

Selektivplaner för spänningsfördelningssystem på Edet Bruk

Anneli Einarsson

EXAMENSARBETE

Selektivplaner för spänningsfördelningssystem på Edet Bruk Anneli Einarsson

Sammanfattning

Rapporten redovisar ett samarbetsprojekt mellan SCA Edet Bruk och ÅF- industri och system. Det handlar om framtagande av Selektivplaner för det befintliga spänningsdistributionssystemet på SCA Edet Bruk.

En elektrisk anläggning måste ha ett skyddssystem i form av säkringar eller reläskydd för att koppla bort fel så snabbt som möjligt. Anledningen till detta är att begränsa skadorna i felstället (skyddsfunktion) samt att enbart koppla bort den del av anläggningen som berörs av felet (selektivitet).

För att upprätta selektivplaner måste en anläggning metodiskt dokumenteras. Data skall insamlas för apparater tex transformatorer, kablar och brytare. Maximala och minimala kortslutningsströmmar måste beräknas och utifrån dessa data kan ström-tid-diagram ritas. Därefter tolkas och analyseras dessa diagram för att se om det finns selektivitet i anläggningen. Till hjälp för detta arbete har beräkningsprogrammet EDSA använts.

Den del av nätet som främst analyserats utgår från transformator 20 och dess grupper på lågspänningssidan. Studien utförs från inmatningspunkten vid 130 kV ner till utgående grupper på lågspänningssidan 690V. Selektivitetsbedömningen visar ett resultat där åtgärder bör genomföras.

Utgivare:	Högskolan Trollhättan/Uddevalla, Institutionen för teknik Box 957, 461 29 Trollhättan Tel: 0520-47 50 00 Fax: 0520-47 50 99 E-post: teknik@htu.se		
Examinator:	Lars Holmblad		
Handledare:	Anne Holm, SCA Edet Bruk AB ; Evert Agneholm, ÅF-Industri & System AB		
Huvudämne:	Elektroteknik	Språk:	Svenska
Nivå:	Fördjupningsnivå 1	Poäng:	10
Rapportnr:	2003:E017	Datum:	2003-12-14
Nyckelord:	Selektivplaner, EDSA, kortslutningsberäkning, selektivitet		

DEGREE PROJECT

Selective Coordination in the Voltage Distribution System at Edet Mill

Anneli Einarsson

Summary

This report describes a cooperation project between SCA Edet Mill and ÅF- Industri och system. It is about selective coordination in the existing voltage distribution system at Edet Mill.

An electrical power-service has to have a protective system in terms of fuses and relays to disconnect a fault as soon as possible. One reason is to limit the damage (protective function) and another is to disconnect the specific part of the system (selectivity).

An electrical system has to be documented methodically to set up the selective coordination of protective devices. Data must be gathered for the equipment, for example the transformers, the cables and the circuit-breakers. Maximal and minimal short-circuit analyses must be performed and with that data, time-current-diagram can be drawn. An analyses and interpretation of these diagram will give an answer if the protective devices has selectivity or not. In the process, a computer aided engineering software program called EDSA has been used.

The net, which has been analysed to improve selectivity, originates from transformer 20 and the low-voltages services. The study is performed from the electric power feeding point at 130 kV down to low-voltages services at 690V. The analyses of selectivity shows that action would be taken.

Publisher:	University of Trollhättan/Uddevalla, Department of Technology Box 957, S-461 29 Trollhättan, SWEDEN Phone: + 46 520 47 50 00 Fax: + 46 520 47 50 99 E-mail: teknik@htu.se		
Examiner:	Lars Holmblad		
Advisor:	Anne Holm, SCA Edet Mill AB ; Evert Agneholm, ÅF-Industry & System AB		
Subject:	Electrical Engineering	Language:	Swedish
Level:	Advanced	Credits:	10 Swedish, 15 ECTS credits
Number:	2003:E017	Date:	December 14, 2003
Keywords	Protection Coordination, EDSA, Short-circuit calculation		

Förord

Detta arbete utgör de avslutande poängen på en elektroingenjörsutbildning (120 poäng) med elkraftsinriktning vid HTU, Trollhättan.

Arbetet har utförts som ett samarbetsprojekt mellan SCA Edet Bruk och ÅF, Industri och system (Trollhättan och Göteborg).

Jag vill passa på att tacka all personal på berörda företag samt lärare på HTU som varit behjälplig i detta arbete.

Innehållsförteckning

Sammanfattning	i
Summary	ii
Förord	iii
Nomenklatur	v
1 Inledning	1
1.1 Bakgrund	1
1.2 Syfte och mål	1
1.3 Tillvägagångssätt	1
1.4 Förutsättningar	2
1.5 Detaljbeskrivning	2
1.6 Avgränsningar	2
2 Förutsättningar för beräkning av kortslutningsströmmar	3
2.1 Beräkning kortslutningsströmmar	3
2.2 Indata i nätmodellen för beräkning av kortslutningsströmmar	3
3 Förklaringar till kortslutningsströmmar	5
4 Förutsättningar för selektivplaner	6
4.1 Reläer och brytare	6
4.2 Förklaringar till selektivplaner	6
5 Anläggning SCA Edet Bruk	7
5.1 Mottagningsstation	7
5.2 Huvudfördelningsställverk HS1	7
5.3 Underfördelningsställverk B2	8
5.4 Lågspänningsfördelning på T20	8
6 Beräkningsprogrammet EDSA	9
1. Kortslutningsberäkningsresultat	10
7 Manuell kortslutningsberäkning	11
7.1 Indata för beräkningsmodell	11
Kortslutningsberäkningar enligt impedansmetoden	12
8 Selektivplaner	14
8.1 Selektivitetsdiagram	14
8.2 Selektivitetsbedömning	18
Källförteckning	21

Bilagor

- A Kortslutningsberäkningar i EDSA
- B Enlinjeschema för Lilla Edets pappersbruk
- C Reläskyddsinställningar
- D Transformatorer
- E Kabelimpedanser
- F Motorlaster samt brytarinställningar på lågspänningsidan av T20

Nomenklatur

$\gg I$ [kA]	Momentan funktion, grovskydd, kortslutningsström
$> I$ [kA]	Fördröjd funktion, finsteg, överström
B2	Underfördelningsställverk
HS1	Huvudställverk
$I_{k(1s)}$	Kortslutningsström, 1s
$I_{k(max)}$	Maximala kortslutningsström
$I_{k(min)}$	Minsta kortslutningsström
I_n	Märkström
$I_s(asym)$	Asymmetrisk stötström
$I_s(sym)$	Symmetrisk stötström
N_1	Transformatorns omsättning på primärsidan
N_2	Transformatorns omsättning på sekundärsidan
PM 5	Pappersmaskin 5
PM 7	Pappersmaskin 7
PM 8	Pappersmaskin 8
R	Kabelns resistans per kilometer(Ω/km)
$S_{k(max)}$	Nätets maximala kortslutningseffekt
$S_{k(min)}$	Nätets minsta kortslutningseffekt
S_n	Transformatorns märkeffekt
U	Spänning på mellanspänningsnivå
u_k	Transformatorns kortslutningsimpedans
u_r	Transformatorns kortslutningsresistans
VF	Vattenfalls inmatningspunkt till Lilla Edets pappersbruk
X	Kabelns reaktans per kilometer(Ω/km)
Z_{kabel}	Kabelns impedans
$Z_{nät}$	Nätets impedans
Z_{T1}	Transformator T1:s impedans
Z_{T20}	Transformator T20:s impedans

1 Inledning

En elektrisk anläggning måste ha ett skyddssystem i form av säkringar eller reläskydd för att koppla bort fel så snabbt som möjligt. Anledningen till detta är att begränsa skadorna i felstället (skyddsfunktion), samt att enbart koppla bort den del av anläggningen som berörs av felet (selektivitet).[1]

1.1 Bakgrund

Att upprätta en selektivplan för ett nät innebär att reläskyddsinställningar koordineras så att inga onödiga bortkopplingar inträffar vid ett primärfel i nätet. [2]

Reläskyddens strömnivå- och tidsinställningar samordnas så att

- felbehäftad utrustning frånskiljs så snabbt som möjligt
- minsta möjliga störning erhålls för icke felbehäftad utrustning
- ett reservskydd erhålls om ett reläskydd eller en brytare ej löser på avsett sätt
- man snabbt och enkelt ska kunna överblicka reläskyddens inställningar i ett eller flera tid-ström-diagram för att snabba feldiagnoser ska kunna göras vid en driftstörning. [1]

Arbetet med selektivplaner kräver ett systematiskt tillvägagångssätt och en överskådlig presentation av resultatet. Ofta får man räkna med konflikter som uppstår mellan oförenliga krav på selektivitet, hög känslighet och snabbhet hos reläskydden. Det kräver väl avvägda beslut för att i samma selektivplan klara alternativa drifanläggningar. [2]

1.2 Syfte och mål

Syftet är att göra nätberäkningar och selektivplaner för distributionssystemet på mellanspänningsnivå på SCA Edet bruk för att påvisa vilka förbättringar som kan göras. Målet är att kunna optimera anläggningen med avseende på selektiviteten.

1.3 Tillvägagångssätt

- Inläring av EDSA
- Simulering och beräkning i EDSA
- Litteraturstudier om selektivplaner
- Manuella kortslutningsberäkningar
- Rapportskrivning
- Selektivplaner lagras på CD-rom.

1.4 Förutsättningar

På SCA Edet bruk sker kontinuerligt om- och tillbyggnad. Detta innebär förändring av eldistributionssystemet. Den senaste selektivplanen är upprättad 2001 av ABB och en tidigare gjordes av ÅF 1990. Eftersom förändringar gjorts finns ett behov av att dokumentera det befintliga spänningsdistributionssystemet på mellanspänningsnivå.

1.5 Detaljbeskrivning

Den nya selektivplanen som tas fram är en revidering av den gamla. Beräkning av nätets kortslutningsströmmar och stötströmmar har skett i alla nätavsnitt med hjälp av nätberäkningsprogrammet EDSA - som ÅF och HTU förfogar över. Det befintliga spänningsfördelningssystemet har lagts in i EDSA (enligt enlinjeschema EC 1014) samt nätberäkningar och selektivplaner på viss del av nätet. Selektivplanerna finns åtkomliga digitalt lagrade. En selektivitetsbedömning har gjorts på en del av nätet där det funnits problem med en inkommande effektbrytare på lågspänningssidan på transformator 20. Förutom Edets 10 kV:s nät innefattar även denna selektivplan utgående lågspänningsgrupper. Här beskrivs hur inställningarna på skydden eventuellt behöver ändras för en optimerad anläggning.

1.6 Avgränsningar

- Selektivplanen skall enbart beakta kortslutningsströmmar och stötströmmar.
- Vid beräkningar av selektivplaner enligt enlinjeschemat skall befintliga inställningar på skydd användas.
- Den nätdel som skall selektivitetsbedömmas skall utgå från transformator 20. Studien utförs från 130 kV ner till utgående grupper på lågspänningssidan av transformatorn. Det har funnits problem med en lågspänningsbrytare och det var ur företagets synvinkel intressant att studera den delen närmare.

2 Förutsättningar för beräkning av kortslutningsströmmar

Beräkningar har utförts enligt följande förutsättningar.

2.1 Beräkning kortslutningsströmmar

Kortslutningsströmmar har beräknats för en impedanslös ($Z_{fel}=0$) 3-fasig kortslutning med nätberäkningsprogrammet EDSA 2000, version 3.5

Programmet utför beräkningar enligt Svensk Standard SS 421 01 68:

”Kortslutningsberäkningar i trefas växelströmsnät – Beräkningsmetoder”. Standarden återger IEC 909 : ”Short-circuit current calculation in three-phase a.c. systems”.

Avsikten är att beräkna felströmmen i olika punkter inom anläggningen. Programmet utför upprepade beräkningar, så att till varje angiven nod i nätet knyts en specifik kortslutningsström.

De strömmar som redovisas är :

- 1) Stötströmmen I_s .

Denna ström ligger till grund för att dimensionera/kontrollera den dynamiska kortslutningshållfastheten på elanläggningen.

- 2) Den stationära kortslutningsströmmen I_k .

