

Utredning beträffande förutsättningar för sammankoppling över elnätsföretag

Marcus Gull Karlsson

EXAMENSARBETE

**Elektroingenjör med inriktning mot elkraft
Institutionen för ingenjörsvetenskap**

EXAMENSARBETE

Utredning beträffande förutsättningar för sammankoppling över elnätets företag

Sammanfattning

Det här examensarbetet har utförts på uppdrag åt Trollhättan Energi AB (TEAB).

Examensarbetet är en utredning beträffande förutsättningar för sammankoppling av TEAB:s och Hjärtum Elförenings elnät.

De nuvarande ledningsnäten har radialnät och det innebär att det endast har inmatning från ena ledningsändan. En sammankoppling skulle ge möjlighet till sektionerad drift vilket innebär inmatningsmöjligheter från båda ledningsändor. Det gör att ledningsnätet blir mer säkert, tillförlitligt och effektivt.

Ett förslag på ett nytt ledningsnät där delar av TEAB:s och Hjärtum Elförenings ledningsnät är sammankopplade har tagits fram. Med det nya förslaget blir ledningsnätet mer driftsäkert och uppfyller lag- och myndighetskrav.

Beräkningarna som ligger till grund för arbetet är teoretiskt utförda. Därför bör en fortsatt planering och undersökning inom ämnet utföras innan ledningsnäten sammankopplas.

Budgetpriset för ombyggnationen i ledningsnätet har beräknats till cirka 700 000 kronor och investeringen anses nödvändig för att kunna utföra en sammankoppling utav elnäten.

Datum:	2015-03-16
Författare:	Marcus Gull Karlsson
Examinator:	Björn Sikström
Handledare:	Anders Holmedahl, Trollhättan Energi AB Torbjörn Hernvall, Högskolan Väst
Program:	Elektroingenjör med inriktning mot elkraft
Huvudområde:	Elektroteknik
Poäng:	180 högskolepoäng
Nyckelord:	Utredning, radialnät, sektionerad, drift, nätkoncession, nätberäkningar.
Utgivare:	Högskolan Väst, Institutionen för ingenjörsvetenskap, 461 86 Trollhättan Tel: 0520-22 30 00 Fax: 0520-22 32 99 Web: www.hv.se

BACHELOR'S THESIS

Investigation of conditions for interconnection of electrical grids across network companies

Summary

This bachelor's thesis is conducted on behalf of Trollhättan Energi AB (TEAB). The bachelor's thesis is an investigation of conditions for interconnection of TEAB and Hjärtum Elförenings electrical grids.

The current electrical grids are radial electrical grids and means that it can only be fed from one cable end. An interconnection would allow for sectional operation of the electrical grid. This means input opportunities from both cable ends and that the electrical grid becomes more safely, reliably and efficiently.

Suggestion for new electrical grids which parts of TEAB and Hjärtum Elförenings electrical grids are interconnected has been developed. With the new suggestions becomes the electrical grid more reliable and complies with legal and regulatory requirements.

The calculations that are underpinning the work is theoretical. Therefore, a continued planning and research in the subject should be performed before the electrical grids are interconnected.

Budget price for the reconstruction of the electrical grids have been estimated to be about 700 000 SEK and the investment is considered essential for the interconnection.

Date:	March 16, 2015
Author:	Marcus Gull Karlsson
Examiner:	Björn Sikström
Advisor:	Anders Holmedahl, Trollhättan Energi AB Torbjörn Hernvall, Högskolan Väst
Programme:	Electrical Engineering, Electric Power Technology
Main field of study:	Electrical Engineering
Credits:	180 HE credits
Keywords	Investigation, radial, sectional, operation, electrical, grids, concession, network, calculations, interconnection
Publisher:	University West, Department of Engineering Science, S-461 86 Trollhättan, SWEDEN

Förord

Jag vill tacka alla arbetskamrater som stöttat mig under detta arbete. Jag vill också passa på att rikta ett extra tack till min handledare på företaget Anders Holmedahl och min handledare på högskolan Torbjörn Hernvall.

Rapporten bör skrivas ut i färg och där inget annat anges är figurena egenkonstruerade.

Marcus Gull Karlsson

Trollhättan, 16 januari 2015

Innehåll

Sammanfattning	i
Summary.....	ii
Förord.....	iii
1 Inledning.....	1
1.1 Bakgrund	1
1.2 Problembeskrivning.....	2
1.3 Syfte och mål	3
1.4 Metod.....	3
1.5 Avgränsningar.....	3
2 Programvaror.....	4
2.1 Mickel.....	4
2.2 CADRA.....	4
2.3 Elbyggnadsrationalisering (EBR).....	4
3 Lag- och myndighetskrav	6
3.1 Energimarknadsinspektionen.....	6
3.2 Ellagen (1997:857)	7
3.3 Förordning (1999:716) om mätning, beräkning och rapportering av överförd el.....	7
4 Nätberäkningar.....	9
4.1 Dimensionering av ledningar	9
4.2 Belastningar.....	10
4.3 Spänningsfall.....	11
4.4 Kortslutningsströmmar	12
4.5 Jordslutningsströmmar	12
5 Befintliga elnät	15
5.1 Ängen fack Hjærtum	15

5.1.1	Belastningar	16
5.1.2	Spänningsfall	17
5.1.3	Kortslutningsströmmar	17
5.1.4	Reläskyddsinställningar.....	18
5.1.5	Jordslutningsströmmar	20
5.2	TT6893 fack L3.....	21
5.2.1	Belastningar	21
5.2.2	Spänningsfall	22
5.2.3	Kortslutningsströmmar	22
5.2.4	Reläskyddsinställningar.....	23
5.2.5	Jordslutningsströmmar	23
6	Sammankopplade elnät.....	24
6.1	Ängen fack Hjärtum sammankopplat med Hjärtum Elförening fack L3.....	24
6.1.1	Belastningar	24
6.1.2	Kortslutningsströmmar	25
6.1.3	Jordslutningsströmmar	26
6.2	TT6893 fack L3 sammankopplat med TEAB:s ledningsnät Ängen fack Hjärtum	27
6.2.1	Belastningar	27
6.2.2	Kortslutningsströmmar	28
6.2.3	Jordslutningsströmmar	29
7	Förslag på ombyggnation för nytt ledningsnät.....	30
8	Resultat och slutsats.....	32
9	Förslag till framtida arbete	33
	Källförteckning.....	34

Bilagor

- A. Enlinjeschema för TEAB:s ledningsnät från Ängen fack Hjärtum
- B. Enlinjeschema för Hjärtum Elförenings ledningsnät från TT6893 fack L3

1 Inledning

Examensarbetet har utförts vid Elektroingenjörsprogrammet med inriktning mot elkraft på Högskolan. Arbetet motsvarar 15 högskolepoäng och har genomförts under tio veckor.

Examensarbetet har utförts på uppdrag åt Trollhättan Energi AB (TEAB). Det består i att sammanställa en utredning beträffande förutsättningar för sammankoppling av TEAB:s och Hjärtum Elförenings elnät.

TEAB är ett miljöbolag som ägs utav Trollhättan Stad och de ansvarar för vatten, avlopp, fjärrvärme, stadsnät, renhållning och elnät. På elnätet har de cirka 25 000 anslutna kunder i 4 kommuner. Hjärtums Elförening är en medlemsägd elförening med cirka 1900 anslutna kunder.

1.1 Bakgrund

Elnätets utformning är en teknisk-ekonomisk optimeringsfråga där driftavbrott och belastningssituationens utveckling är viktiga element. I tätorten är kraven på leveranssäkerhet höga och även på korta avbrottstider i samband med fel. Därför utformas elnäten här ofta som masknät eller slingnät med omkopplingsreserv. Det innebär att det alltid skall finnas tillräckligt med reservkapacitet vid normal drift. Slingnät har också som oftast möjlighet till sektionerad drift.

