten ganska lika för de tre Netkoll, Excell, och befintliga, men för DMS- resultaten så skiljer sig dessa efter transformering ner till 6,3 kV nivå. Bakgrunden till detta är inte klarlagd.

Tabell 2: Sammanställning av data från de olika beräkningskällorna för jordslutningströmmar

	DMS I_{J1} (A)	Excel I_{kj} (A)	Netkoll I_{kj} (A)
Ort145 (145 kV)	Data finns ej tillgängligt	x	x
GIS	x	x	x
STt2 (6,3 kV)	14,8	14,32	**
ST2-41	14,8	14,32	**
ST14	31 648	31 087	34 505
ST14 – 100meter kabel 4*185mm FKKJ	*	5 450***	2 574***

Sammanställning av jordslutningsströmmar för de olika beräkningssätten

* DMS600 saknar funktionalitet för att lämna värden på jordslutningar för lågspänningsidan av nätet.

** Ej tillförlitligt ty det går ej att ange storlek på nollpunktsmotsånd i Netkoll, och eftersom ett nollpunktsmotstånd används på denna nivå så blir resultaten helt fel.

*** En stor skillnad kan här observeras, arbetet har inte kunnat visa vad som skapar detta, men troligt är att Netkoll använder egna inbyggda värden för nollföljdsimpedans.

I tabell 2 visas en jämförelse mellan de olika beräkningsresultaten för jordslutningströmmar. På 145 kV nivån av systemet kan inga beräkningar göras då tillräckligt med data saknas. På 6,3 kV sidan kan man observeras att DMS ger värden som skiljer sig lite mellan de uträknade för hand. Det som skiljer är troligtvis en avrundning någonstans. På lågspänningsnivån kan DMS inte lämna några uträkningar. Detta har förts vidare till ABB som ett önskemål till nästa uppdatering av programvaran.

DMS saknar också funktionen att ge ett värde på den trefasiga kortslutningsströmmen på lågspänningsidan, istället kan en jämförelse göras på enfasiga kortslutningar via neutralledaren och detta ser vi i tabell 3.

Tabell 3: Sammanställning av data från de olika beräkningskällorna för enfasiga kortslutningströmmar via neutralledaren

Vad	DMS I_{k1} (A)	Excel I_{k1} (A)	Netkoll I_{k1} (A)
ST14	31 648	31 087	34 505
ST14 – 100meter kabel 4*185mm FKKJ	4 465	4 926	

6. Diskussion och slutsatser

I detta projekt har egenskaperna hos styrsystemet DMS600 kontrollerats, i första hand med avseende på kortslutningsberäkningar.

I beräkningar som utförts har vissa värden medvetet försumrats. Sådana värden är t.ex. impedans i övergångar mellan kablar och olika skensystem, impedanser hos skensystem och vissa skarvningar vid övergångar på skensystem. Dessa värden har varit försumbara i sammanhanget.

I avsnitt 5.4 framgår att beräkningarna som är utförda i Excel inte helt stämmer överens med de befintliga, detta beror på att olika värden för kabelresistans och reaktans är tagna för de olika sätten. Då det är okänt hur de befintliga beräkningarna har utförts så kan ingen kommentar lämnas om detta. I impedanssummeringsmetoden är också hänsyn tagen till den resistiva delen på transformatorn, men de tidigare beräkningarna tar bara hänsyn till impedansen. Men som kan ses i tabellen gör inte dessa två uträkningar någon betydande skillnad.

DMS-värdena skiljer sig markant då det transformeras ner till 6.3 kV nivå, bakgrunden till varför det förefaller sig så är osäkert. Något som uppdagats under arbetet är däremot att programmet lägger till mindre impedanser vid alla övergångar för att simulera verkligheten, men då detta är något som borde sänka kortslutningsströmmarna är det oklart vad de är som har gjort dem högre efter transformationen. Ett önskemål har förts till ABB att undersöka vad som gör skillnaderna i beräkningarna vid transformering i transformatorerna, då ett flertal kontroller gjorts och det visar att DMS räknar annorlunda än vad detta examensarbete gör så har ABB bett att få återkomma i detta ärende.