Denna ström innehåller inte motorbidrag eller likströmskomponent. I_k ligger till grund för att dimensionera/kontrollera den termiska hållfastheten på elanläggningen och för beräkning av reläinställningar

Beräkningar har utförts för normal driftläggning. Inga beräkningar för 1-fasiga jordslutningar har utförts eftersom tiden varit begränsad.

I beräkningar är ingen hänsyn tagen till motorernas strömbidrag.

Anläggningen finns grundligt beskriven i kapitel tre.

2.2 Indata i nätmodellen för beräkning av kortslutningsströmmar

Eftersom alla uppgifter om elnätet inte finns tillgängliga har en del värden antagits och en del värden har beräknats. Nedan följer en redovisning om antagen och beräknad indata i nätmodellen i EDSA.

2.2.1 Data från kraftbolag

Följande värden på inmatad kortslutningseffekt har erhållits från Vattenfall (aug-03):

$Sk_{3nät} \approx 2240$ MVA vid 135 kV (max)

810 MVA (min)

2.2.2 Spänningsnivåer

Den nominella nätspänningen inom SCA Edet bruks anläggning har fastställts till:

10/0,4 kV , 130/10 kV, 10/0,69 kV och 10/3 kV.

2.2.3 Data för motorer

I nätmodellen har inte motorer medtagits. Däremot har selektivitet studerats närmast utgående lågspänningsgrupper på vissa motorer.

2.2.4 Data för transformatorer

Transformatorers effekt och kortslutningsimpedans har antagits efter märkdata, se tabell 1.

Tabell 1: Data på Transformatorer

	Spänning uppsida [kV]	Spänning nedsida [kV]	Effekt [MVA]	uk [%]	u_r [%]	Kopplingsgrupp
T1	140	11	30	13,0	-	Yd11
T20	10,5	0,690	3,5	5,74	0,58	Dyn11

2.2.5 Data för kablar

Kabeltyper som används är AXKJ och FCKJ. Samtliga 130 kV kablar är 4//1*500. På 10 kV nivån används 3*240 och 2//3*185 .

Alla kabellängder är uppmätta med hjul samt förevisade och uppskattade av Anders Karlsson, Edet Bruk. Kabellista för mellanspänning finns som bilaga E.

I den del av nätet som beräknats har följande kabellängder enligt tabell 2 använts:

Tabell 2: Data på Kablar

Från	Till	Kabeltyp	Längd [m]	R[Ω/km]	X[Ω/km]
T1	HS1	AXCE 4// 1*500	77	0,0605	0,091
HS1	B2_E10	FCKJ 2//3*185	292	0,0991	0,08
B2_E10	T20	AXKJ 3*150	37	0,206	0,09

2.2.6 Ledningsimpedanser

Draka kabel har bidragit med uppgifter om ledningsimpedanser. De finns i bilaga F.

2.2.7 Data för elkopplare (brytare, frånskiljare)

Impedansen för elkopplare har försumrats, nätberäkningsprogrammet kräver dock ett värde på $X \neq 0$.

3 Förklaringar till kortslutningsströmmar

Hur kortslutningsströmmar beräknas återges under 3.1.

Kortslutningsströmmar är beräknade vid normal driftläggning på nätet.

Normal driftläggning av SCA Lilla Edet Bruk framgår av enlinjeschemat, se bilaga B (Förutsättningar, se kapitel 3).

Förklaringar

Sp. före fel Den spänning som används vid beräkning av kortslutningsströmmar = nominell spänning, se punkt 2.3.4.

Imp.kvot X/R: Förhållandet reaktans/resistans

Stötström (I_s): Stötströmmen är beräknad enligt :

$$I_s = \sqrt{21}'' \left[1 + \sin(\varphi) e^{-\frac{R}{X} \left(\varphi + \frac{\pi}{2} \right)} \right]$$

där $\varphi = \arctan X/R$.

Stationär ström: Kortslutningsströmmen I_k (fortvarighetsström) är stationär ström, som inte innehåller motorbidrag eller likströmskomponent. [Storheten I_k är växelströmskomponentens effektivvärde som man i dagligt tal kallar kortslutningsström eller mer korrekt symmetrisk kortslutningsström]. Det är denna ström som finns redovisad i selektivplanen.

Kortslutningsströmmarna (I_s och I_k) är beräknade för 3-faskortslutning utan övergångsmotstånd i felstället.

Reducering av kortslutningsströmmarna

För en 2-fasig kortslutning reduceras kortslutningsströmmarna med en faktor $\sqrt{3}/2$, samt vid sk_{\min} ges värsta fallet. Här har endast hänsyn tagits till min och max kortslutningsströmmar.

Övergångsmotståndet i felstället medför ytterligare en dämpning. Detta motstånd är av rent resistiv karaktär, till skillnad mot nätets framräknade kortslutningsimpedans som i huvudsak är reaktiv.

4 Förutsättningar för selektivplaner

Selektivplanen är upprättad med förutsättning att anläggningen matas med kortslutningseffekten 2240 MVA vid 135 kV från Vattenfall vid normalt driftläge.

Selektivplanerna omfattar överströmsskydd för överlast och kortslutning.

Alla strömmarna i selektivplanerna är stationära 3-fasiga kortslutningsströmmar, dvs hänsyn har inte tagits till motorernas strömbidrag. Alla strömmarna har omräknats till basspänningen 690 V. Basspänningen 10 kV har använts vid jämförelse till andra transformatorer.

4.1 Reläer och brytare

Kortslutningsström på brytare I_k har dokumenterats enligt märkplåt. Dessutom har Vattenfall och ABB bidragit med uppgifter.

Inställningsvärden för skydden är enligt dokumentationen i bilaga C och från inventering på plats.

Funktionskurvorna för 10 kV har ritats utan spridning medan motsvarande kurvor för effektbrytare på lågspänningssidan har ritats med angivna spridningsvärden enligt norm eller enligt uppgift av fabrikant. Detta gäller för SACE E4 medan de underliggande brytarna är ritade enligt nuvarande inställningsvärden.

4.2 Förklaringar till selektivplaner

Under varje uppslag finns följande redovisat i bilaga C2 – C10:

- Nuvarande selektivplaner med inställningsvärden för skydd vid sidan av diagrammet. Omräknade strömvärden finns i tabell.
- I diagrammen visas överströmsskyddens och brytares funktionskurvor
- Ett enlinjeschema anger brytares placering med bokstavsbezeichnung

5 Anläggning SCA Edet Bruk

Så här kan anläggningen på SCA Edet Bruk beskrivas.

5.1 Mottagningsstation

Vattenfall matar SCA Edet Bruk via tre linjer från Bohus, Lextorp och Lilla Edet. I matningspunkten finns ett mottagningsställverk med två inmatningslinjer på 135 kV. I anslutning till utomhusställverket finns två transformatorer T1 och T2 på vardera 30 MVA, 140/11 kV som ägs av SCA Edet Bruk. Transformatorerna har lindningskopplare.

Transformatorerna är kopplade i Yd vilket innebär att det inte finns en naturlig nollpunkt på nedspänningssidan. Nollpunkten har anordnats m.h.a en Zy kopplad lokaltransformator som också ger lokalkraft till huvudfördelningsställverket. I nollpunkten finns också ett nollpunktsmotstånd på 15A som ger ett impedansjordat 10 kV system. All lågspänning är direktjordad

5.2 Huvudfördelningsställverk HS1

Huvudfördelningsställverket, HS1, är av inomhustyp och placerat i separat byggnad. Nominell spänning är 10 kV. På utsidan finns två kondensatorbatterier på 3,6 MVA och 4,5 MVA som är anslutna till skena A eller B. I ställverket finns dubbla samlingsskenor A och B. I varje fack finns dubbla frånskiljare - som gör det möjligt att mata antingen från skena A eller B – till en enkelbrytare. Från ett fack matas T16 (10/0.4 kV) till slutvattenreningen placerad nära älven. Från tre av facken matas kabel till B2 – fördelningsställverk placerat i fabriken.

Från ett annat fack matas kabel till Ställverk H101 och H102 som också är placerade i HS1. I dessa fack finns dubbelbrytarssystem. Från två av facken matas kabel till B2. Från ett annat fack matas T48 (10/0,4) som är placerad i ett ställverk i höglagret (ett stort lager för färdiga produkter). Slutligen från fack H105 matas kabel till ställverk vid ångcentral. Från ställverket matas två transformatorer. En biopanna - där slaggprodukter från papperstillverkningen eldas - med tillhörande generator genererar effekt till den gemensamma skenan för vidare matning till abonnenter i Lilla Edets kommun.

T2 matar via skena A till ställverk H101. Från fack H102 matas en kabel till elpannan som är placerad i ångcentralen.

5.3 Underfördelningsställverk B2

Underfördelningsställverket B2 är placerat mitt i fabriksbyggnaden. Kabel mellan HS1 och B2 ligger i kulvert under mark. Där finns dubbla samlingsskenor A och B. I varje fack finns dubbla fränkskiljare till en enkelbrytare. På mellanspänningsnivå finns 10 st. distributionstransformatorer (10/0,4 kV), Dy-kopplade med varierande märkeffekter från 0,63 till 2,0 MVA. De matar PM 5 och PM 7.

Samlingsskena C, D och E är av enkeltyp. Från skena E finns 4 st distributionstransformatorer som matar PM 8. En av dessa, T20, är en 10/0,69 kV:s transformator med genomgångseffekt på 3,5 MVA. T18, T19 och T46 har alla en omsättning på 10/0,4 kV och en storlek på 2 MVA. Samtliga är Dy kopplade.

Från skena C matas 5 transformatorer med varierande storlek från 1,0 MVA till 3,0 MVA. En trafo har en omsättning 10/3 kV övriga 10/0,4 kV. Här finns laster som belysning, massaberedning, konvertering och massakvarn.

Slutligen från skena D matas 5 distributionstransformatorer (Dy-kopplade) till massaberedning och returpapper. Fyra transformatorer har en genomgångseffekt på 3,5 MVA och en med omsättning på 10/0,69 kV. Den femte med omsättning på 10/0,4 kV och en storlek på 2MVA.

5.4 Lågspänningsfördelning på T20

T20 matar konstanta drifter till PM 8. Här handlar det om vakumpumpar, massakvarnar och deflaker. En inkommande effektbrytare SACE E4 som överströmsskydd, både som kortslutnings och överlastskydd bryter för fel på samlingsskenan och är överordnad respektive lasts skydd. På varje utgående last finns en lågspänningsbrytare SACE LIMITOR LN 500 eller SACE LIMITOR LN 160 som bryter för kortslutning med ett separat överlastskydd.

En matning går till ett lågspänningsställverk placerat i värmeåtervinningsanläggning på taket. Här matas cirkulationsfläktar, frånluftsfläktar och fläkt till brännare mm. Här används i huvudsak säkringar som kortslutningsskydd och separat överlastskydd.

5.4.1 SACE E4

Effektbrytaren SACE E4 används som lågspänningsbrytare. Beteckning E4 anger storlek på brytaren – 3200 A eller 4000 A - men det kan även vara olika omsättning på de strömtransformatorer som matar skyddet (2000/3200/4000 A). Det finns även två olika typer av skydd (PR111/PR112).