Elnäten på landsbygden är däremot oftast utformade som renodlade radialnät såväl för högspännings- som för lågspänningsdistribution. Det innebär att ledningen endast i ena änden är ansluten till en inmatningspunkt. Denna elnätstyp är den som vid gles bebyggelse är den både tekniskt och ekonomiskt mest fördelaktiga. Vid eldistribution på landsbygden ansågs tidigare inte den ekonomiska betydelsen av avbrott i energileveransen vara av sådant värde att den motiverade en mer driftsäker elnätstyp och det räckte att överföringen utav el skulle vara av god kvalitet.[1]

Efter stormen Gudrun år 2005 förändrades synen på landsbygdsnäten då ellagen skärptes och 24-timmargränsen infördes. Det innebär att elnätsföretagen inte får ha avbrott på sina elnät längre än 24 timmar i streck. Redan efter ett elavbrott på 12 timmar i ett streck är elnätsföretagen skyldiga att betala ut avbrottsersättning och även

skadestånd om kunden förlorat något i samband med avbrottet. Sedan ökar ersättningen med 25 % utav den beräknade årliga nätkostnaden för varje påbörjad 24-timmarsperiod.[2]

TEAB och Hjärtum Elförening har ett samarbete som innefattar att TEAB har övervakning på Hjärtum Elförenings elnät under kvällar, nätter och helger. TEAB gör även de årliga besiktningarna på elnätet åt Hjärtums Elförening. TEAB:s ledningsnät är på landsbygden ofta radialnät vilket innebär att det matas från endast en kabelände. Även om det idag har kablifierats stora delar utav elnäten på landsbygden så kan knappast lika hög driftsäkerhet som i tätorter uppnås. Det stora avståndet mellan kunderna innebär att kostnaderna för alternativa inmatningsvägar i ledningsnäten blir orimligt höga.

Då det redan finns ett etablerat samarbete mellan de båda elnätsföretagen så önskas en utredning utav möjligheterna att sammankoppla elnäten. En sammankoppling skulle ge möjlighet till sektionerad drift vilket innebär att det finns inmatning i båda ändar av ledningsnäten. Det gör ledningsnätet blir mer säkert, tillförlitligt och effektivt.

1.2 Problembeskrivning

De ledningsnät som i arbetet berörs levererar el till hundratals kunder och har en nominell spänning på 11 kV. Då det är radialnät så finns det ingen möjlighet till sektionerad drift. Ledningsnäten är uppbyggda med ibland upp till 5-6 satellitstationer i följd efter eller före en nätstation. Satellitstationer saknar högspänningsställverk vilket medför att dessa ledningsnät mycket sårbara vid ett avbrott tidigt på ledningsnätet. Det krävs då vid ett avbrott att till exempel reservkraftverk i diverse effektstorlekar finns att tillgå. Då reservkraftverken inte bör köras under 50 % av maxkapaciteten så är TEAB:s reservkraftverk i många fall inte lämpliga för drift.

Då sammankopplingen skulle ske över två elnätsbolag och över två nätkoncessionsområden så behövs det göras en utredning av vilka lag- och myndighetskrav som fordras. Efter att kraven specificerats så ska utredning av vilka åtgärder som fordras för sammankopplingen utredas.

Examensarbetet består i att sammanställa en utredning beträffande följande förutsättningar för sammankoppling av elnätet för TEAB och Hjärtum Elförening:

- Utredda vilka krav som ställs av myndigheter vid sammankoppling av elnät över nätbolag och nätkoncessionsområden.
- Utredda vilka åtgärder som fordras för att kunna mata varandras angränsande ledningsnät.
- Utredda vilka åtgärder som skulle fordras för att utöka möjligheterna att överföra större effekter än vad som går i befintligt elnät.
- Beräkningar av belastningar, ledningar, kortslutningsströmmar och spänningsfall för de olika åtgärderna.
- Utföra ekonomiska kalkyler för de olika åtgärderna enligt EBR:s kostnadskalkyler.

1.3 Syfte och mål

Examensarbetet består i att ta fram en utredning som innehåller komplett dokumentation av punkterna i föregående avsnitt. Utredningen ska sedan kunna ligga till grund för fortsatt arbete inom ämnet.

1.4 Metod

Det har förts en dialog med Energimarknadsinspektionen för att ta reda på vilka lag- och myndighetskrav som ställs vid en sammankoppling mellan elnätsföretag och över nätkoncessionsområden. Nätberäkningar och dokumentation för elnäten har gjorts i programvaran Mickel. En ekonomisk kalkyl för projektet har gjorts med hjälp av planeringskatalog P1 i EBR. För att få en så realistisk utformning utav arbetet som möjligt, har det löpande under hela projektet förts en dialog med handledare på Högskolan Väst och TEAB samt med andra kunniga kollegor på företaget.

1.5 Avgränsningar

Bygghandlingar kommer inte att utföras för de olika åtgärderna i projektet. Det kommer inte heller utföras några markundersökningar för ledningsdragning, stationsplanering eller andra detaljplaneringar ute i fält.

2 Programvaror

Här beskrivs de olika programvarorna som använts i arbetet. De har bland annat använts för dokumentation, nätberäkningar och kostnadskalkylering.

2.1 Mickel

Mickel är ett dokumentations- och nätberäkningsprogram som är baserat på Microsoft Access, och är en programvara specialiserad för att hjälpa elnätsföretagen att hålla ordning på sin dokumentation. Hela elnätet byggs upp i databaser med information om alla dess ingående objekt. Exempel på funktioner som finns i programmet är digital karta, nätdokumentation, nätberäkningar, driftavbrott, kundavisering och webbtjänst. Med hjälp av det här programmet har dokumentation studerats på elnät och beräkningar utförts.

2.2 CADRA

CADRA baseras på rit- och designprogrammet AutoCAD och används tillsammans med moder produkten Mickel. Det är ett digitalt karthanteringsprogram som hanterar alla olika typer av ledningsnät som högspänning, lågspänning, belysning och signal. Dessutom hanteras också schakt och rör. Här kan också information fås om de olika nätkomponenterna i elnätet som nätstationer, kabelskåp, stolpar, jordtag med mera. Det har programmet varit till stor nytta bland annat för att studera nätstrukturen för ledningsnäten.

2.3 Elbyggnadsrationalisering (EBR)

EBR är utarbetat utav hela branschen alltså elnätsföretag, entreprenörer och konsulter för att standardisera byggnationen utav elnäten i Sverige. Standarderna omfattar planering, byggnation och underhåll av elnätsanläggningar för 0,4 kV-145 kV.

Den standard som använts i projektet är en kostnadskatalog för elnät för 0,4-24 kV. Kostnadskatalogen är uppbyggd i olika nivåer beroende på hur detaljerat projekt som ska utföras. Planeringskatalog P1 är till för översiktliga kostnadsberäkningar, projekteringskatalog P2 för detaljerade kostnadsberäkning och produktionskatalogen

P3 för detaljerad beräkning av tider. Planeringskatalog P1 är den som används i det här arbetet.

3 Lag- och myndighetskrav

Då elektricitet ibland kan medföra stora risker för personer, husdjur och egendom så krävs lagstiftning för att förebygga skada på dessa. Omkring år 1900 då elektricitet var relativt ny och det inte heller fanns så stor erfarenhet av elektricitet så tillsatte Sveriges riksdag en utredning med mål att utarbeta ett förslag på en ellag. Detta arbete ledde fram till vad vi nu kallar den gamla ellagen (1902:71) och innehöll bestämmelser om elektriska anläggningar. Den gamla ellagen stod sig sedan i hela 95 år, dock så tillkom flera kompletteringar och ändringar i den som föranleddes av de strukturella förändringarna inom elförsörjningen och den tekniska utvecklingen.