En jämförelse med uträkningar för jordslutningar har genomförts, dock har en viss förenkling gjorts för jordslutningsberäkningarna, som är förklarad i kapitel 4.4.3. Men vid jämförelsen visar det att DMS på 6.3 kV nivå också lämnar ett nästan identiskt värde, vilket kan visa att approximationen är giltig.

Ett önskemål från Ortvikens sida är att också få möjlighet att visa resultat för beräkningar av jordslutningsströmmar och trefasiga kortslutningsströmmar på lågspänningssidan.

Maskade nät är en problematisk del i denna programvara. Den kan behandla detta men inte på ett tillfredställande sätt. I detta läge måste användaren själv efter varje manöver gå till en meny och välja "meshed network analysis" för att få programmet att beräkna nya kortslutningseffekter. Även då var dessa inte tillfredställande eftersom vissa av beräkningarna saknades i detta läge, eller blev felaktigt uträknade. Då detta är en stor del av bakgrunden till att systemet införskaffades så är det inte önskvärt. Detta fick lösas genom att i systemet konstruera enbart en inmatningspunkt, vilket visade sig inte vara ett stort problem då de två inkommande matningarna normalt ligger förbundna parallellt.

Ovanstående problem är något som har och vidare ska tas upp i diskussion med ABB då det möjligtvis kan gå att åtgärda till framtida versioner av systemet.

DMS systemet arbetade ju inte ihop "skarpt" med SYS600 under projektarbetets gång och detta arbete kan därför inte helt svara för hur detta system kommer att se ut i skarp drift med korrekta mätdata.

Referenser

- [1] EL Kraft handboken, Andra upplagan, Stockholm 2002
- [2] ABB Handbok Elkraft, Västerås 1987
- [3] Elkraft Teknik, Thomas Franzen – Sivert Lundgren, 2002
- [4] ABB Microscada pro DMS600 inbyggd hjälpfunktion
- [5] ABB (2010) "XLPE Cable Systems, User's guide, rev. 5", ABB's high voltage cable unit in Sweden
- [6] Netkoll Broschyr (2009) <http://www.netkollforum.com/NetkollDoc/Broschyr87.pdf> (2011-08-03)
- [7] ABB High Voltage Cables, ABB AB

Appendix A, Netkoll uträkning över ställverk ORT145 – ST2-41

SIDA 1

MATNINGSPUNKT ORT145 4039 MVA 90° Ingen transf U₀ = 145000 V

Utnyttjningstid = 4000 timmar Spänn-faktor C = 1,00 Sammanlagr-faktor = 1,00

Nätförluster: P_f = 0,001 kW W_f = 1 kWh

P = 20,2 kW Cos fi = -0,02 I = 5,1 A Lastfaktor = 1,00

U = 145000,0 V U_f = 0,00 % Ik₃ = 16082 A Ik₂ = 13928 A I_j = 8041 A



250 meter 1000 + 95 Al/Cu PEX, Förlagd i mark, Faktor 1,00. (Skydd i slutänden)

P = 20,2 kW Cos fi = -0,02 I = 5,1 A



0 A Brytare, Max Im = 13856 A, Max Ir = 965 A, Min Ik = 16 kA. (Uti-villkor 13856 A, Strömvärde 965 A)

P = 0,0 kW Cos fi = 1,00 Qc = 0 kVAr I = 0,0 A C = 1,00

GIS: U = 145000,2 V U_f = 0,00 % Ik₃ = 16000 A Ik₂ = 13856 A/skydd I_j = 8000 A/skydd

Sektionens skyddsdata: (Uti-villkor 13757 A, Strömvärde 745 A)

350 meter 630 + 95 Al/Cu PEX, Förlagd i mark, Faktor 1,00. (Skydd saknas)