Skyddet har följande skyddsfunktioner:

L – skydd mot överbelastning med lång inverttidsfördröjning

S – korttidsfördröjt skydd mot kortslutning

I – momentant skydd mot kortslutning

G – skydd mot jordfel

Överlastskyddet L har två inställningsmöjligheter efter tid- och strömvärdet. Strömvärdet skall vara högre eller lika med lastens märkström samt lägre eller lika med kabelns korrigeringströmvärde. Tidsvärdet ställs in för en kort fördröjning eller med ytterligare fördröjning om man vill köra tung last. Kortslutningsskyddet I ställs in så att normala driftströmmar inte löser ut brytaren men skall ställas in så lågt som möjligt för att skydda anläggningen. Svensk Standard SS 424 14 02 anger vad som krävs för att utlösning villkoret skall vara uppfyllt. Det korttidsfördröjda skyddet S anses vara ett komplement eller substitut till det momentana kortslutningsskyddet. Om selektivitetsnivån önskas höjas utnyttjas S- och I-skyddet. Den inkommande effektbrytare i T20 utnyttjar både S- och I-skyddet för att försöka öka selektivitetsnivån. [3]

5.4.2 SACE Limitor

SACE Limitor är en typ av MCCB (Moulded Case Circuit Breaker) för lågspänning 690 V. LN 500 bryter för 75 kA och LN 160 bryter för 50 kA. Beteckningen 160 resp 500 anger märkström. I dokumentationen finns tid-ström diagram som anger kortslutning som konstant diagram och överlasten som invert tidsdiagram. Här används ett separat överlastskydd med inställbara funktionsvärden. Det ger möjlighet till en lägre inställningsvärde på överström än vad effektbrytaren har. [3]

6 Beräkningsprogrammet EDSA

Beräkningsprogrammet EDSA för kraftsystemanalys arbetar internt med alla storheter i per unit, men inmatning av fysikaliska storheter är tillåtet. Det krävs en baseffekt för systemet och en basspänning till varje enskild knutpunkt. Alla knutpunkter som är förbundna med ledningar och ej med transformatorer skall ha samma basspänning annars blir det ett felaktigt beräkningsresultat. Vid inläggning av ett enlinjeschema är det viktigt att ofta kontrollera att nätet hänger ihop. Det är lämpligt att mata in nätet i efter matande kabel och tillhörande skena annars uppstår konstigheter vid beräkning. En del ritas fullständigt och uppgifter matas in, sedan ritas nästa del. Programmet beskriver alla knutpunkter med ”#J+löpande numrering” men alla punkter går att omdefiniera. Beräkningsresultaten ges som långa listor och det krävs vana att tolka informationen.

1. Kortslutningsberäkningsresultat

EDSA har beräknat trefasig symmetrisk kortslutning under normal drift. I detta fallet har programmet räknat med fysiska storheter och basspänning med inställning på ”adjusted By Tap/Turn Ratio”. Den väljer att automatiskt räkna om transformatoromsättningen till per unit som sedan multiplicerar basspänningen med per unit värden.

Följande tabell innehåller beräkningsresultat vid maximal kortslutningseffekt:

Tabell 3: Maximala kortslutningseffekter vid beräkning i EDSA

Max				Brytare	Brytare	Skena
Scenario	$I_s(\text{sym})[\text{A}]$	$I_s(\text{asym})[\text{A}]$	$I_k[\text{A}]$	$I_n[\text{A}]$	$I_{k(1s)}[\text{kA}]$	
T1_10kV	10666	17792	10676	2500	23,1/19,2	-
HS1_B10kV	10535	15530	10546	1000	23,1/19,2	-
B2_E10kV	10102	15186	10112	630	25	-
T20_690V	38364	55326	38401	-	-	-

Vid jämförelse av beräknade kortslutningsströmmar i vissa punkter uppstod funderingar huruvida brytare och skenor tål de kortslutningsströmmar som uppträder vid fel. Ur tabell 3 kan tydligt ses att brytare klarar ett fel vid kortslutning. Uppgifter om skenor kortslutning får lämnas därhän då uppgifter är svåra att få fram.

Vid T20_690 V anges kortslutningsströmmen på nedsidan om transformatorn som beräkningsprogrammet EDSA räknat fram. Stötströmmen anges symmetrisk och asymmetrisk (AC + likströmskomponent) samt kortslutningsström.

Nedanstående tabell 4 visar beräknade kortslutningsströmmar men vid min kortslutningseffekt. Dessa värden skall ses som en undre gräns för inställningar av momentansteget på reläet. Beaktas inte detta kan det tänkas att skyddet löser för motorer med höga startströmmar.

Tabell 4: Minimala kortslutningseffekter vid beräkning i EDSA

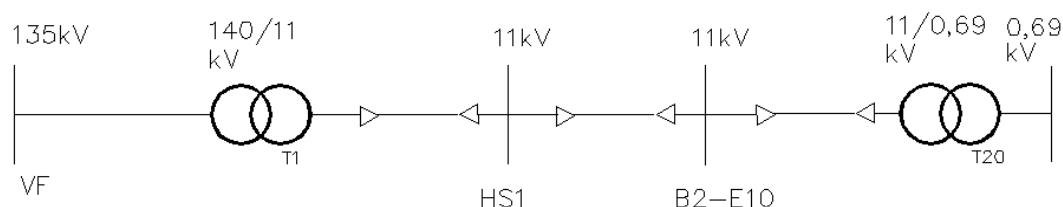
Min				Brytare	Brytare	Skena
Scenario	$I_s(\text{sym})[\text{A}]$	$I_s(\text{asym})[\text{A}]$	$I_k[\text{A}]$	$I_n[\text{A}]$	$I_{k(1s)}[\text{kA}]$	
T1_10kV	10672	17828	10676	2500	23,1/19,2	-
HS1_B10kV	10541	17331	10545	1000	23,1/19,2	-
B2_E10kV	10108	15214	10112	630	25	-
T20_690V	38387	55426	38400	-	-	-

Av resultaten kan ses att det inte blir så stora skillnader mellan max och min.

Vid beräkning av maximum och minimum kortslutningar skall hänsyn tas enligt norm IEC 60909 till en spänningsfaktor c . Vid beräkning av spänningar > 1 kV till 35 kV rekommenderas en spänningsfaktor om 1,1. Det beror av spänningsvariationer över tid och plats, lindningskopplarens automatik, laster och kapacitanser i nätet och subtransienter som påverkar motorer och generatorer. Vid beräkning jämförs resultatet med användning av spänningsfaktor c eller utan. Då påverkar inte kortslutningsströmmen brytarnas hållfasthet och därför bortses ifrån denna faktor i detta fall.

7 Manuell kortslutningsberäkning

Manuell beräkning av nätet har gjorts enligt impedansmetoden .



Figur 1: Enlinjeschema T20

7.1 Indata för beräkningsmodell

Kortslutningseffekt vid Vattenfalls inmatningspunkt

135 kV: 2240 MVA

Data för T1/T2

S_n : 30 MVA

u_k : 13%

Kabel mellan T1 och HS1

Dim: 4//1*500 AXKJ

Längd: 77 m

Impedans (enligt Draka kabel): $0,0605+j0,09 \Omega/\text{km}$, fas

Kabel mellan HS1 och B2

Dim: 2//3*185 FCKJ

Längd: 292 m

Impedans (enligt Draka kabel): $0,0991+j0,08 \Omega/\text{km}$, fas

Kabel mellan B2-E10 och T20

Dim: 3*150 FCKJ

Längd: 37 m

Impedans (enligt Draka kabel): 0,206+j0,09 Ω/km, fas

Data för T20

S_n: 3,5 MVA

u_k: 5,74%

Kortslutningsberäkningar enligt impedansmetoden

Kortslutningseffekt vid Vattenfall 135 kV: 2240MVA

ger impedansen

$$Z_{n135kV} = \frac{U^2}{S_n} = 8,13\Omega$$

samt kortslutningsströmmen

$$I_{k135kV} = \frac{U_n}{Z_{tot} \cdot \sqrt{3}} = 9,5kA$$

Data för T1/T2

S_n: 30 MVA

Omsättning: 140/11 kV

u_k: 13%

ger impedansen för T1

$$I_{k11kV} = \frac{U_n}{Z_{tot} \cdot \sqrt{3}} = 0,524\Omega$$

och förimpedansen för Z_n

$$Z_{n,11kV} = \frac{U^2}{S_k} \cdot \left(\frac{N_2}{N_1}\right)^2 = 0,05\Omega$$

ger Z_{tot}=0,574Ω

samt kortslutningsströmmen

$$I_{k11kV} = \frac{U_n}{Z_{tot} \cdot \sqrt{3}} = 11,0kA$$

Kabel mellan T1 och HS1

$$R = \frac{r(\Omega/km) \cdot L(km)}{4} = 1,16m\Omega/km$$

$$X = \frac{x(\Omega/km) \cdot L(km)}{Ledare} = 1,73m\Omega/km$$

$$Z = \sqrt{(R^2 + X^2)} = 2,08m\Omega/km$$

ger Z_{tot} = 0,576Ω

$$I_{k,11kV} = \frac{U_n}{Z_{tot} \cdot \sqrt{3}} = 11,0kA$$

Kabel mellan HS1 och B2

$$R = \frac{r(\Omega/km) \cdot L(km)}{\text{ledare}} = 14,5m\Omega/km$$

$$X = \frac{x(\Omega/km) \cdot L(km)}{\text{Ledare}} = 11,7m\Omega/km$$

$$Z = \sqrt{(R^2 + X^2)} = 18,6m\Omega/km$$

ger $Z_{tot} = 0,524 + 0,05 + 2,08 \cdot 10^{-3} + 18,6 \cdot 10^{-3} = 0,594\Omega$

$$I_{k,11kV} = \frac{U_n}{Z_{tot} \cdot \sqrt{3}} = 10,68kA$$

Kabel mellan B2-E10 och T20

$$R = r \cdot L(km) = 7,6m\Omega/km$$

$$X = x \cdot L(km) = 3,3m\Omega/km$$

$$Z = \sqrt{(R^2 + X^2)} = 8,3m\Omega/km$$

ger $Z_{tot} = 0,603\Omega$

$$I_{k,11kV} = \frac{U_n}{Z_{tot} \cdot \sqrt{3}} = 10,5kA$$

Data för T20

Omsättning: 10,5/0,69 kV

S_n : 3,5 MVA

u_k : 5,74%

$$Z_{T20} = u_k \cdot \left(\frac{N_{s,T20}}{N_{1,T20}} \right)^2 = 7,8m\Omega$$

Alla impedanser i kablar är summerade och hänfödda till 0,69kV-sidan.

$$R_{tot} = 23,26\Omega/km$$

$$X_{tot} = 16,73\Omega/km$$

$$R_{tot} \cdot \left(\frac{N_{2,T20}}{N_{1,T20}} \right)^2 = 0,1m\Omega/km$$

$$X_{tot} \cdot \left(\frac{N_{2,T20}}{N_{1,T20}} \right)^2 = 0,072 m\Omega / km$$

$$Z = \sqrt{(R^2 + X^2)} = 0,113 m\Omega$$

Alla impedanser i nät, transformatorer och kabel är summerade och hänfödda till 0,69 kV -sidan.

$$Z_n = \frac{U_{VF}^2}{S_k} \cdot \left(\frac{N_{1,T1}}{N_{2,T1}} \right)^2 \cdot \left(\frac{N_{1,T20}}{N_{2,T20}} \right)^2 = 0,216 m\Omega$$

$$Z_{T1} = u_k \cdot \frac{U_{11}^2}{S_n} \cdot \left(\frac{N_{2,T20}}{N_{2,T20}} \right)^2 = 2,26 m\Omega$$

$$Z_{tot} = 10,38 m\Omega$$

Kortslutningsströmmen på nedsidan av T20 beräknas till:

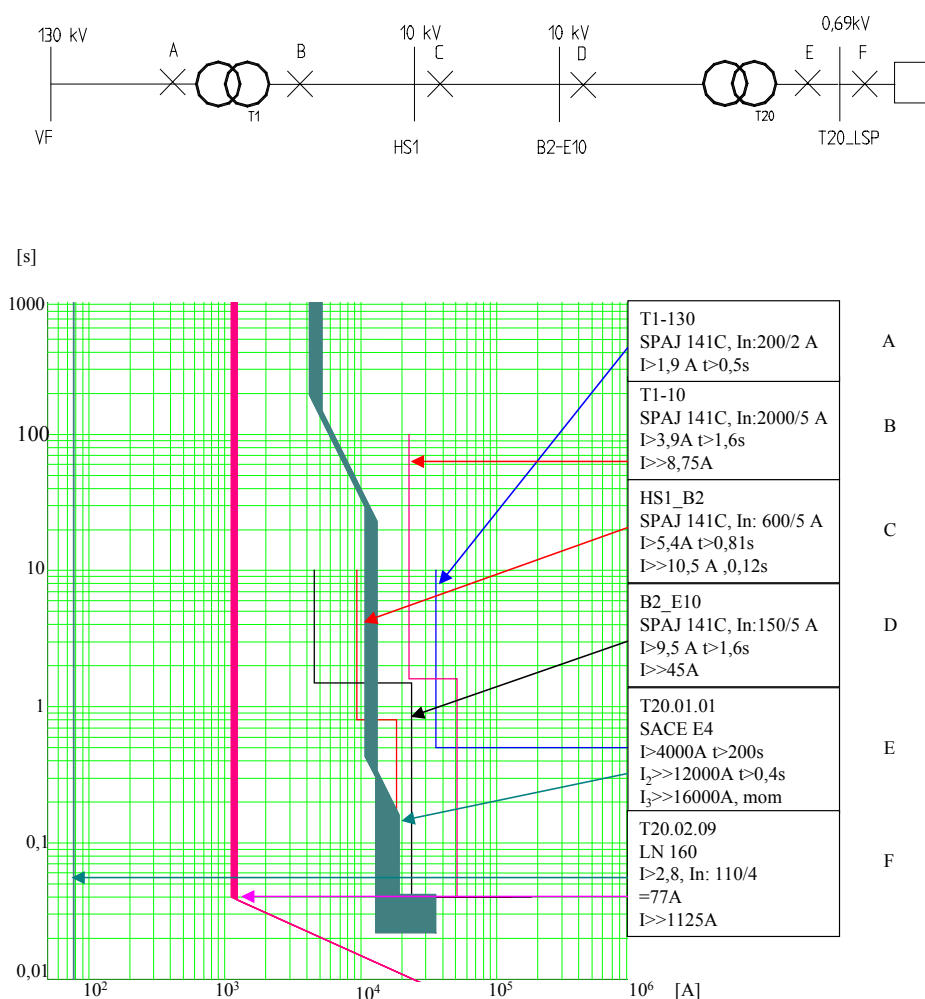
$$I_{k0,69} = \frac{U_{0,69kV}}{Z_{tot} \cdot \sqrt{3}} = 38,3 kA$$

8 Selektivplaner

Följande selektivplaner är ett urval av belastningar till transformator 20. De effektmässigt största lasterna var intressanta att studera ur selektivitetssynpunkt.