1992 beslöt regeringen för att tillsätta en utredning beträffande en ny ellag på grund av att både de tekniska förutsättningar och elmarknadens struktur har ändrats väsentligt. Det har bland annat gjort att tillämpningen av den gamla ellagen i vissa fall varit problematisk. Det kanske största motivet för en ny ellag var att ta fram en lag som skulle möjliggöra införandet av en den avreglerade elmarknaden som finns idag.

Den avreglerade elmarknaden innebär att alla elleverantörer vare sig de producerar eller handlar med el har rätt att transportera el på vilket elnät som helst till vilken kund som helst. Det innebär att det är konkurrens på elmarknaden då kunderna kan välja den elleverantör de önskar. Alla elleverantörer, vare sig dessa är producenter med egna kraftverk eller enbart handlare som köper och säljer el, har rätt att transportera sin el på vilket nät som helst och sälja till vilken kund som helst. Därmed kan kunderna välja den elleverantör de önskar. Den 20 november 1997 utfärdades så den nya ellagen (1997:857) av Sveriges riksdag för att träda i kraft den 1 januari 1998.

3.1 Energimarknadsinspektionen

Idag är Sverige en del av den europeiska elmarknaden sedan avregleringen 1996. Det innebär att produktionen av el sker både i Sverige och utomlands och överförs sedan på elnätet genom landet och ut till områden där den behövs. Då det är monopol på denna verksamhet så måste den regleras och övervakas utav en utsedd nätmyndighet. Energimarknadsinspektionen (Ei) är utav Sveriges Riksdag den utsedda nätmyndigheten.[3]

3.2 Ellagen (1997:857)

Ellagen (1997:857) tillkom den 1 januari 1998 och är en svensk lag som ersatte den gamla ellagen (1902:71). Den nya ellagen bygger på innehållet i de gamla bestämmelserna vad gäller nätkoncession, nätverksamhet, nättariffer, skyddsåtgärder och skadestånd, elsäkerhetsåtgärder med mera. Den reglerar även verksamheter avseende produktion, överföring och användning av el.[4]

Alla företag som överför el på det elektriska nätet (bedriver nätverksamhet) är skyldiga att följa ellagen. Med nätverksamhet menas att ställa elektriska starkströmsledningar till förfogande för överföring av el. Nätverksamhet innefattar även projektering, byggande och underhåll av ledningar, ställverk och transformatorstationer, mätning och beräkning av överförd effekt och energi samt annan verksamhet som behövs för att överföra el på elnätet. Företagen som bedriver denna typ av verksamhet ska också svara för att deras ledningsnät är säkert, tillförlitligt, effektivt och för att det på lång sikt kan uppfylla rimliga krav på överföring utav el.

För att få bygga eller använda en elektrisk starkströmsledning krävs en ansökan om tillstånd (nätkoncession). En nätkoncession avser en ledning med i huvudsak bestämd sträckning (nätkoncession för linje) eller ett ledningsnät inom ett visst område (nätkoncession för område). Det är Energimarknadsinspektionen som prövar frågor angående nätkoncession.[5]

Eftersom sammankopplingen mellan TEAB och Hjärtum Elförening kommer att avse en ledning med bestämd sträckning. Så kommer det enligt ellagen kräva att ett av elnätsföretagen ansöker om nätkoncession för linje. Det är det elnätsföretaget som står för projektering och förläggning av ledningen som behöver ansöka och få tillstånd för nätkoncession för linje innan arbete får påbörjas.

3.3 Förordning (1999:716) om mätning, beräkning och rapportering av överförd el

I Förordning (1999:716) utfärdad av Sveriges Riksdag den 8 juli 1999 finns bestämmelser om mätning, beräkning och rapportering av överförd el för elnätsföretag. Där står att innehavare av nätkoncession är inom sitt

schablonberäkningsområde skyldiga att utföra mätning, beräkning och rapportering enligt föreskrifterna i denna förordning.

Ett schablonberäkningsområde är ett område där den samlade inmatningen och uttaget av el mäts och beräknas. Ett sådant område får bara omfatta ledningsnät som omfattas av nätkoncession för område samt ledningar som organisatoriskt ingår i ett sådant nät.

Mätning av överförd el ska ske och avse flödet i inmatningspunkt, uttagpunkt och gränspunkt. Anslutningspunkten mellan TEAB och Hjärtum Elförening kommer att bli klassad som en gränspunkt. Det definieras av att:

- olika schablonberäkningsområden ansluter varandra,
- schablonberäkningsområde ansluter till ledning med nätkoncession för linje (region- eller stamnät)
- ledningsnät med nätkoncession för linje (region- eller stamnät) som har olika nättariffer ansluter varandra eller
- nätkoncessionsområden eller ledningsnät med nätkoncession för linje (region- eller stamnät) som har olika nättariffer ansluter varandra.

Preliminära rapporter utvisande mätresultaten för varje timme på dygnet i gränspunkten ska sändas till den nätkoncessionshavaren för det angränsande nätet. Om en mottagare av rapporter så begär skall nätkoncessionshavaren sända rapporter med tätare tidsintervall än de av nätmyndigheten föreskrivna tidpunkterna. Sedan ska det slutgiltiga rapporterna med det rättade mätresultatet skickas till nätkoncessionshavaren för det angränsande nätet. Mätresultaten ska också skickas till svenska kraftnät och de ska visa det samlade flödet i gränspunkten för varje timme på dygnet.[6]

Anslutningspunkten mellan TEAB och Hjärtum Elförening kommer alltså att bli klassad som en gränspunkt. Det innebär att den nätkoncessionshavaren utav TEAB och Hjärtum Elförening som har den högsta nätspänningen skall utföra mätningen. Då nätspänningen är densamma så får de båda elnätsföretagen själva komma överens om vem som ska utföra mätningen i gränspunkten. Om elnätsföretagen inte kan komma överens så avgör nätmyndigheten alltså energimarknadsinspektionen vem som ska utföra mätningen.

4 Nätberäkningar

För att få ett funktionsdugligt och föreskriftsenligt elnät har nätberäkningar utförts.

De beräkningar som utförts i arbetet redovisas i det här kapitlet.

4.1 Dimensionering av ledningar

För ledningsdimensionering utav högspänningskablar används en tumregel som kallas för ekonomisk dimensionering. Det är en branschpraxis som ofta används och den lämnar god marginal för möjlighet till högre belastning. Det innebär att kablarna kan belastas med 1 A/mm² för aluminium och 1,5 A/mm² för koppar.

Enligt ekonomisk dimensionering ska aluminiumkablar klara ett strömvärde på minst 1 A/mm² men det verkliga värdet är högre än så. Nominella strömvärde för olika ledararea redovisas i tabell 1 och 2.

Tabell 1. Nominellt strömvärde i ampere för 12-24 kV 3-ledar PEX-isolerad aluminiumkabel.

Förläggning i mark.

Ledararea [mm ²]	Fasledaren vid 65 °C [A]	Fasledaren vid 90 °C [A]
25	110	115
35	110	130
50	145	170
70	175	205
95	205	240

Tabell 2. Nominellt strömvärde i ampere för 12-24 kV 3-ledar PEX-isolerad aluminiumkabel.

Förläggning i luft.

Ledararea [mm ²]	Fasledaren vid 65 °C [A]	Fasledaren vid 90 °C [A]
25	90	110
35	110	135
50	130	160
70	155	190
95	190	230

4.2 Belastningar

Förbrukningen av elenergi varierar under dygnet och året, och klimatet är en avgörande faktor. Belastningarna ökar när det är kallare klimat under vintern och belastningstopparna infinner sig i slutet på november och sträcker sig till februari. Sedan blir belastningarna lägre mot sommaren och då infinner sig låglastperioden. Belastningarna kan också variera kraftigt under dygnet. På nätter och helger är belastningarna relativt låga för att sedan öka under dagen och kvällarna.