P = 20,2 kW Cos fi = -0,03 I = 3,0 A



P = 0,0 kW Cos fi = 1,00 Qc = 0 kVAr I = 0,0 A C = 1,00

Kabel-T2: U = 145000,3 V U_f = 0,00 % Ik₃ = 15885 A Ik₂ = 13757 A/skydd I_j = 7942 A/skydd



Primärt: P = 20,2 kW Cos fi = -0,91 I = 0,1 A

1 x 20000 kVA Omsättning 145000 / 6300 V U₀ = 6300 V Uk = 13,0 % Yyn

Tomgångseffekt P₀ = 18,000 kW Förlusteffekt P_{cu} = 0,000 kW

Sekundärt: P = 2,2 kW Cos fi = -0,23 I = 0,9 A



T2: U = 6300,3 V U_f = -0,01 % Ik₃ = 13576 A Ik₂ = 11752 A/skydd , Isol. nollpkt

Sektionens skyddsdata: (Uti-villkor 11618 A, Strömvärde 2160 A)

100 meter 5 // 630 + 95 Al/Cu PEX, Förlagd i mark, Faktor 0,58. (Skydd saknas)

P = 2,2 kW Cos fi = -0,23 I = 0,9 A



P = 0,0 kW Cos fi = 1,00 Qc = 0 kVAr I = 0,0 A C = 1,00

ST2: U = 6300,3 V U_f = -0,01 % Ik₃ = 13477 A Ik₂ = 11618 A/skydd

Sektionens skyddsdata: (Uti-villkor 11317 A, Strömvärde 1876 A)

250 meter 4 // 630 + 95 Al/Cu PEX, Förlagd i mark, Faktor 0,63. (Skydd saknas)

P = 2,2 kW Cos fi = -0,33 I = 0,6 A



P = 0,0 kW Cos fi = 1,00 Qc = 0 kVAr I = 0,0 A C = 1,00

ST2-41: U = 6300,3 V U_f = -0,01 % Ik₃ = 13176 A Ik₂ = 11317 A/skydd

Sektionens skyddsdata: (Uti-villkor 11191 A, Strömvärde 345 A)

50 meter 185 + 0 Al/Cu PEX, Förlagd i mark, Faktor 1,00. (Skydd saknas)

P = 2,2 kW Cos fi = -0,99 I = 0,2 A



P = 0,0 kW Cos fi = 1,00 Qc = 0 kVAr I = 0,0 A C = 1,00

Kabel-T14: U = 6300,3 V U_f = -0,01 % Ik₃ = 12945 A Ik₂ = 11191 A/skydd

FORTSÄTTNING NÄSTA SIDA

H:\Exjobb\Netkoll.mdb NÄTBERÄKNING ORT145 2011-08-03 NETKOLL.B7

FORTS.



Primärt: $P = 2,2 \text{ kW}$ $\cos \phi_i = 1,00$ $I = 0,2 \text{ A}$
 1 x 1600 kVA Omsättning 6300 / 400 V $U_o = 400 \text{ V}$ $U_k = 6,0 \%$ Dyn
 Tomgångseffekt $P_o = 2,160 \text{ kW}$ Förlusteffekt $P_{cu} = 0,000 \text{ kW}$
 Sekundärt: $P = 0,0 \text{ kW}$ $\cos \phi_i = 0,00$ $I = 0,0 \text{ A}$

■ ST4: $U = 400,0 \text{ V}$ $U_f = -0,01 \%$ $I_{k3} = 32388 \text{ A}$ $I_{k2} = 27904 \text{ A/skydd}$ $I_j = 34505 \text{ A}$

✕ 0 A Eff-brytare, mom-utl, Max $I_m = 2145 \text{ A}$, Max $I_r = 299 \text{ A}$, Min $I_k = 34,5 \text{ kA}$. (Utl-villkor 2145 A, Strömvärde 299 A)

100 meter 185 + 35 Cu/Cu, Förlägg E, Faktor 0,82. (Skydd i matningsänden)
 $P = 0,0 \text{ kW}$ $\cos \phi_i = 0,00$ $I = 0,0 \text{ A}$ $I^2t = 52,448 \text{ kA}^2\text{s}$