8.1 Selektivitetsdiagram

Ur figur 3:s tid-ström diagram visas selektivplan för T20 och i jämförande syfte selektivplan för T19 i figur 4. Den vertikala axeln i diagrammet visar tiden i sekunder och den horisontella axeln visar strömmen i Ampere. De är ritade i logaritmisk skala och omräknade till samma referensspänning 690 V. I figur 3 och 4 finns alla reläskydd och brytare inritade från 130 kV ner till lägsta brytare på lågspänningssidan (690V). Dessutom visas inställningar på överlast och kortslutning. Programvaran ritat ut kurvor för kablar och transformatorer men dessa har valts bort för att göra diagrammen mer överskådliga. Följande enlinjeschema i figur 3 visar hur brytare och reläskydd är placerade i förhållande till transformatorer och ställverksskenor.



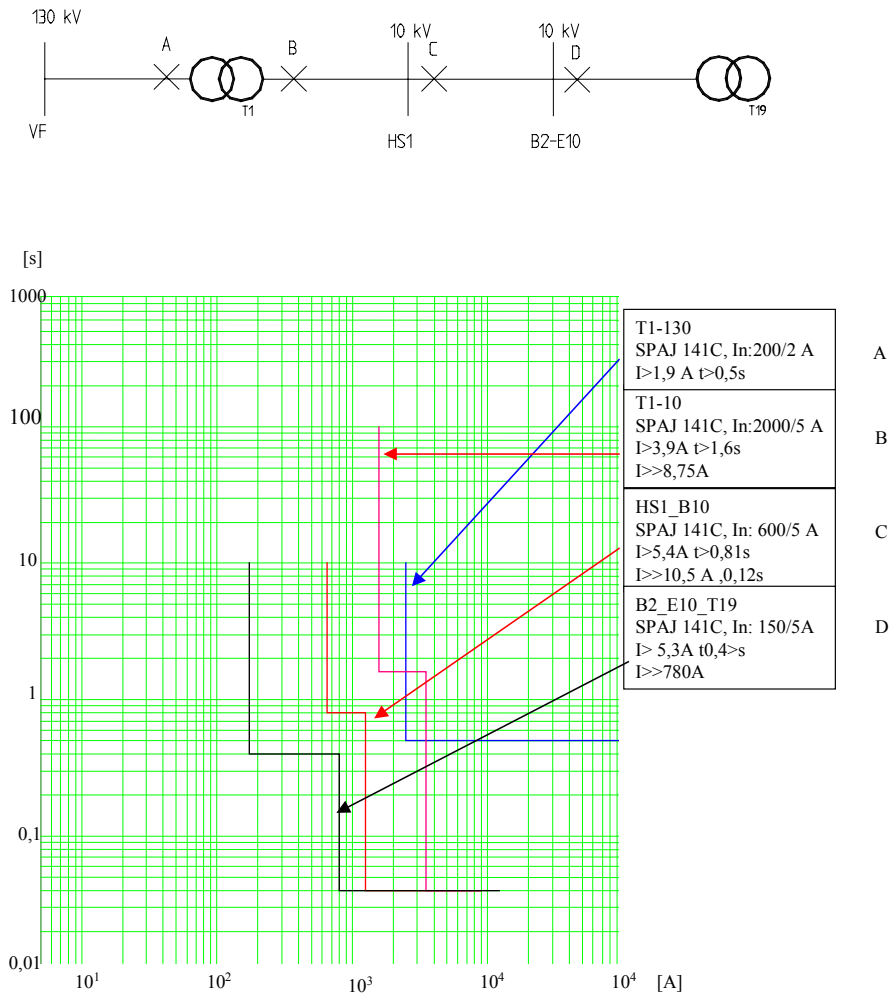
Figur 3: Enlinjeschema och selektivitetsdiagram till Deflaker 1 Utskottsmassa T20.02.09

Tabell 5 visar alla inställningsvärden till reläer och brytare beräknade enligt formel 10, 11 och 12, bilaga C:1

Tabell 5: Inställningsvärden på brytare och reläer i T20.02.09

Typ	>I [kA]	>>I [kA]
A	35,7	
B	22,6	50,7
C	9,4	18,3
D	4,1	19,6
E	4	16
F	0,077	1,125

Figur 4 med tillhörande enlinjeschema och ström-tid diagram samt tabell 6 med inställningsvärden, visas för att kunna jämföras med T20. T19 och T20 delar samma skena B2_E10. Inställningen på skydd D i T19 är ställd på ett annat vis. Här råder selektivitet.



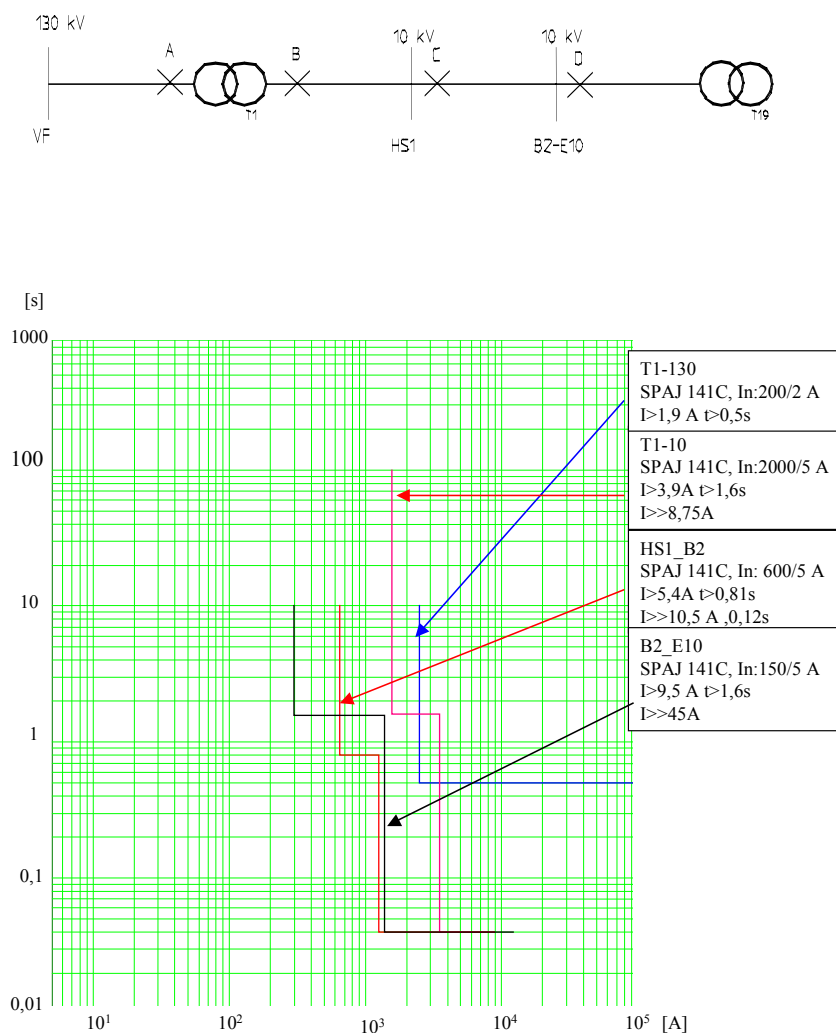
Figur 4: Enlinjeschema och selektivitetsdiagram till T19, vid basspänning 10kV

Tabell 6 visar de omräknade strömvärden på reläer och brytare T19 är inställda på:

Tabell 6: Inställningsvärden på brytare och reläer i T19

Typ	>I [kA]	>>I [kA]
A	2,4	
B	1,56	3,5
C	0,65	1,3
D	0,16	0,78

Följande diagram i figur 5 visas för att kunna jämföras med T19. T19 och T20 delar samma skena B2_E10. Inställningen på skydd D i T19 är ställd på ett annat vis. Här råder inte selektivitet.



Figur 5: Enlinjeschema och selektivitetsdiagram till T20, vid basspänning 10V

Tabell 7 visar de omräknade strömvärden på reläer och brytare T20 är inställda på:

Tabell 7: Inställningsvärden på brytare och reläer i T20

Typ	>I [kA]	>>I [kA]
A	2,4	
B	1,56	3,5
C	0,65	1,3
D	0,29	1,35

Resten av selektivplanerna finns i bilaga C. Det enda som skiljer dessa åt är inställningar på lågspänningsbrytare och separat överströmsskydd

8.2 Selektivitetsbedömning

Vid analys av T20:s selektivplan kan ses att det råder bristande selektivitet. Följande bedömning sker i de nivåer som har reläskydd och brytare. Här presenteras inga nya strömvärden utan endast rekommendationer att något bör förändras.

8.2.1 Station HS1, T1 130kV

Reläskydd för transformatorernas 130 kV brytare är inställt på 190 A (2470 A på 10 kV, 41,2 på 690 V) vilket motsvarar 1,5* transformatorns märkström och med tiden 0,5 s.

Avsikten med den relativt höga nivån (oftast 1,2* transformatorns märkström) är att den skall ses som ett reservskydd till skydden på 10 kV- nivån.

Ett kortslutnings- eller momentansteg saknas men ett differentialskydd ersätter detta. Ett differentialskydd mäter ingående ström med utgående ström på transformatorn och bryter när differensen inte är noll.

8.2.2 Station HS1, T1 10kV

Inkommande skydd för stationen, enligt provningsprotokoll från Vattenfall, är inställt på 1560 A, $t=1,6s$ vilket är något lägre än transformatorns märkström, 1575 A (140/11 kV). Vid tidigare utredning är rekommenderad inställning 1600 A, $t=1,6s$. Kortslutningssteget är inställt på 3320 A. Tidigare rekommendation är 3500 A. Steg 1 brukar ställas 1,2*märkström så här borde man fundera på att ändra inställningen. Det kan finnas orsaker som inte framkommit vid utredningen som belyser det lägre värdet.

8.2.3 Station HS1, B10 kV

Överlastskydd för utgående kabel i HS1 rekommenderas ett strömvärde motsvarande kabelns strömvärde. Inställt värde 650A, $t=0,8s$. Om kabeln utsätts för överström så förkortas dess livslängd pga övertemperatur. Vid manuell beräkning fås ett värde på 648A, kabelns strömvärde. Det verkar vara en rimlig inställning. [4]

Kortslutningssteget är ställt på 1260 A, $t=0,1s$ och blockeras av samtliga skydd i B2. Vid dimensionering bestäms den tillåtna korttidsströmmen av den maximala tillåtna ledartemperaturen samt kortslutningstiden, dvs tiden mellan kortslutningens början och till dess att skyddsutrustningen bryter. I tidigare utredning är skyddet ställt till 1000 A, $t=0,1s$.