För att få ett så verkligt värde på belastningarna som möjligt så används olika sammanlagringsmetoder. De vanligaste metoderna som används för detta är Velanders metod, Lundholms metod och genom att studera typkurvor.[7]

TEAB:s nätberäkningsprogram Mickel använder sig av Velander. Det innebär att kunderna delas in i olika kategorier med olika belastningsvariationer. Varje kategori tilldelas därefter två konstanter som är baserade på erfarenheter av olika belastningar och är varierande för olika typer av kategorier. Det beräknas enligt:

$$P = k_1 \times W + k_2 \times \sqrt{W} \quad (1a)$$

där

P är den sammanlagrade effekten i kW.

k_1 och k_2 är konstanter som är olika för olika belastningar.

W är delbelastningarnas sammanlagda energiuttag i kWh/år.

Vid flera olika belastningskategorier med olika typer av konstanter kan den sammanlagrade effekten räknas ut genom:

$$P = k_{11} \times W_1 + k_{12} \times W_2 + \dots + \sqrt{k_{11}^2 \times W_1 + k_{21}^2 \times W_2 + \dots} \quad (1b)$$

4.3 Spänningsfall

Spänningsfallet i ett ledningsnät beror på ledningens längd och impedans samt effektöverföring. Om dessa parametrar är kända kan spänningsfallet beräknas enligt:

$$\Delta U = R \times L \times \frac{P_2}{U_2} + X \times L \times \frac{Q_2}{U_2} \quad (2a)$$

där

ΔU är det resulterande spänningsfallet.

R är ledningens resistans.

L är ledningens längd.

P_2 är den uttagna effekten.

U_2 är spänningen i ledningens ände.

X är ledningens reaktans.

Q_2 är den uttagna reaktiva effekten.

I en kabel är $X \ll R$ och då kan reaktansen försummas och formeln kan då förenklas enligt:

$$\Delta U = R \times L \times \frac{P_2}{U_2} \quad (2b)$$

4.4 Kortslutningsströmmar

De kortslutningsströmmarna som är dimensionerande vid en ombyggnation eller nybyggnation är den trefasiga- och den tvåfasiga kortslutningsströmmen. Dessa felströmmar är intressanta eftersom de elektriska apparaterna ska klara den största felströmmen. De elektriska felskydden däremot ska lösa för den minsta felströmmen som kan uppstå i ledningsnätet.

Kortslutningsströmmarna beräknas enligt:

$$I_{k3} = \frac{U_f}{Z_k} \quad (3)$$

och

$$I_{k2} = \frac{I_{k3}}{1,15} \quad (4)$$

där

I_{k3} är den trefasiga kortslutningsströmmen.

I_{k2} är den tvåfasiga kortslutningsströmmen.

U_f är fasspänningen i felstället.

Z_k är den resulterande impedansen per fas från spänningskällan till felstället.

Den största trefasiga kortslutningsströmmen uppstår närmast inmatningspunkten där impedansen är som lägst och den minsta uppstår längst ut i ledningsnätet där impedansen är som störst. Impedansvärden för ledningar kan hämtas ur SS 424 14 05 och är driftimpedanser vid 20° C.[8]

4.5 Jordslutningsströmmar

Ett icke direktjordat kraftsystem har kopplingar mot jord via impedansjordningar av systemets nollpunkter samt ledningars och kablars kapacitiva kopplingar mot jord. Vid normal drift är systemet symmetriskt och nollföljdsspänningarna är relativt låga. Vid ett jordfel däremot blir systemet osymmetriskt och det uppstår en nollföljdsspänning som driver jordfelsströmmar i systemet.

För att reläskydden skall kunna detektera fel både säkert och selektivt finns också normalt ett motstånd i systemets nollpunkt. Detta innebär att en aktiv ström matas mot felstället som sedan vektoriellt adderas med den kapacitiva jordfelsströmmen.

Den kapacitiva jordfelsströmmens storlek beror på kabelns area och längd. Med ökande area och längd fås alltså ett större bidrag utav kapacitiv jordfelsström. Hur mycket kapacitiv jordfelsström en kabel generar per kilometer anges av tillverkaren.

Det kan beräknas enligt:

$$I_{cj} = I_{cjledning} \times L \quad (5)$$

där

I_{cj} är den totala tillkommande kapacitiva jordfelsströmmen.

$I_{cjledning}$ är den kapacitiva jordfelsström ledningen generar per kilometer.

L är ledningens längd.

För en friledning beräknas den kapacitiva jordfelsströmmen enligt:

$$I_{cj} = U \times \frac{L_f}{300} \quad (6)$$

där

L_f är längden på friledningen.

För att kompensera för den kapacitiva jordfelsströmmen förses nollpunkten ofta med en reaktor som stäms av mot kapacitansen i systemet. Syftet med det är att reaktorn ska skapa en ström motriktad den kapacitiva jordfelsströmmen. Det betyder att strömmen i felstället begränsas till den aktiva strömmen från motståndet och övriga förluster i systemet samt eventuellt kapacitivt bidrag på grund av en viss snedavstämning. Detta kan beräknas enligt:

$$I_j = \sqrt{I_{Rj}^2 + (I_{Cj} - I_{Lj})^2} \quad (7)$$

där

I_j är den totala felströmmen i felstället.

I_{Rj} är det totala nollpunktsmotståndet.

I_{Lj} är det inställda värdet på nollpunktsreaktorn.

Anledningen till att jordfelsströmmen i icke direktjordade kraftsystem måste begränsas är på grund av den spänningssättning av jordade delar som kan uppstå vid ett jordfel. Vid till exempel ett jordfel på högspänningssidan av en nätstation kommer felströmmen att gå till jord via jordtagsmotståndet. Strömmen som uppstår i motståndet resulterar i att PEN-ledaren i lågspänningsnätet får en potentialhöjning. Om det finns metalliska föremål anslutna till andra jordtag i närheten av utsatta delar i anläggningen så kommer en spänning att uppstå om det saknas potentialutjämning. Enligt Starkströmsföreskrifterna kap. 5§6 tabell 1 får denna spänningssättning högst uppgå till 100 V om jordfelet automatiskt kopplas bort inom maximalt 5 sekunder.[9]

5 Befintliga elnät

Elnäten som omfattas av arbetet är belägna söder om Trollhättans Stad och väster om Göta älv i Lilla Edets kommun. De båda ledningsnäten levererar el till sammanlagt cirka 900 kunder.

TEAB:s ledningsnät från Ängen fack Hjärtum är utfört som radialnät. Det innebär att ledningsnätet endast i sin ena ända är ansluten till en inmatningspunkt.

Inmatningspunkten är mottagningsstationen Torsred. Därifrån matas elnätet vidare genom nätstation Hälltorp till nätstation Ängen. Där fördelar sig sedan elnätet ut på tre fack Edsäter, Öresjö och Hjärtum. Se bilaga A.

Hjärtum Elförenings ledningsnät L3 från mottagningsstation TT6893 är utfört som slingnät. Det innebär att ledningsnätet är uppbyggt i slingor vars ledningar är anslutna till TT6893 i båda ändar. Se bilaga B.

Nätberäkningar för ledningsnäten redovisas i det här kapitlet.

5.1 Ängen fack Hjärtum

På Ängen fack Hjärtum ligger 25 nätstationer som levererar el till 265 kunder. Det sträcker sig från nätstation Ängen fack Hjärtum och ner till nätstation Tomten. Där delar sig sedan elnätet vidare till två satellitstationer Grönlid och Bråteliden. Den satellitstation som är närmast Hjärtum Elförenings elnät är Bråteliden.