■ jordfelspunkt: $P = 0,0 \text{ kW}$ $\cos \phi_i = 1,00$ $Q_c = 0 \text{ kVAr}$ $I = 0,0 \text{ A}$ $C = 1,00$
 $U = 400,0 \text{ V}$ $U_f = -0,01 \%$ $I_{k3} = 13072 \text{ A}$ $I_{k2} = 10289 \text{ A/skydd}$ $I_j = 2574 \text{ A/skydd}$

Appendix B, Data för en brytare i ABB Safesix serie

HPA

Manual 1VEB 580901-912
Edition 1 99-12

SF₆-circuit breaker manual

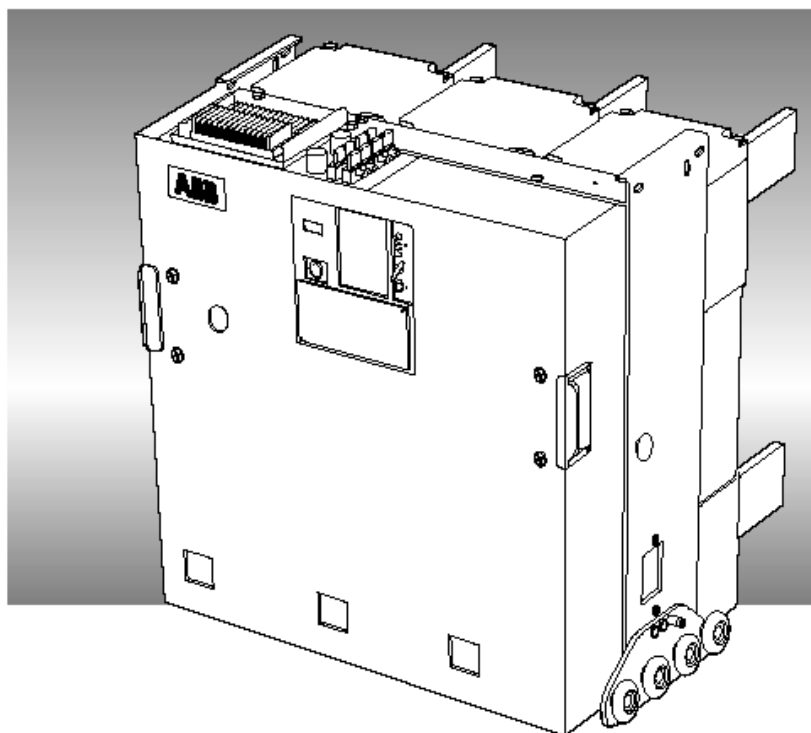


ABB Distribution

ABB

HPA circuit breaker

0. Access zones

The HPA breaker is intended for use in metal-enclosed switchgear. The HPA breaker is to be operated behind a closed cubicle door. General access should not be allowed to a switchgear area. The operator's access zone is the tending area in front of the switchgear.

Only maintenance personnel may open the cubicle door. ABB service must be used where so stated.

1. Information, the HPA circuit breaker is available in the following models.

All pictures in this manual show the Safesix version of HPA. The manual is however valid for all versions.

Rated voltage	kV	12	12-24	12-24	12-24	12-24	36***
Rated breaking current	kA	40	31.5	25	20	12	25
Rated current	A	630-3150	630-2500	630-2500	630-2500	630-2500	630-2000
Rated making current	kA	100	80	62.5	50	30	62.5
Rated short-time current	kA	40 1 sek	31.5 1 sek	25 3 sek	20 3 sek	12 3 sek	25 1 sek
Filling pressure* P _f	bar overpress	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
Alarm pressure P _a	bar overpress	2	2	2	2	2	2
Lowest operating pressure** P _m	bar overpress	2	2	2	2	2	2
Electrical endurance, number of breaks at rated breaking current		10	16	25	40	100	25
Mechanical endurance, number of mechanical operations		10 000	10 000	10 000	10 000	10 000	10 000

*) The pressure to be filled up to

**) For short-circuit breaking (rated breaking current).

***) For UniSafe only.