Ur norm SS 424 14 07 anges som högsta tillåtna stötström för kabel 185 mm² till 70 kA. Den beräknade stötströmmen fås till 10535 A (symmetrisk ström) och 15530 A (asymmetrisk ström). Här finns goda marginaler [9].

För utgående kabel i fack 8, b-skena i 10 kV ställverket i HS1 finns ett brytarfelsskydd som bryter om det skulle bli fel på brytaren. Det är ett reservskydd vilket skall koppla bort vid fel på brytare. Om inte brytaren löst ut inom angiven tid, startar brytarfelsskyddet och bryter inom 300 ms. [6]

8.2.4 Station B2, E10 kV

Som laster i B2_E-skena finns 4 st ordinarie transformatorer och 1 i reserv.

Överlastskydd till T20 är inställt på 285 A, $t=1.6s$. Momentansteget är inställt på 1350A, $t=0,06s$. Här råder inte tid- eller strömselektivitet till närmast överliggande skydd i HS1. Blir det ett fel ser det ut som om skyddet i HS1 löser före skyddet i B2_E10 för överlast eller kortslutning. En jämförelse med T19 gjordes för att se hur skydden var inställda där och enligt ovanstående diagram kan tydligt ses att selektivitet råder i T19. Studier har gjorts på T46 och T18 med samma resultat. Ett övervägande bör tas om ändringar i tid och ström skall göras. T20 har en märkström på 202 A. Steg 1 brukar ställas på märkström*1,2 = 243A. Tiden borde vara selektiv mot tidssteget i nästa skydd, dvs ligga under 0,8 s. Rekommenderat värde är $t=0,4s$ då konstanttidreläer används. Det är viktigt att tidsintervallen hålls så korta som möjligt [5]. Strömvärdet i kortslutningssteget är högre än i steget före och det ser galet ut. Det kan finnas omständigheter till detta som inte framkommit men det behöver utredas närmare.

8.2.5 Station B2, T20 690V

Den inkommande effektbrytare SACE E4 har inställning för överström $I=4000 A$, $t=200s$, $I \gg 12000 A$, $t=0,4s$ och $I \gg 16000 A$ mom. Gentemot underliggande MCCB:er finns en klar ström- och tidsselektivitet. Vid fel kommer skyddet som ligger närmast lasten att bryta. I nästa steg bryter den inkommande effektbrytaren. Detta gäller samtliga laster som undersökts. Föresatsen var att undersöka selektiviteten hos en massakvarn med tillhörande Ramde-skydd. Det är speciellt skydd som inte finns i databasen EDSA så det måste implementeras före man kan göra en selektivplan.

8.2.6 Analys av resultat

Beräkningsprogrammet EDSA tar tid att lära sig och bemästra. I slitet med selektivplaner syns inte arbetet med att lära sig ett program och få det att fungera. Tiden har varit knapp till den intressanta delen, analys och förståelse av eltekniken. Mina ambitioner har fått ge vika för tidsaspekten. Tröskelnivån är nådd för programmet och fanns det en chans att fortsätta arbetet 10 veckor till skulle resultatet bli mer användbart.

Arbetet skulle ha koncentrerats till mellanspänningsnivå. Arbetet med selektivplaner blir överskådligare då man inte arbetar med för många olika spänningsnivåer. Min tid har gått åt till att dokumentera lågspänning, implementera nya brytartyper till databasen i EDSA. Den intressanta delen med analys och andra funderingar har kommit denna

sista vecka då ”säcken skall knytas ihop”. Å andra sidan har det varit spännande att se hur anläggningen ser ut från mellanspänning till lågspänning.

Ett stort arbete har varit att dokumentera anläggningen dvs mäta kabel och kontrollera märkplåtar till transformatorer. Detta arbete har utmynnat i databaser för kabel, transformatorer och reläer i EDSA. Dessa kan ligga till grund för ett fortsatt examensarbete. All dokumentation finns samlad på en kabellista för mellanspänningsnivå.

8.2.7 Några rekommendationer till fortsatt arbete

- Undersöka om utgående kablar i HS1 har hållfasthet för övertemperaturer. Är överströmsskydden rätt inställda ?
- Undersöka selektivitet i hela nätet.
- Ge förslag till förändringar av inställningar i skydden till anläggningen.
- Implementera ett Ramde-skydd i EDSA:s relädatabas.
- Undersöka selektivitet hos en massakvarn med ett Ramde-skydd och några andra laster som skyddas med säkringar.

Källförteckning

- 1 ABB handbok industri (1993). Västerås:ABB.
- 2 Messing, Lars (199?). Selektivplaner. Malmö: Sydkraft konsult AB.
- 3 Produktinformation : ABB (2003). Västerås:ABB.
- 4 Kraftkabelhandboken :Ericsson (1999). Falun:Ericsson Cables AB
- 5 Rydkvist, Torsten (1981) .Selektivitet i Industrins reläskydd. Stockholm:STF
- 6 Elkrafthandboken, Elkraftsystem 1(1997). Stockholm: Liber.
- 7 Elkrafthandboken, Elkraftsystem 2(1997). Stockholm: Liber.
- 8 Kortslutningsström i trefas växelströmsnät – beräkningsmetoder(1991). Stockholm: SIS. (SS 421 01 68)
- 9 Kraftkablar – Egenskaper vid kortslutning(1990). Stockholm:SIS. (SS 424 14 07)

A Kortslutningsberäkningar i EDSA vid maxeffekt

Bus - Three Phase Bolted Fault - Amps - IEC 60909

SC Amps modified by Prefault Voltage and Multiplier at the following Times

Bus Ident	Pre-Flt Voltage	1/2-Cycle		Steady
		I"k(sym)	Iasym	Break
VF	135000	9579	11998	9580
130KV	135000	9579	11998	9580
T1_10	10607	10666	17792	10676
HS1_A10	10607	10475	17092	10475
HS1_B10	10607	10535	17296	10546
B2_A10	10607	10130	15534	10140
B2_B10	10607	10128	15530	10138
B2_E10	10607	10102	15186	10112
T20_10	10607	10036	14771	10046
T20_690	697	38364	55326	38401
LSP_T20	697	33571	38464	33600
K20	697	27674	29832	27696
311	697	33305	37967	33334
313	697	33305	37967	33334
323	697	33305	37967	33334
325	697	33305	37967	33334
341	697	33305	37967	33334
353A	697	33305	37967	33334
353B	697	33305	37967	33334
355	697	33305	37967	33334
357	697	33305	37967	33334
502	697	33305	37967	33334
542	697	33305	37967	33334

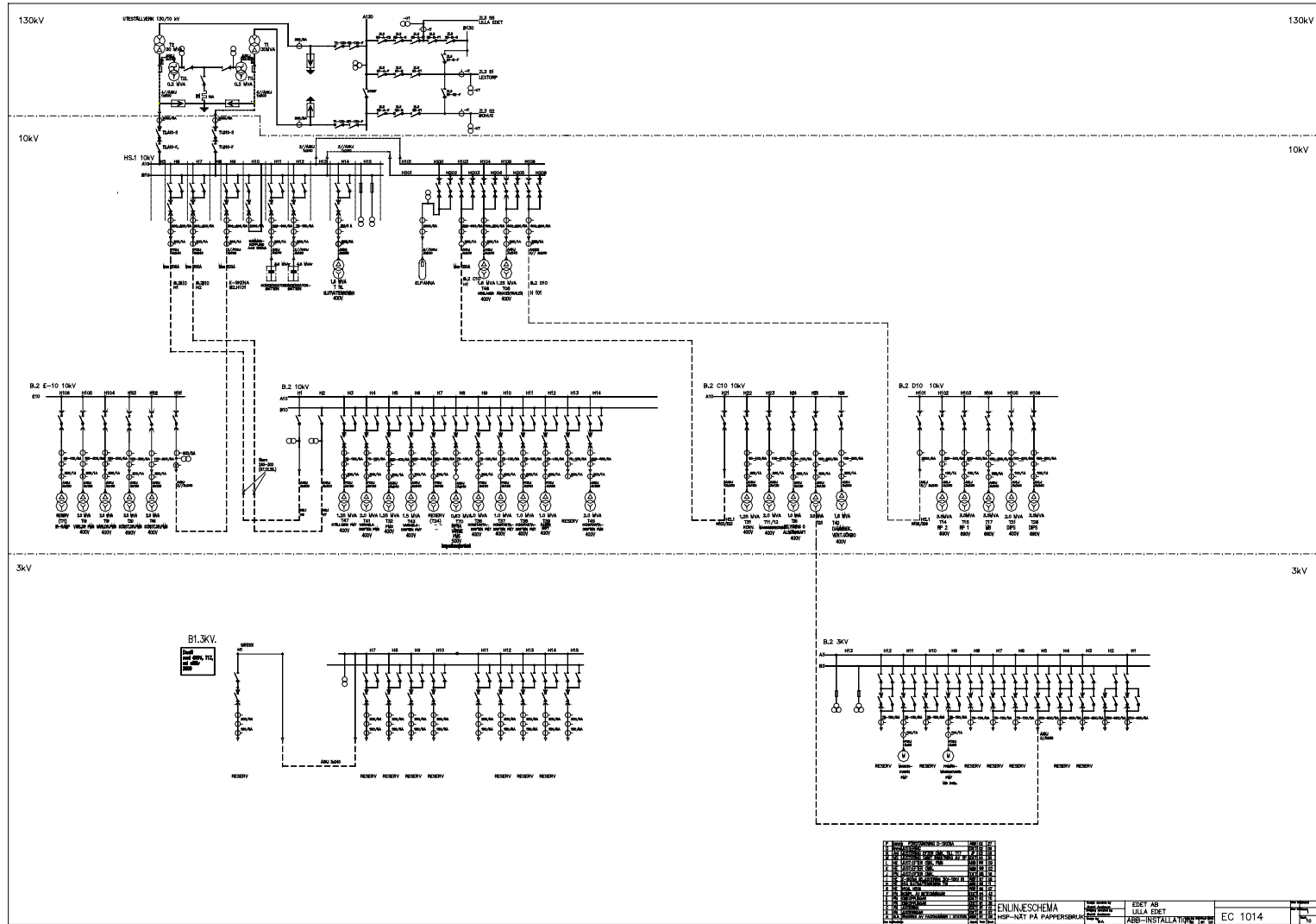
A Kortslutningsberäkning vid mineffekt

Bus - Three Phase Bolted Fault - Amps - IEC 60909

SC Amps modified by Prefault Voltage and Multiplier at the following Times

Bus Ident	Pre-Flt Voltage	1/2-Cycle		Steady-State	
		I"k(sym)	Iasym	Break	Iasym
VF	135000	9580	11999	9580	9580
130KV	135000	9580	11999	9580	9580
T1_10	10607	10672	17828	10676	10676
HS1_B10	10607	10541	17331	10545	10545
B2_E10	10607	10108	15214	10112	10112
T20_10	10607	10042	14797	10045	10045
T20_690	697	38387	55426	38400	38400
K20	697	27688	29858	27696	27696
LSP_T20	697	33589	38511	33600	33600
311	697	33323	38013	33334	33334
313	697	33323	38013	33334	33334
323	697	33323	38013	33334	33334
325	697	33323	38013	33334	33334
341	697	33323	38013	33334	33334
353A	697	33323	38013	33334	33334
353B	697	33323	38013	33334	33334
355	697	33323	38013	33334	33334
357	697	33323	38013	33334	33334
502	697	33323	38013	33334	33334
542	697	33323	38013	33334	33334

B Enlinjeschema



C Reläskyddsinställningar

Följande formler [10], [11] och [12] gäller vid beräkning av reläers inställda värden som används i tabell 5, 6 och 7. Det gäller även tabeller i T20.02.09 – T20.06.09

$$I > \cdot \text{strömtrafoomsättning} \cdot (130/10) \cdot (10/0.69) \quad [10]$$