Ledningsnätet är mestadels dimensionerat med 95 mm² aluminiumkabel. Bortsett från vissa sträckor där ledningsnätet förgrenar sig så är det bara på sträckorna mellan Tomten och de båda satellitstationerna som kabeldimensionen går under 95 mm². Där är kablarna dimensionerade med 25 mm² aluminium. Se bilaga A.

5.1.1 Belastningar

Belastningsberäkningar på ledningsnätet är utförda vid både låg- och höglast och redovisas i tabell 3 och 4.

Tabell 3. Låglastberäkning för ledningsnätet från nätstation Ängen fack Hjärtum.

Station	Ledningstyp	Ledararea	I [A]	X [%]
Ängen	AXKJ-3	95 mm ²	6	3

I är belastningsström i ledning

X är utnyttjningsgrad av ledningens belastningsförmåga

Tabell 4. Höglastberäkning för ledningsnätet från nätstation Ängen fack Hjärtum.

Station	Ledningstyp	Ledararea	I [A]	X [%]
Ängen	AXKJ-3	95 mm ²	62	30

I är belastningsström i ledning

X är utnyttjningsgrad av ledningens belastningsförmåga

Beräkningarna visar att belastningarna på ledningarna är relativt låga. Det innebär att det finns god marginal för en ökad belastning på ledningsnätet även under höglast.

5.1.2 Spänningsfall

Spänningsfallsberäkningar på ledningsnätet redovisas i tabell 5.

Tabell 5. Spänningsfallsberäkning för ledningsnätet från nätstation Ängen fack Hjärtum.

Nätstation	U [V]	dU [%]
Ängen	10460	2,2
Bråteliden	10210	4,6

U är driftspänningen i volt

dU är spänningsfallet i procent

Tabellen visar att högsta tillåtna värde på spänningsfall uppfylls. Dock med liten marginal för utbyggnad av det befintliga ledningsnätet.

5.1.3 Kortslutningsströmmar

Beräkningar på kortslutningsströmmar för ledningsnätet redovisas i tabell 6.

Tabell 6. Beräkningar på kortslutningsströmmar för ledningsnätet från nätstation Ängen fack Hjärtum.

Ledningssträcka	Ledningstyp	Ledararea	I_{k2} [A]	I_{k3} [A]	I_{k3} [%]
Ängen-Aspekullen	AXKJ-3	95 mm ²	6100	7098	31
Tomten-Bråteliden	Axclight-LT	25 mm ²	885	1135	12

I_{k2} är lägsta tvåfasiga kortslutningsström i ledningen i ampere

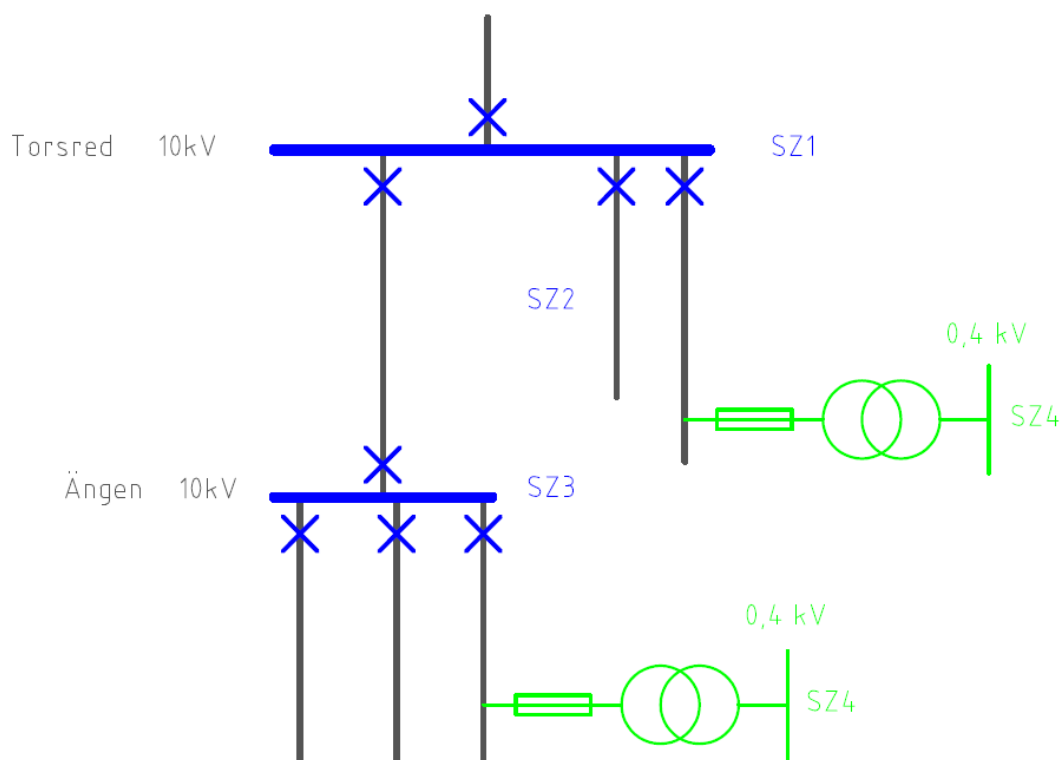
I_{k3} är högsta trefasiga kortslutningsström i ledningen i ampere

I_{k3} är utnyttjningsgrad av ledningens korttidsströmsförmåga

Den högsta trefasiga kortslutningsströmmen uppstår i nätstation Ängen stationen närmast inmatningspunkten Torsred. Den lägsta tvåfasiga kortslutningsströmmen uppstår längst ut i ledningsnätet på kabeln mellan nätstation Tomten och satellitstation Bräteliden.

5.1.4 Reläskyddsinställningar

Den grundläggande principen för felbortkoppling är i första hand att god elsäkerhet skall säkerställas och i andra hand att upprätta en god driftsäkerhet. Så gott det går skall en god utlösningssbild med selektivitet mellan skydds-zoner eftersträvas för att underlätta felsökning. Hur de olika skyddszonerna delas in illustreras i figur 1.



Figur 1. Principschema för skyddszonindelning.

Varje skyddszon skall uppfylla enkelfelskriteriet vilket innebär att det finns ett huvudskydd och ett reservskydd. Felbortkopplingen skall även skydda ledningar och transformatorer mot överlast.

Steg 1 i skydds-zon SZ3 i Ängen skall lösa för flerfasiga ledningsfel – även för reservdrifanläggningar. För att få underliggande högspänningssäkringar att lösa först

har steg 1 ställts in på 100 ms. Eventuella underliggande reläskydd i distributionsnätet bör således ställas momentant.

Steg 2 i skyddszon SZ3 i Ängen är främst ett överlastskydd, vars strömvärde motsvarar märkströmmen för respektive utlednings ”ledningsstam”. Ledningar med klenare area saknar då överlastskydd och bör därför säkerställas med säkringar. Dessa inställningar är tänkta att skapa en hög tillgänglighet för reservdrifanläggningar men samtidigt skydda så stor del av ledningarna som möjligt. Vid reservdrifanläggningar krävs en analys av aktuella laster och använda ledningstyper ute i nätet för inte riskera överlast.

Reläskyddsinställningarna för ledningsnätet redovisas i tabell 7.

Tabell 7. Selektivplan för ledningsnätet från nätstation Ängen fack Hjärtum.

Skyddsbezeichnung	Inställd tid	Primärvärde [A]
ISm1	100 ms	700
ISm2	k=0,10 *	190

*Skulle reservdrifanläggningar förekomma med extremt svag kortslutningseffekt fungerar även steg 2 som ett skydd mot flerfasiga fel men då med längre utlösningstid än 100 ms. Skydden definierar inverteid enligt uttrycket nedan:

$$t(s) = \left(\frac{A}{\frac{I^c}{I^{cset}} - 1} + B \right) \times k \quad (8)$$

där

$$A=0,14$$

$$B=0$$

$$C=0,02$$

ISm1 i nätstation Ängen löser alltid på 100 ms för en kortslutningsström över 700 A. ISm2 däremot löser olika snabbt beroende på storlek av strömmen vilket redovisas i tabell 8.

Tabell 8. Inverttids karakteristik.

Felström [A]	Utlösningstid [s]
196	22,51
200	13,64
300	1,53
400	0,93
500	0,72
600	0,60
700	0,53

5.1.5 Jordslutningsströmmar

I TEAB:s mottagningsstation Torsred finns idag en central kompenserande nollpunktsreaktor installerad. Den är till för att kompensera de kapacitiva jordfelsströmmarna från Torsreds utgående ledningsnät. Data för nollpunktsreaktorn och de kapacitiva jordslutningsströmmarna är följande:

- Nollpunktsmotstånd: 5 A
- Nollpunktsreaktor: 31-157 A
- Nätets totala kapacitiva jordslutningsström: 130 A

5.2 TT6893 fack L3

På ledningsnät L3 ligger det 26 nätstationer som förser 589 kunder med el. Det sträcker sig från inmatningsstationen TT6893 till T305 Torp som är den nätstation som är närmast TEAB:s elnät.

På ledningsnätet är det mestadels luftledning i form av FeAl 99 mm² och hängspiralkabel dimensionerat med 95 mm². Mellan knutpunkt KKTSTP:711 och nätstation T340 Hjärtumsgården är det utfört med hängspiralkabel på endast 25 mm². Se bilaga B.

5.2.1 Belastningar

Belastningsberäkningar på ledningsnätet är utförda vid både låg- och höglast och redovisas i tabell 9 och 10.

Tabell 9. Låglastberäkning för ledningsnätet från mottagningsstation TT6893.

Station	Ledningstyp	Ledararea	I [A]	X [%]
TT6893	AXCEL	150 mm ²	6	2

I är belastningsström i ledning

X är utnyttjningsgrad av ledningens belastningsförmåga

Tabell 10. Höglastberäkning för ledningsnätet från mottagningsstation TT6893.

Station	Ledningstyp	Ledararea	I [A]	X [%]
TT6893	AXCEL	150 mm ²	60	23

I är belastningsström i ledning

X är utnyttjningsgrad av ledningens belastningsförmåga

Beräkningarna visar att belastningarna på ledningarna är relativt låga. Det innebär att det finns god marginal för en ökad belastning på ledningsnätet även under höglast.

5.2.2 Spänningsfall

Beräkningar på spänningsfallet för ledningsnätet har inte kunnat utföras. Det beror på att Hjärtum Elförenings elnätskunder inte finns med i TEAB:s databaser i nätberäkningsprogrammet. Vid en projektering brukar dock oftast inte beräkningar på spänningsfallet utföras. Det utförs istället mätningar på den ledning där spänningsfall är ett problem.

5.2.3 Kortslutningsströmmar

Beräkningar på kortslutningsströmmar för ledningsnätet redovisas i tabell 11.

Tabell 11. Beräkningar på kortslutningsströmmar för ledningsnätet från mottagningsstation TT6893.

Ledningssträcka	Ledningstyp	Ledararea	I_{k2} [A]	I_{k3} [A]	I_{k3} [%]
TT6893	AXCEL	150 mm ²	2909	3574	56
T322-T305	AXCEL	95 mm ²	919	1116	28

I_{k2} [A] är lägsta tvåfasiga kortslutningsström i ledning

I_{k3} [A] är högsta trefasiga kortslutningsström i ledning

I_{k3} [%] är utnyttjningsgrad av ledningens korttidsströmsförmåga

Den högsta trefasiga kortslutningsströmmen uppstår i mottagningsstation TT6893.

Den lägsta tvåfasiga kortslutningsströmmen uppstår längst ut i ledningsnätet på kabeln mellan nätstation T322 Sollum och T305 Torp.

5.2.4 Reläskyddsinställningar

Hjärtum Elförening har tre stycken överströmsskydd på ledningsnätet och får på så sätt en god selektivitet. Beroende på vilket värde det är på strömmen så löser överströmsskydden olika snabbt. Värden för de olika överströmsskydden redovisas i tabell 12.

Tabell 12. Selektivplan för Hjärtum Elförenings ledningsnät L3.

Skyddsbezeichnung	Inställd tid [s]	Primärvärde [A]	Anmärkning
Ism1	0,8	310	L3
Ism2	0,3	500	L3
Ism3	0,15	600	L3

5.2.5 Jordslutningsströmmar

I Hjärtum Elförenings mottagningsstation TT6893 finns idag en central kompenserrande nollpunktsreaktor installerad. Den är till för att kompensera de kapacitiva jordfelsströmmarna från mottagningsstation TT6893. Data för nollpunktsreaktorn och de kapacitiva jordslutningsströmmarna är följande:

- Nollpunktsmotstånd: 5 A
- Nollpunktsreaktor: 20-100 A med automatik
- Nätets totala kapacitiva jordslutningsström: 95 A

6 Sammankopplade elnät

Närmaste kopplingspunkt mellan TEAB och Hjärtum Elförenings elnät är relativt nära varandra. Mellan satellitstationen Bräteliden i TEAB:s ledningsnät och nätstation T305 Torp i Hjärtum Elförenings ledningsnät är det cirka 1 km.

Nätberäkningar för ledningsnäten sammankopplade redovisas i det här kapitlet.

6.1 Ängen fack Hjärtum sammankopplat med Hjärtum Elförening fack L3

Beräkningarna är utförda med Torsred som inmatningspunkt. Ledningsnäten sammankopplas förslagsvis med en 95 mm² aluminiumkabel mellan nätstationerna Bräteliden och T305 Torp.

6.1.1 Belastningar

Belastningsberäkningar på ledningsnätet är utförda vid både låg- och höglast och redovisas i tabell 13 och 14.

Tabell 13. Låglastberäkning för ledningsnätet från nätstation Ängen fack Hjärtum sammankopplat med Hjärtum Elförening fack L3.

Station	Ledningstyp	Ledararea	I [A]	X [%]
Ängen	AXKJ-3	95 mm ²	12	6

I är belastningsström i ledning

X är utnyttjningsgrad av ledningens belastningsförmåga

Tabell 14. Höglastberäkning för ledningsnätet från nätstation Ängen fack Hjärtum sammankopplat med Hjärtum Elförening fack L3.

Station	Ledningstyp	Ledararea	I [A]	X [%]
Ängen	AXKJ-3	95 mm ²	122	47

I är belastningsström i ledning

X är utnyttjningsgrad av ledningens belastningsförmåga

Enligt beräkningarna så är det god marginal kvar till att ledningsnäten löser för överlast både för låg- och höglast.

6.1.2 Kortslutningsströmmar

Beräkningar på kortslutningsströmmar för ledningsnätet redovisas i tabell 15.

Tabell 15. Beräkningar på kortslutningsströmmar för ledningsnätet från nätstation Ängen fack Hjärtum sammankopplat med Hjärtum Elförening fack L3.