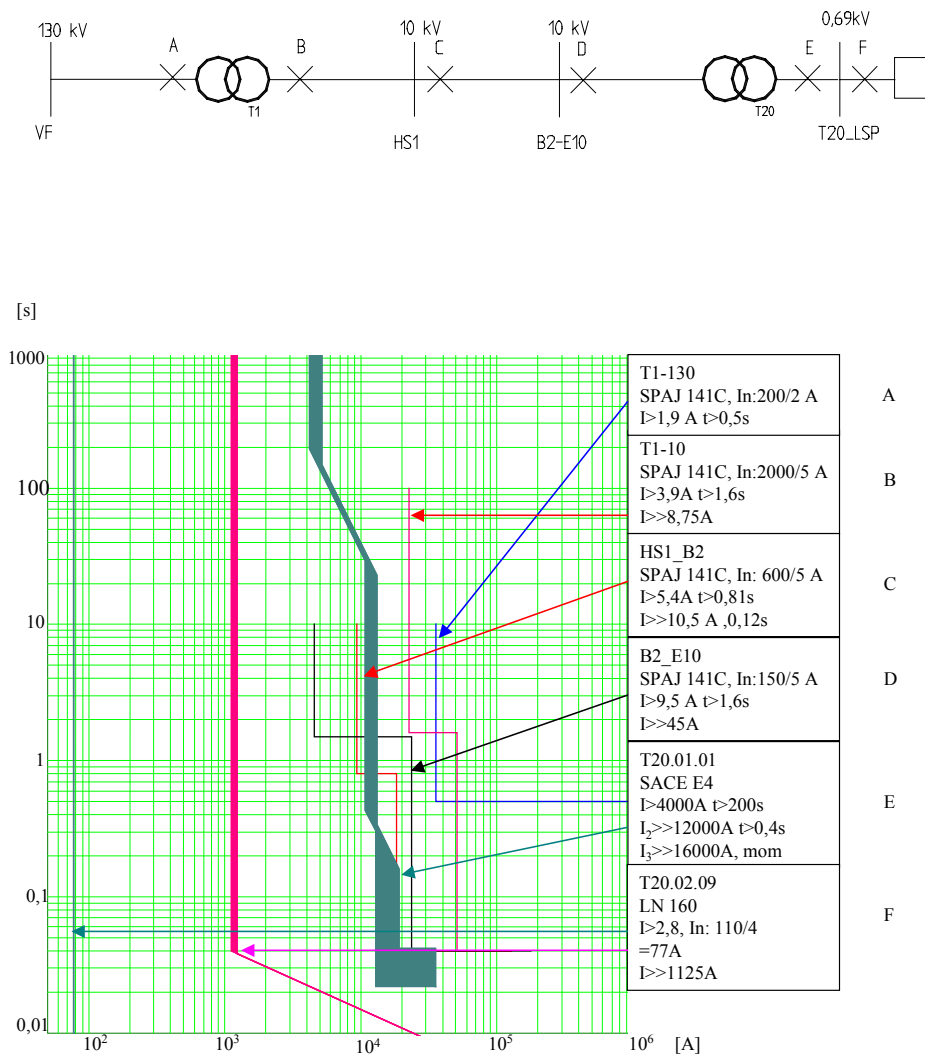
$$I >> \cdot \text{strömtrafoomsättning} \cdot (10/0.69) \quad [11]$$

$$I > \cdot \text{strömtrafoomsättning} \cdot (10/0.69) \quad [12]$$

Tabell 7: Formler som visar hur inställningsvärden på brytare och reläer beräknats i tabell 5, 6 och 7

Typ	>I [kA]	>>I [kA]
A	$I > \cdot \text{strömtrafoomsättning} \cdot (130/10) \cdot (10/0.69)$	
B	$I > \cdot \text{strömtrafoomsättning} \cdot (10/0.69)$	$I >> \cdot \text{strömtrafoomsättning} \cdot (10/0.69)$
C	$I > \cdot \text{strömtrafoomsättning} \cdot (10/0.69)$	$I >> \cdot \text{strömtrafoomsättning} \cdot (10/0.69)$
D	$I > \cdot \text{strömtrafoomsättning} \cdot (10/0.69)$	$I >> \cdot \text{strömtrafoomsättning} \cdot (10/0.69)$
E	$I > \cdot \text{strömtrafoomsättning} \cdot (10/0.69)$	$I >> \cdot \text{strömtrafoomsättning} \cdot (10/0.69)$
F	$I > \cdot \text{strömtrafoomsättning}$	$I >> \cdot \text{strömtrafoomsättning}$

T20.02.09



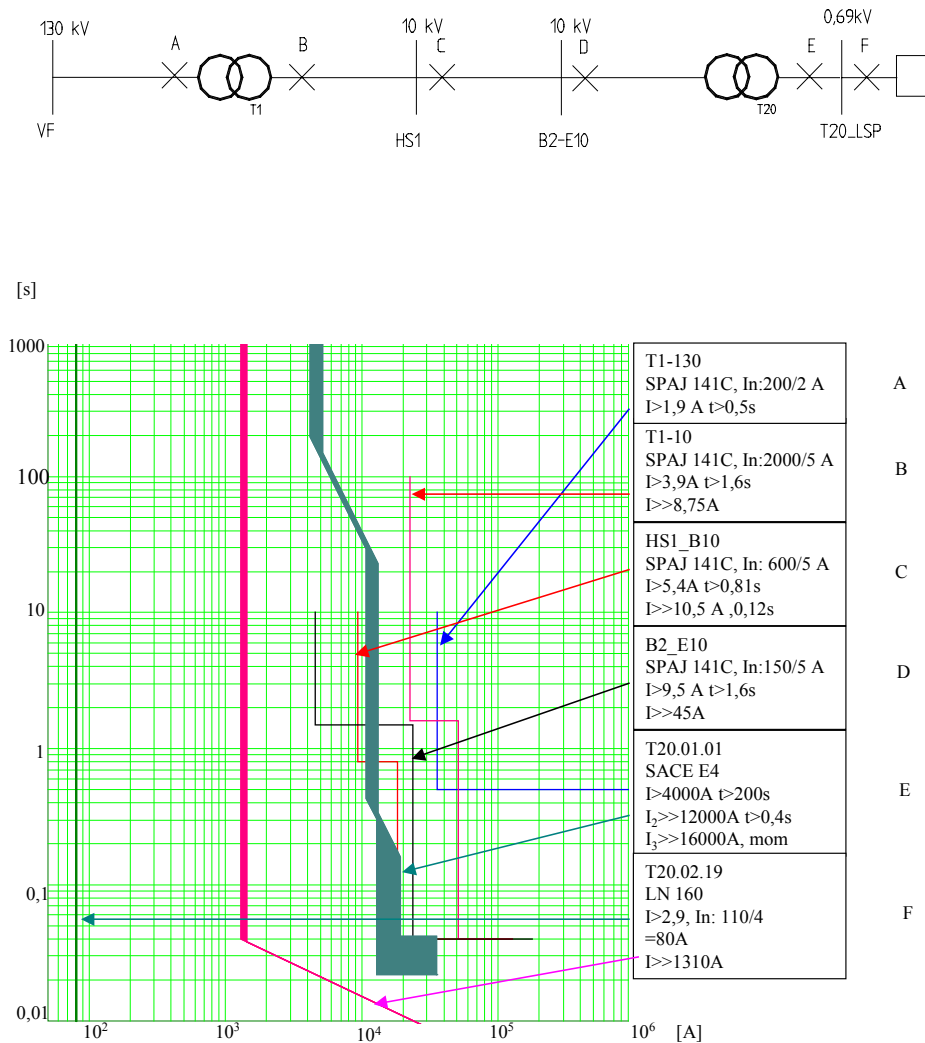
Figur 1: Selektivitetsdiagram till Deflaker 1 Utskottsmassa T20.02.09

Följande tabell visar alla inställningsvärden till reläer och brytare beräknade enligt formel 10, 11 och 12

Tabell 9: Inställningsvärden på brytare och reläer i T20.02.09

Typ	>I [kA]	>>I [kA]
A	35,7	
B	22,6	50,7
C	9,4	18,3
D	4,1	19,6
E	4	16
F	0,077	1,125

T20.02.19



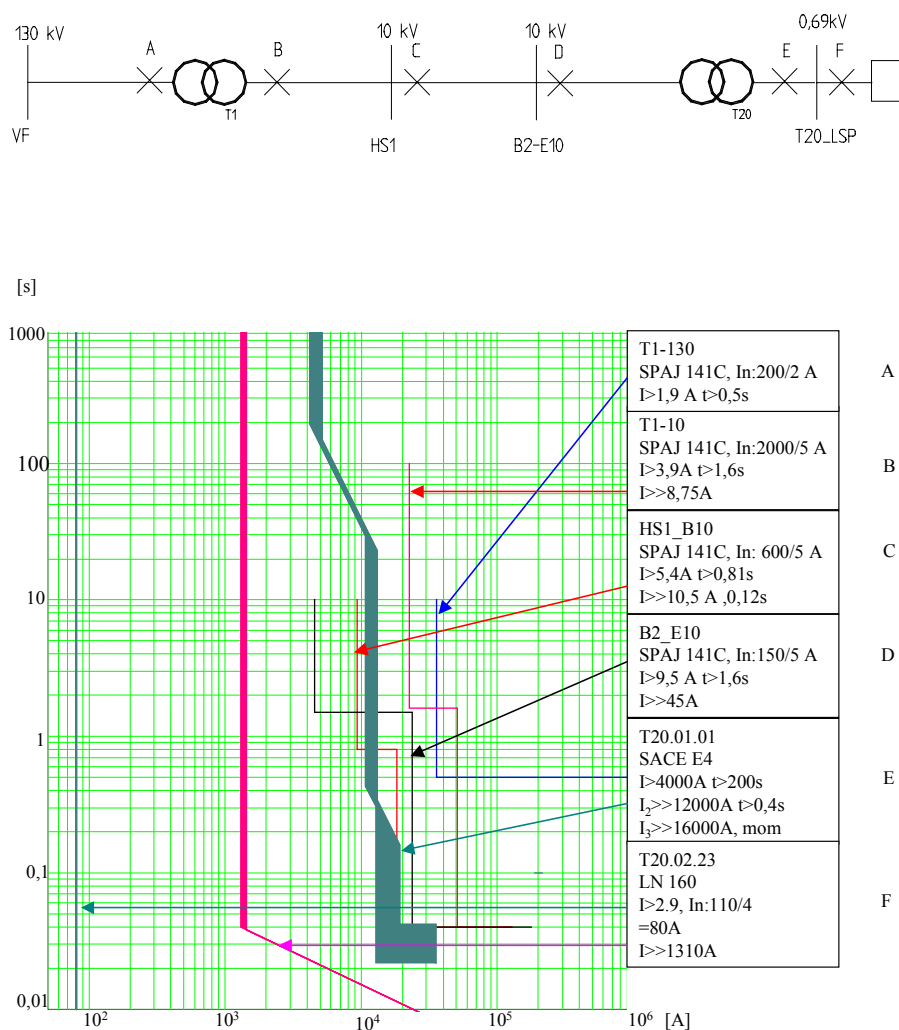
Figur 2: Selektivitetsdiagram till Deflaker 1 Ctmp(kar5) T20.02.19

Följande tabell visar alla inställningsvärden till reläer och brytare beräknade enligt formel 10, 11 och 12

Tabell 10: Inställningsvärden på brytare och reläer i T20.02.19

Typ	>I [kA]	>>I [kA]
A	35,7	
B	22,6	50,7
C	9,4	18,3
D	4,1	19,6
E	4	16
F	0,08	1,31