Ledningssträcka	Ledningstyp	Ledararea	I_{k2} [A]	I_{k3} [A]	I_{k3} [%]
Ängen	AXKJ-3	95 mm ²	6100	7098	31
Bräteliden-T305	Axclight-LT	95 mm ²	839	1022	3
T322-T340	Axclight- HLT	25 mm ²	706	891	9
T340-T321	Axclight- OLT	95 mm ²	697	815	2
T340-T381	Axclight- OLT	95 mm ²	685	815	2
T307-T333	AXCEL	150 mm ²	524	613	1

I_{k2} [A] är lägsta tvåfasiga kortslutningsström i ledning

I_{k3} [A] är högsta trefasiga kortslutningsström i ledning

I_{k3} [%] är utnyttjningsgrad av ledningens korttidsströmsförmåga

Högsta trefasiga kortslutningsström uppstår närmast inmatningspunkten i nätstation Ängen. Första sträckan den tvåfasiga kortslutningsströmmen blir lägre än 700 A är på båda utgående facken från nätstation T340 Hjärtumsgården. Det innebär att reläskyddet för flerfasiga fel i nätstation Ängen inte känner av en eventuell tvåfasig kortslutning. Det är då istället överströmsskyddet som kommer att lösa genom inverttids karakteristiken som kan beräknas enligt ekvation (8). Den lägsta tvåfasiga kortslutningsströmmen uppstår på ledningssträckan längst ut i nätet mellan nätstationerna T307 Sundören och T333 Strandbacken.

6.1.3 Jordslutningsströmmar

I mottagningsstation Torsred finns en central kompenserande nollpunktsreaktor installerad. Den ska motverka de kapacitiva jordslutningsströmmarna som kan uppstå i ledningsnäten som fördelar sig från Torsred. Då nollpunktsreaktorn är relativt högt belastad av det befintliga nätet så finns det inte så mycket möjlighet till ytterligare kompensering. Utlokaliserade nollpunktsreaktorer skulle därför vara ett bra alternativ vid en ökning utav kabelnätet. En utlokaliserad nollpunktsreaktor på 10A rekommenderas därför i nätstation Utby.

6.2 TT6893 fack L3 sammankopplat med TEAB:s ledningsnät Ängen fack Hjærtum

Beräkningarna är utförda med TT6893 som inmatningspunkt. De båda ledningsnäten sammankopplas förslagsvis med en 95 mm² aluminiumkabel mellan nätstationerna T305 Torp och Bråteliden.

6.2.1 Belastningar

Belastningsberäkningar på ledningsnätet är utförda vid både låg- och höglast och redovisas i tabell 16 och 17.

Tabell 16. Låglastberäkning för ledningsnätet från mottagningsstation TT6893 sammankopplat med TEAB:s Ängen fack Hjærtum.

Station	Ledningstyp	Ledararea	I [A]	X [%]
TT6893	AXCEL	150 mm ²	12	4

I är belastningsström i ledning

X är utnyttjningsgrad av ledningens belastningsförmåga

Tabell 17. Höglastberäkning för ledningsnätet från mottagningsstation TT6893 sammankopplat med TEAB:s Ängen fack Hjærtum.

Station	Ledningstyp	Ledararea	I [A]	X [%]
TT6893	AXCEL	150 mm ²	122	40

I är belastningsström i ledning

X är utnyttjningsgrad av ledningens belastningsförmåga

Enligt beräkningarna så är det god marginal kvar till att ledningsnäten löser för överlast både för låg- och höglast.

6.2.2 Kortslutningsströmmar

Beräkningar på kortslutningsströmmar för ledningsnätet redovisas i tabell 18.

Tabell 18. Beräkningar på kortslutningsströmmar för ledningsnätet från mottagningsstation TT6893 sammankopplat med TEAB:s ledningsnät Ängen fack Hjärtum.

Ledningssträcka	Ledningstyp	Ledararea	I_{k2} [A]	I_{k3} [A]	I_{k3} [%]
TT6893	AXCEL	150 mm ²	2909	3574	56
T305-Bråteliden	Axclight-LT	95 mm ²	870	1061	26
Utby lång-Örstad	AXLJ TT	95 mm ²	563	700	17
Vesten-Hallhagen	Axclight-LT	25 mm ²	571	696	66
Vesten-Nordängen	Axclight-LT	95 mm ²	587	696	17
Lundebacken-Boskogen	Axclight-LT	95 mm ²	485	575	14
Boskogen-Aspekullen	Axclight-LT	95 mm ²	463	560	14

I_{k2} [A] är lägsta tvåfasiga kortslutningsström i ledning

I_{k3} [A] är högsta trefasiga kortslutningsström i ledning

I_{k3} [%] är utnyttjningsgrad av ledningens korttidsströmsförmåga

Högsta trefasiga kortslutningsström uppstår närmast mottagningsstation TT6893.

Reläskyddet Ism3 i TT6893 kommer att lösa för tvåfasiga kortslutningar fram till nätstation Utby lång. Sedan sjunker den tvåfasiga kortslutningsströmmen under 600 A vilket innebär att Ism2 kommer lösa. Ism2 löser sedan fram till och med nätstation Lundebacken och därefter skyddas ledningsnätet av Ism1.

6.2.3 Jordslutningsströmmar

I Hjärtum Elförenings mottagningsstation TT6893 finns en central kompenserande nollpunktsreaktor installerad. Den ska motverka de kapacitiva jordslutningsströmmarna som kan uppstå i ledningsnäten som fördelar sig från TT6893. Då nollpunktsreaktorn är relativt högt belastad av det befintliga nätet så finns det inte så mycket möjlighet till ytterligare kompensering. Utlokaliserade nollpunktsreaktorer skulle därför vara ett bra alternativ vid en ökning utav kabelnätet. En utlokaliserad nollpunktsreaktor på 10A rekommenderas därför i nätstation T322 Sollum.

7 Förslag på ombyggnation för nytt ledningsnät

De befintliga ledningsnäten är inte dimensionerade för en större utökning vad gäller belastningar, kortslutningsströmmar och jordslutningsströmmar. Därför har ombyggnation i ledningsnätet diskuterats med Trollhättan Energi och några förslag tagits fram.

Högspänningskabeln som förbinder ledningsnäten mellan nätstationer Bråteliden och T305 Torp dimensioneras till 95 mm² aluminium. Den klarar enligt en ekonomisk dimensionering en ström på 95 A. Enligt termisk dimensionering och tabell 1 så klarar den en ström på maximalt 205 A. Det gör att kabeldimensionen med god marginal klarar belastningarna.

När kabelnätet byggs ut ökar de kapacitiva jordfelsströmmarna. För att begränsa dessa felströmmar rekommenderas att två utlokaliserade nollpunktsreaktorer placeras i ledningsnätet. Storleken på de båda väljs till 10 A. Dessa placeras i TEAB:s nätstation Utby och samt Hjärtum Elförenings nätstation T322 Sollum. Då kompenseras även en del av jordfelsströmmarna i de befintliga ledningsnäten. Det medför att de två redan högt belastade centralkompenserande nollpunktsreaktorerna inställda värde kan sänkas.

Tomten fack Bråteliden har idag en utgående kabel på 25 mm². Enligt tabell 1 klarar den en ström på maximalt 110 A. Ett byte av kabeln skulle innebära ökade belastningsmöjligheter men enligt beräkningarna så ökar inte belastningarna mer än kabeln klarar av. Kabeln och transformatorn i Bråteliden skyddas idag av en säkringslastfrånskiljare med högspänningssäkringar på 12 A. Det innebär att belastningen inte kan ökas med mer än 12 A för då löser säkringarna. Det kan åtgärdas på olika sätt. Ett alternativ är att byta ut säkringslastfrånskiljaren till en lastfrånskiljare. Det enklaste och billigaste alternativet är att byta ut högspänningssäkringarna till rörlaskar.

Bråteliden är den nätstationen i TEAB:s ledningsnät som är närmast Hjärtum Elförenings ledningsnät. Idag är den en satellitstation med en transformator som har en märkeffekt på 100 kVA. Eftersom den här nätstationen är närmast kopplingspunkten så bör den ha kopplingsmöjligheter. Den byts därför ut mot en

nätstation med minst 2 st lastfrånskiljare och märkeffekten på transformatorn är fortsatt 100 kVA.

Ett budgetpris för ombyggnationerna i ledningsnätet har uppskattats enligt EBR:s planeringskatalog P1 samt i samråd med andra kunniga kollegor på företaget. Utöver kostnaden för ombyggnationen så tillkommer även kostnader för arbetet och övrigt materiel.

Budgetpriset för ombyggnationen har beräknats till cirka 700 000 kronor.

8 Resultat och slutsats

Examensarbetet har resulterat i en utredning beträffande förutsättningar för sammankoppling av Trollhättan Energi och Hjärtum Elförenings elnät.

Ett förslag på ett nytt ledningsnät där delar av TEAB och Hjärtum Elförenings ledningsnät är sammankopplade har tagits fram. Det nya förslaget innebär att ett mer driftsäkert ledningsnät än det befintliga uppnås.

Enligt ellagen ska ledningsnätet vara säkert, tillförlitligt, effektivt och på lång sikt kunna uppfylla rimliga krav på överföring utav el. Med det nya förslaget kan TEAB och Hjärtum Elförening försörja varandras ledningsnät och samtidigt svara för att deras ledningsnät uppfyller dessa krav.

Beräkningarna som ligger till grund för arbetet är teoretiska. Därför bör en fortsatt planering och undersökning inom ämnet utföras innan ledningsnäten sammankopplas.

Budgetpriset på ombyggnationen i ledningsnätet har beräknats till cirka 700 000 kronor och investeringen anses nödvändig för att kunna utföra en sammankoppling av elnäten.

9 Förslag till framtida arbete

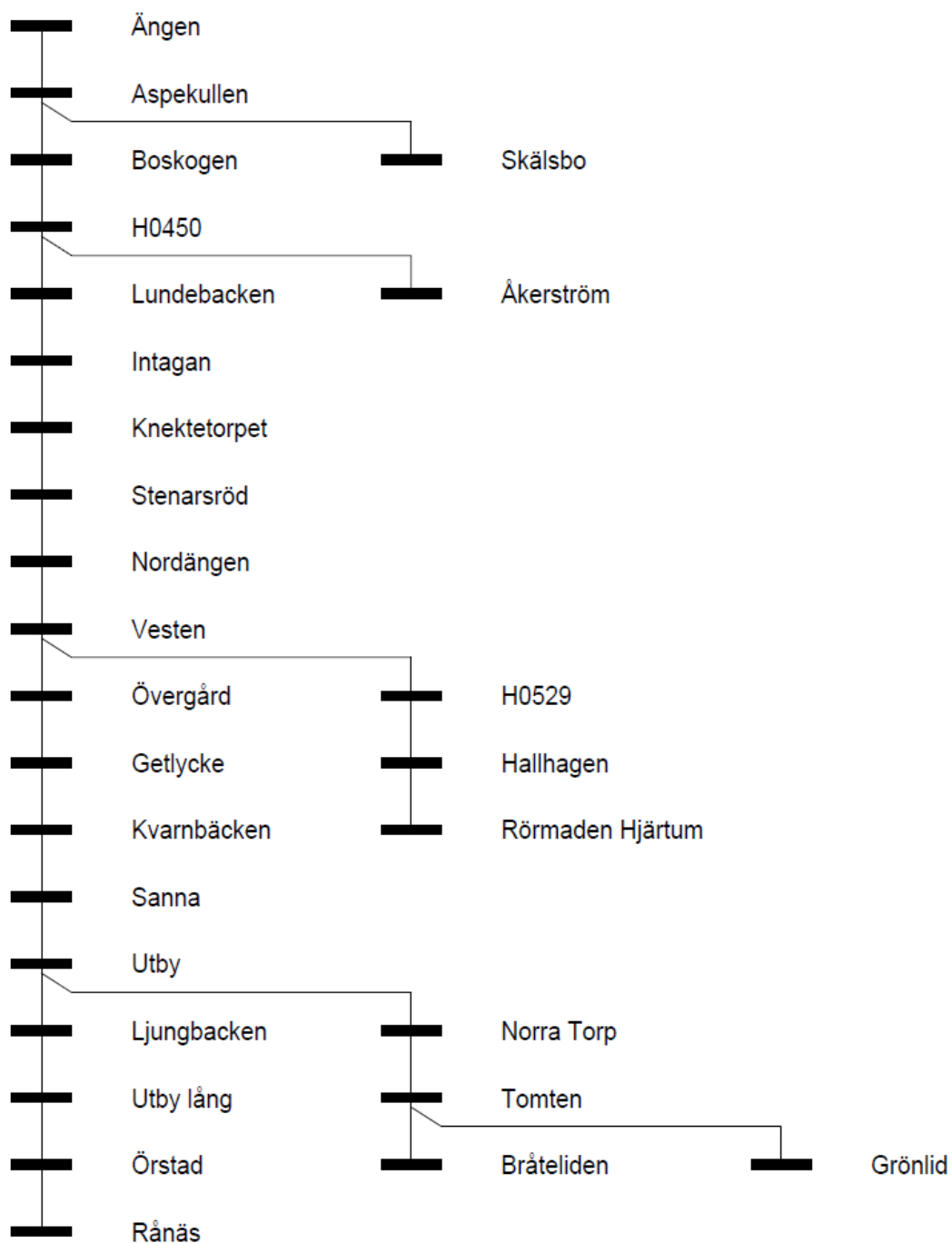
För att ytterligare öka ledningsnätets tillgänglighet i framtiden samt fortsätta planeringen av arbetet kan följande undersökas:

- Mätningar i fält.
- Byte av satellitstationer mot kopplingsstationer.
- Fjärrstyrning utav nätstationer.
- Inställning utav reläskydd vid en sammankoppling.

Källförteckning

1. Nationalencyklopedin, "Distributionsnät", (2014, 11, 20). [Elektronisk].
Tillgänglig:
[http://www.ne.se.ezproxy.server.hv.se/uppslagsverk/encyklopedi/lang/stark strömsnät/distributionsnät](http://www.ne.se.ezproxy.server.hv.se/uppslagsverk/encyklopedi/lang/stark-stromsnat/distributionsnat)
2. Energimarknadsinspektionen, "Elavbrott", (2014, 11, 20). [Elektronisk].
Tillgänglig: http://ei.se/sv/el/Elavbrott/?_sm_au_=iVVjTQVvTLQJJ016
3. Energimarknadsinspektionen, "EL", (2014, 11, 19). [Elektronisk]. Tillgänglig:
<http://www.enerгимarknadsinspektionen.se/sv/el/>
4. Konsumenternas Energimarknadsbyrå, "Ellagen", (2014, 11, 18).
[Elektronisk]. Tillgänglig:
<http://www.enerгимarknadsbyran.se/El/Konsumentratt1/Ellagen/>.
5. Ellagen (1997:857), 1997.
6. Förordning (1999:716) om mätning, beräkning och rapportering av överförd el, 1999.
7. Almgren, Åke & Blomqvist, Hans, Elkrafthandboken. Elkraftsystem, 2, Stockholm: Liber, 2003.
8. SS 424 14 05, 1993.
9. Svensk energi ebr-e, "B17:09 Kapacitiva jordfelsströmmar i kabelnät på landsbygden", (2014, 12, 18). [Elektronisk]. Tillgänglig:
<http://www3.svenskenergi.se/Beredning/Kapacitiva-jordfelsstrommar-i-kabelnat-pa-landsbygden/Vad-hander-vid-jordfel/>

A. Enlinjeschema för TEAB:s ledningsnät från Ängen fack Hjärtum



B. Enlinjeschema för Hjärtum Elförenings ledningsnät från TT6893 fack L3