T20.02.23



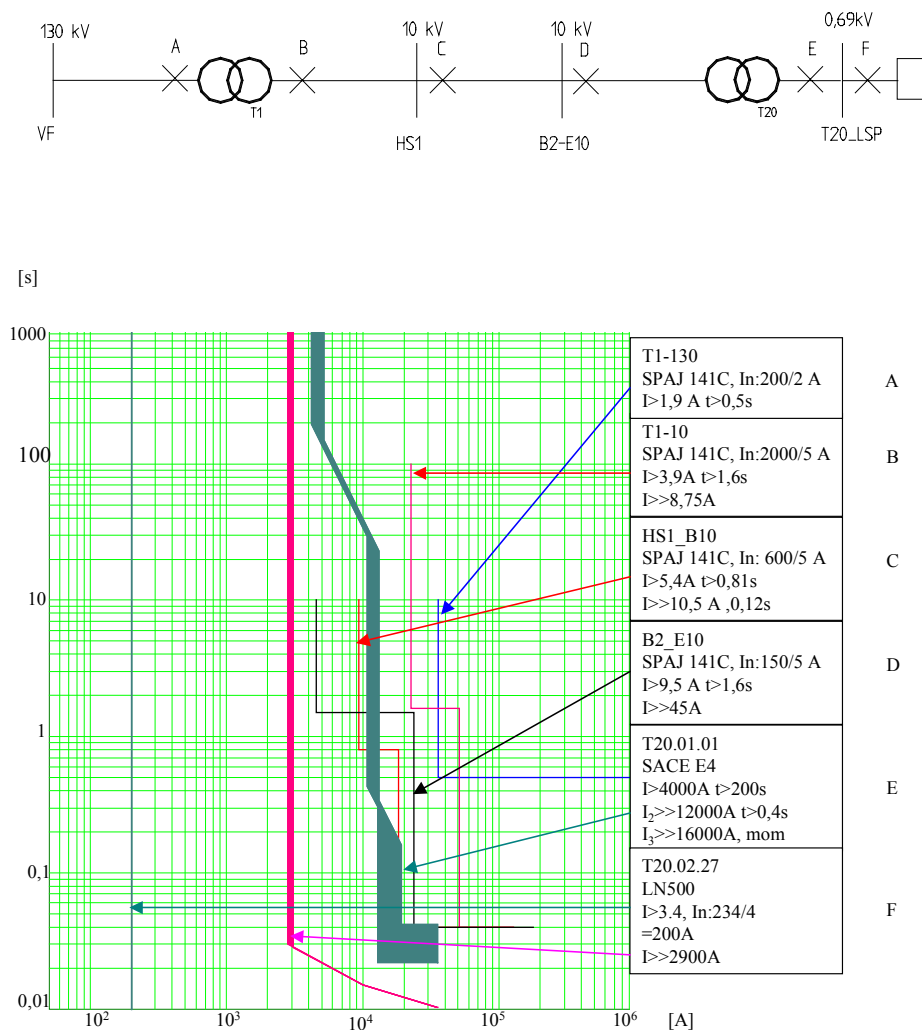
Figur 3: Selektivitetsdiagram till Deflaker 2 Ctmp(kar5) T20.02.23

Följande tabell visar alla inställningsvärden till reläer och brytare beräknade enligt formel 10, 11 och 12

Tabell 11: Inställningsvärden på brytare och reläer i T20.02.23

Typ	>I [kA]	>>I [kA]
A	35,7	
B	22,6	50,7
C	9,4	18,3
D	4,1	19,6
E	4	16
F	0,08	1,3

T20.02.27



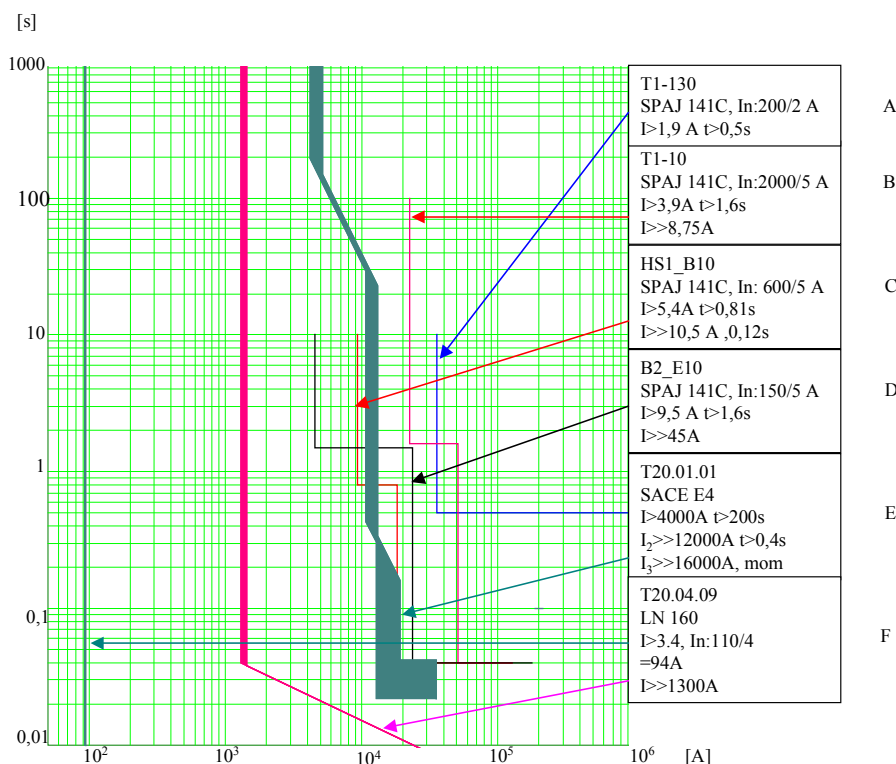
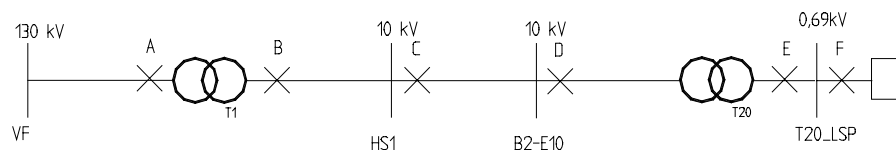
Figur 4: Selektivitetsdiagram till Pump Lågvacuum T20.02.27

Följande tabell visar alla inställningsvärden till reläer och brytare beräknade enligt formel 10, 11 och 12

Tabell 12: Inställningsvärden på brytare och reläer i T20.02.27

Typ	$>I$ [kA]	$>>I$ [kA]
A	35,7	
B	22,6	50,7
C	9,4	18,3
D	4,1	19,6
E	4	16
F	0,2	2,9

T20.04.09



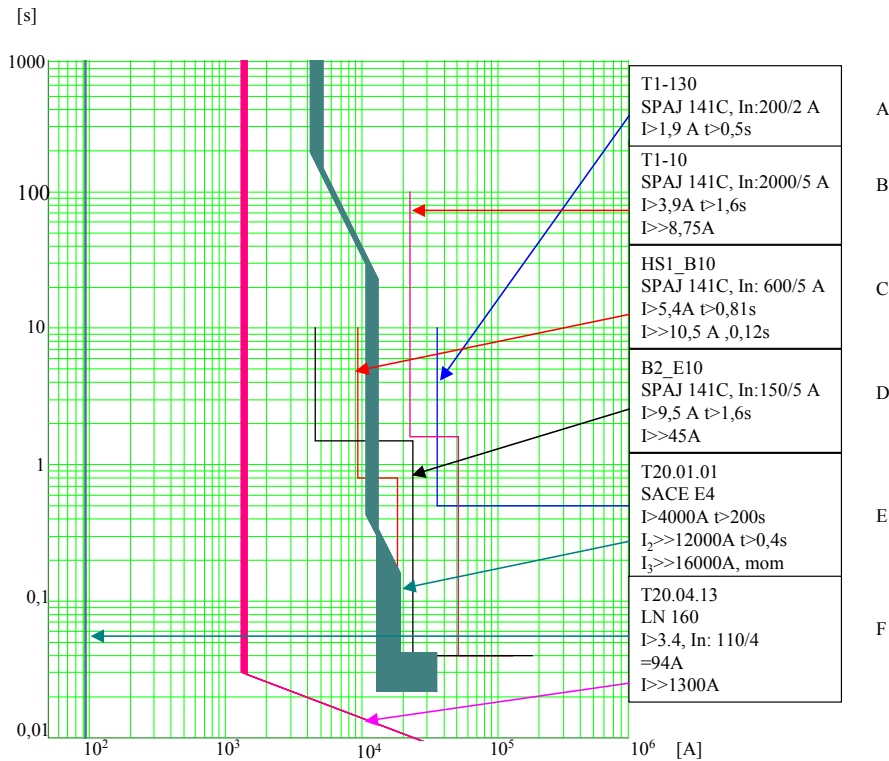
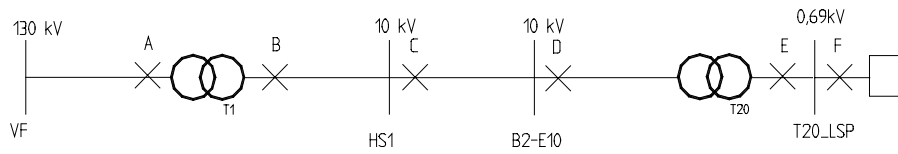
Figur 5: Selektivitetsdiagram till Pump spritsv. Klarfiltrat 29 bar, T20.04.09

Följande tabell visar alla inställningsvärden till reläer och brytare beräknade enligt formel 10, 11 och 12

Tabell 13: Inställningsvärden på brytare och reläer i T20.04.09

Typ	>I [kA]	>>I [kA]
A	35,7	
B	22,6	50,7
C	9,4	18,3
D	4,1	19,6
E	4	16
F	0,094	1,3

T20.04.13



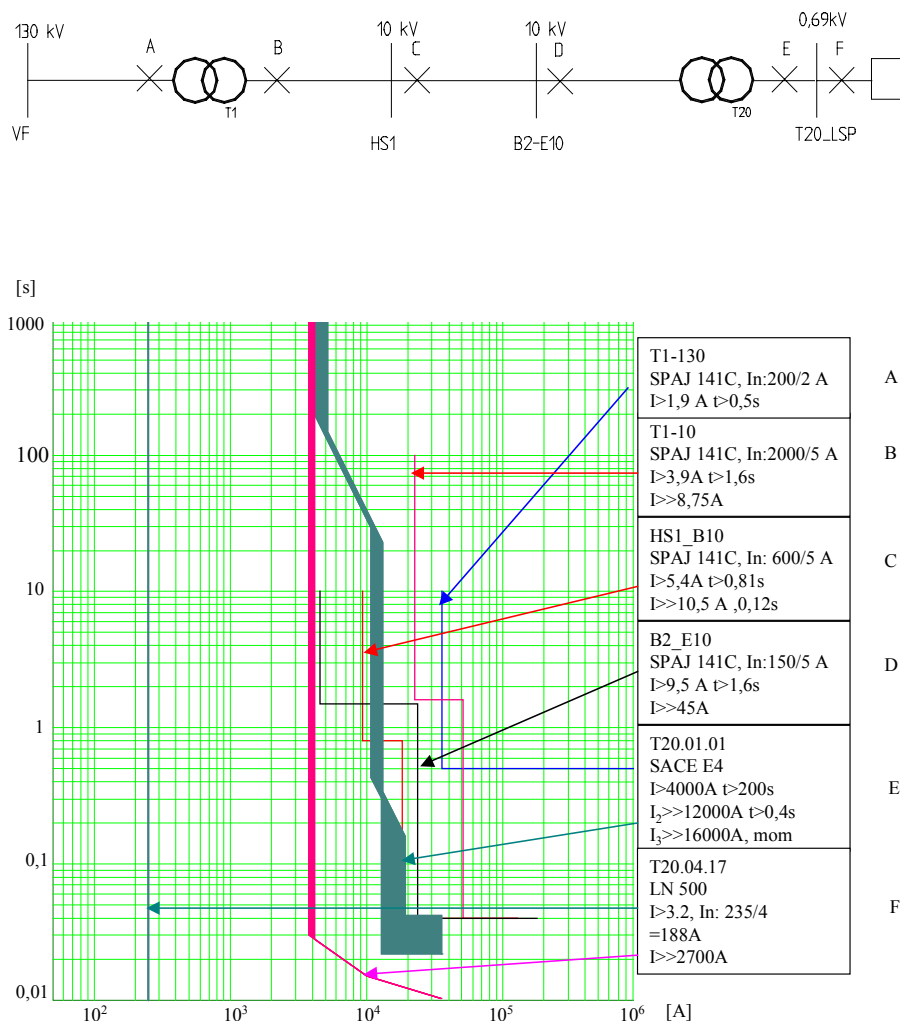
Figur 6: Selektivitetsdiagram till Utskottslösare T20.04.13

Följande tabell visar alla inställningsvärden till reläer och brytare beräknade enligt formel 10, 11 och 12

Tabell 14: Inställningsvärden på brytare och reläer i T20.04.13

Typ	$>I$ [kA]	$>>I$ [kA]
A	35,7	
B	22,6	50,7
C	9,4	18,3
D	4,1	19,6
E	4	16
F	0,094	1,3

T20.04.17



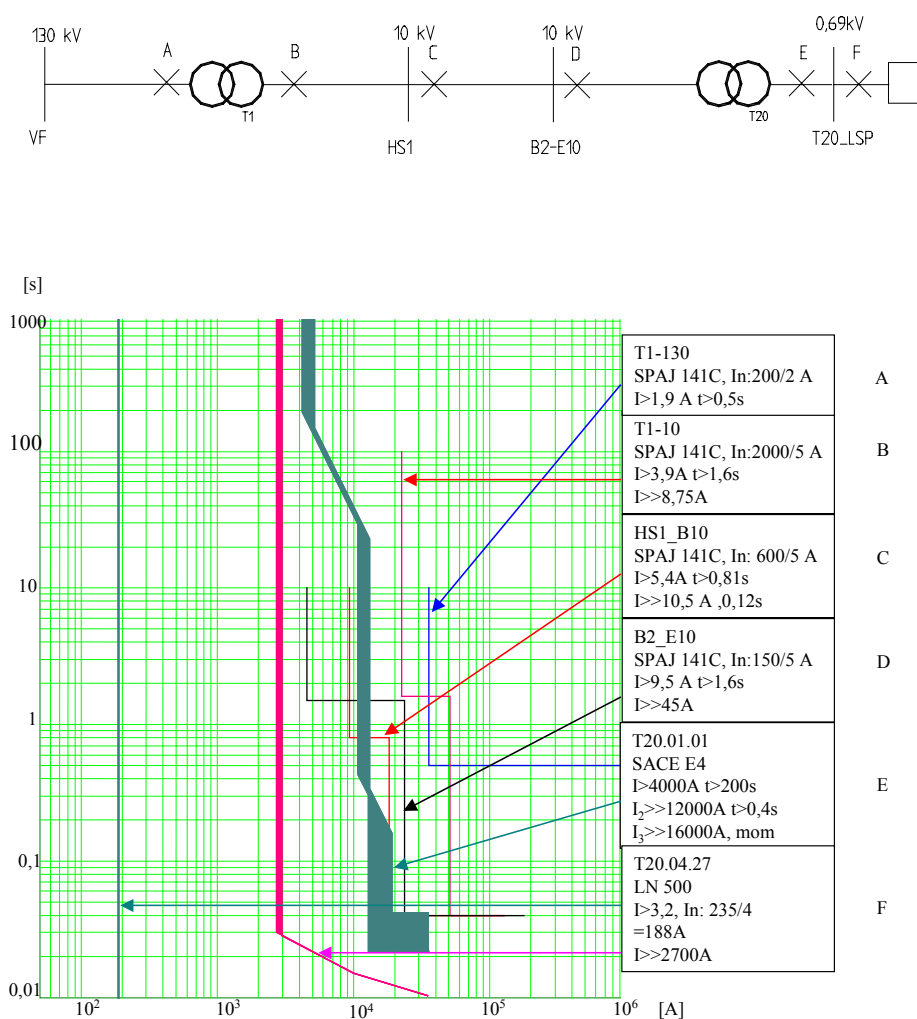
Figur 7: Selektivitetsdiagram till Pump Vacuum T20.04.17

Följande tabell visar alla inställningsvärden till reläer och brytare beräknade enligt formel 10, 11 och 12

Tabell 15: Inställningsvärden på brytare och reläer i T20

Typ	>I [kA]	>>I [kA]
A	35,7	
B	22,6	50,7
C	9,4	18,3
D	4,1	19,6
E	4	16
F	0,188	2,7

T20.04.27



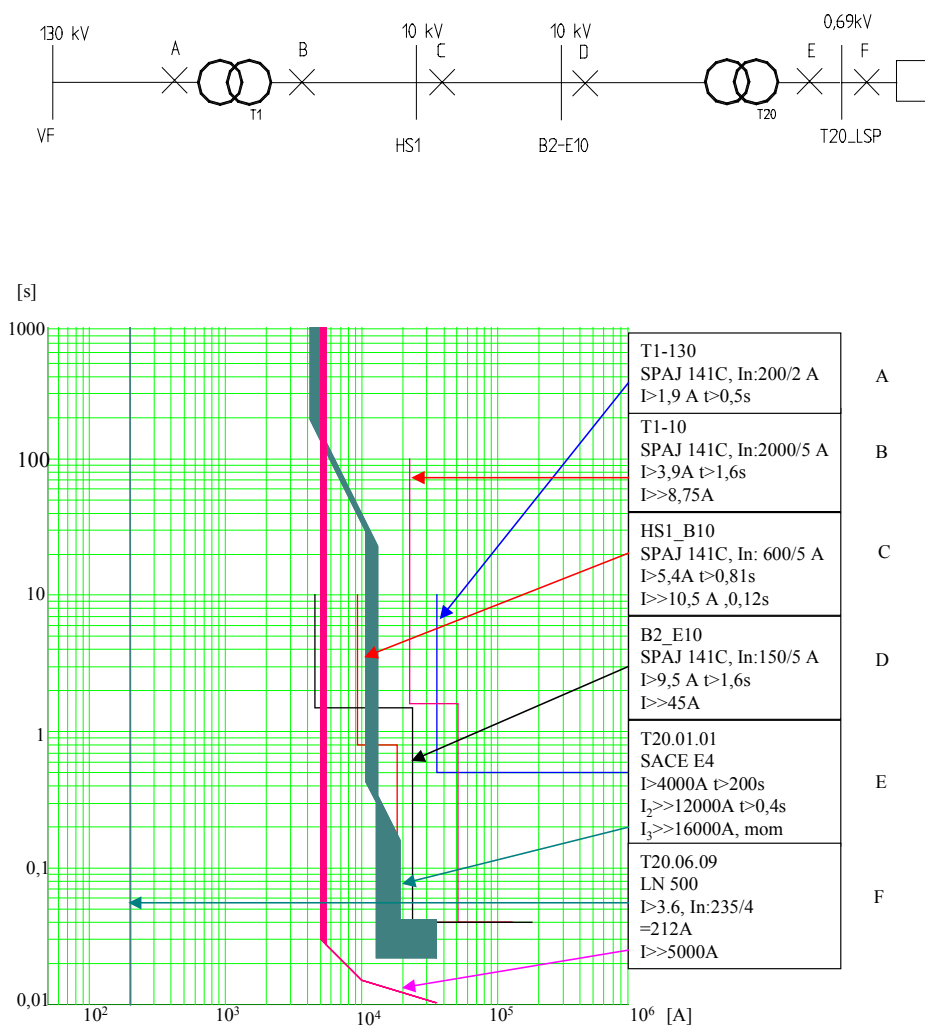
Figur 8: Selektivitetsdiagram till Pump lågvacuum T20.04.27

Följande tabell visar alla inställningsvärden till reläer och brytare beräknade enligt formel 10, 11 och 12

Tabell 16: Inställningsvärden på brytare och reläer i T20

Typ	>I [kA]	>>I [kA]
A	35,7	
B	22,6	50,7
C	9,4	18,3
D	4,1	19,6
E	4	16
F	0,188	2,7

T20.06.09



Figur 9: Selektivitetsdiagram till Fläkt våtluftevakuering PM8, T20.06.09

Följande tabell visar alla inställningsvärden till reläer och brytare beräknade enligt formel 10, 11 och 12

Tabell 17: Inställningsvärden på brytare och reläer i T20

Typ	>I [kA]	>>I [kA]
A	35,7	
B	22,6	50,7
C	9,4	18,3
D	4,1	19,6
E	4	16
F	0,212	5

D Transformatorer

	Spänning uppsida [V]	Spänning nedsida [V]	Effekt [MVA]	uk [%]	er [%]	Kopplingsgrupp
T1	140000	11000	30	13.0		Yd11
T2	140000	11000	30	13.0		Yd11
T5	10500	400	1.25	6.32		Dyn11
T6	10500	400	2,5	7,0		Dyn11
T11	10500	400	2.0	6.38	0.75	Dyn11
T14	10500	690	3.5	5.71	0.51	Dyn11
T15	10500	690	3.5	5.65	0.51	Dyn11
T16	10500	400	1.6	5.86	0.81	Dyn11
T17	10500	690	3.5	6,6 2		Dyn 5
T18	10500	400	2.0	6.30	0.65	Dyn11
T19	10500	400	2.0	6.31	0.66	Dyn11
T20	10500	690	3.5	5.74	0.58	Dyn11
T21	11000	400	2.0	5,86		Dyn11
T23	10000	3200	3.0	6.80		Dy11
T24	10000	3200	3.0	6.50		Dy0
T28	10500	690	3,5	6,86		Dyn11
T31	10500	400	1.25	6.13		Dyn11
T32	10500	400	1.25	6.09		Dyn11
T35	10000	400	1.0	5.36		Dy11
T36	10000	400	1.0	5.10	0.82	Dy11
T37	10000	400	1.0	5.10	0.83	Dy11
T38	10000	400	1.0	5.10	0.82	Dy11
T39	10000	400	1.0	5.10	0.83	Dy11
T40	10500	400	1.6	5.80		Dyn11
T41	10500	400	2.0	7.20	0.93	Dyn11
T43	10736	400	1.5	4.62		Dyn11
T45	10500	400	2.0	6.20		Dyn11
T46	10500	400	2.0	6.29		Dyn11
T47	10500	400	1.0	5.40		Dy11
T48	10500	400	1.6	5.93		Dyn11
T70	10000	500	0.63	5.61		Dyn11

E Kabelimpedanser

Kabelimpedanser

Typ	Area	Driftimpedans /km och fas	Jordslutningsimpedans /km
AXKJ	1x500	0,0605+j0,091	
AXKJ	3x120/25	0,253 +j0,09	1,053+j0,10
AXKJ	3x150/25	0,206+j0,09	1,006+j0,10
AXKJ	3x185/35	0,164+j0,09	0,764+j0,10
AXKJ	3x240/35	0,125+j0,08	0,725+j0,09
AXKJ	3x300	0,1+j0,08	0,7+j0,09
FCKJ	3x95	0,193+j0,08	
FCKJ	3x150	0,124+j0,08	
FCKJ	3x185	0,0991+j0,08	
FCKJ	3x240	0,0754+j0,08	
AXKJ =AXLJ			

Bifogad kabellista visar anläggningen på mellanspänningsnivå , Edet Bruk.

F Motorlaster samt brytarinställningar på T20

Trafonr	Maskin plac nr	Objekt	P [kW]	U [V]	I [A]	n [rpm]
20.01.01		Inkommande effektbrytare				
20.02.19	58A-311-M1	Deflaker 1 Ctmp (kar 5)	75	690	78	1484
20.02.23	58A-313-M1	Deflaker 2 Ctmp (kar 5)	75	690	78	1484
20.02.27	58D-355-M1	Pump Lågvakuum	200	690	205	992
20.02.09	58A-341-M1	Deflaker 1 utskottsmassa	75	690	80	2920
20.04.09	58C-353-M1	Pump spritsv. Klarfiltrat 29 bar	90	690	88	2975
20.04.13	58J-502-M1	Utskottslösare	90	690	94	1484
20.04.17	58D-353-M1	Pump vacuum	250	690	260	992
20.04.27	58D-357-M1	Pump lågvacuum	200	690	205	992
20.06.09	58C-542-M1	Fläkt våtluftevakuum PM8	185	690	189	

Trafonr [A]	Objekt	Typ av brytare	sek värde	oms	>I [A]	tid[s]	>>I ₂ [A]	tid[s]	>>>I [A]
12000	Inkommande effektbrytare	SACE E4			4000	200		0.4	16000
20.02.19	Deflaker 1 Ctmp (kar 5)	LN160CM	2.9	110/4	80				1310
20.02.23	Deflaker 2 Ctmp (kar 5)	LN160CM	2.9	110/4	80				1310
20.02.27	Pump Lågvakuum	LN500	3.4	235/4	200				2900
20.02.09	Deflaker 1 utskottsmassa	LN160CM	<2.8	110/4	77				1125
20.04.09	Pump spritsv. Klarfiltrat 29 bar	LN500	3.2	310/4	248				3750
20.04.13	Utskottslösare	LN160CM	3.4	110/4	94				1300
20.04.17	Pump vacuum	LN500	3.2	310/4	248				3750
20.04.27	Pump lågvacuum	LN500	3.4	235/4	188				2700
20.06.09	Fläkt våtluftevakuum PM8	LN500	3.6	235/4	200				5000