



Høgskulen
på Vestlandet

BACHELOROPPGAVE

Avbruddsfri strømforsyning for kritisk last
ved Førde sentralsykehus

Uninterruptible power supply to critical
loads at Førde central hospital

Forfattere: Mathias Leander Moss, Eirik Berge og Runar Tyse

H02-300-1 Bacheloroppgave

Fakultet for ingeniør – og naturvitenskap

Institutt for datateknologi, elektroteknologi og realfag

Veiledere: Aleksandrs Mesnajevs og Bjarte Pollen

25.05.2020

Jeg bekrefter at arbeidet er selvstendig utarbeidet, og at referanser/kildehenvisninger til alle kilder som er brukt i arbeidet er oppgitt, jf. *Forskrift om studium og eksamen ved Høgskulen på Vestlandet, § 12-1.*



STUDENTRAPPORT

Campus Førde, Svanehaugsvegen 1, 6812 FØRDE www.hvl.no

TITTEL Avbruddsfri strømforsyning for kritisk last ved Førde Sentralsykehus	RAPPORTNR. 01	DATO 25.05.2020
PROSJEKTTITTEL H02-300-1 Bacheloroppgave	TILGJENGE Åpen	TAL SIDER 83 ekskludert vedlegg
FORFATTARAR Mathias L. Moss, Eirik Berge, Runar Tyse	ANSVARLEGE RETTLEIARAR Aleksandrs Mesnajevs og Bjarte Pollen	
OPPDRA GSGJEVAR Helse Førde		
SAMANDRAG <p>Målet med denne oppgaven har vært å designe den elektriske nødstrøminstallasjonen for kritisk last ved Førde sentralsykehus. Installasjonen har blitt designet med tanke på pålitelighet, sikkerhet og redundans. Dersom strømbrydd, kortslutninger eller andre uønskede hendelser oppstår, skal nødstrøminstallasjonen for kritisk last være sikret mot dette. I rapporten har prosjektgruppen kommet frem til nødvendige tiltak og løsninger for diverse problemstillinger.</p>		
SUMMARY <p>The purpose of this thesis has been to design the electrical emergency power supply for critical loads at Førde central hospital. The installation has been designed to sustain reliability, security, and redundancy. The emergency power installation is secured against short circuits or general power outages, should they occur. This report suggests necessary measures that needs to be put in place, and solutions for miscellaneous problems.</p>		
EMNEORD H02-300-1 20V Bacheloroppgave		

1 Forord

Følgende bacheloroppgave er skrevet i samarbeid med Helse Førde. Det er hovedoppgaven til studentene som går studieretningen elkraft, energi og miljø ved Høgskolen på Vestlandet campus Førde. Arbeid med oppgaven har blitt gjennomført i sjette og siste semester, fra 13 januar til 25 mai.

Under femte semester utarbeidet prosjektgruppen en rapport med navnet «*rehabilitering av Førde sykehus*». Der fikk forfatterne en innføring i hva som kreves, og hva som er spesielt for medisinske installasjoner, kontra konvensjonelle elektriske installasjoner. For den oppgaven var fokuset for det meste rettet mot selve 'IT-systemet' for gruppe 2 rom.

Videre for bacheloroppgaven har nødstrømanlegget blitt sett på i sin helhet. Da med fokus på UPS'er. Studentene hadde begrenset med kunnskap rundt fagfeltet UPS da hovedoppgaven ble påbegynt, men tok med seg viktig og nødvendig basiskunnskap angående medisinske installasjoner og IT-system fra tidligere oppgave. Prosjektering av nødstrømanlegg som inkluderer UPS byr fremdeles på store utfordringer, selv om teknologien har vært tilgjengelig lenge.

Vi vil rette en stor takk til vår kontaktperson fra Helse Førde, Tom Erik Jonberg, som har veiledet oss gjennom to semestre. Det er også flere andre bidragsyttere til prosjektet som vi vil rette en takk mot. Ernst Huber fra Coromatic, Bjarne Abildgaard og Bjarne Ramsøy fra Haukeland universitetssykehus, Torbjørn Hauken fra Førde sentralsykehus, representanter fra Møre Trafo og Nelfo og selvfølgelig Bjarne Pollen og Aleksandrs Mesnajevs ved HVL.

2 Innholdsfortegnelse

1 Forord	2
3 Sammendrag	9
4 Innledning	10
4.1 Mål	10
4.2 Metode	11
4.3 Utfordringer	11
4.4 Elektrisk anlegg på Haukeland	12
4.5 Eksisterende anlegg Førde sentralsykehus	13
4.6 Risikovurdering	13
4.7 Klassifisering av rom	14
5 Nødstrøm	17
5.1 Generell hensikt med nødstrømkilde	17
5.2 UPS som nødstrømkilde	18
5.3 Offline, Line-interactive og Online UPS	19
5.4 Oppbygningen av Online UPS	21
5.5 Pålitelighet av den elektriske forsyningen (faktorer som påvirker spenningskvalitet)	22
5.6 Bypass	23
5.7 Static switch	23
5.8 Load transfer module	24
6 Plassering og ventilasjon av UPS og batteribank	25
6.1 Plassering	25
6.2 Ventilasjon av UPS	26
6.3 Alternativer for kjølesystem	26
7 Batterianlegg	29
7.1 Vedlikehold, overvåkning og forlegning av batterianlegg	30
7.2 Dimensjonering av batterianlegg	31

8 Generatoranlegget	34
8.1 Spenningsproblematikken	35
9 N-leder problematikken	36
9.1 Flytende nullpunkt.....	36
10 Anleggets design	39
10.1 Uavhengige tilførsler til nettransformator	39
10.2 Forslag til anleggets arkitektur	40
11 Gruppe 2 roms tavler	41
12 Ledningssystemer	43
12.1 Halogenfri og funksjonssikker kabler	43
12.2 Brannklassifisering (CPR)	43
12.3 Brannkrav for nødstrømsystem	44
12.4 Valg av kabling for nødstrømsystem	44
12.5 Sprinkleranlegg langs rømningsveier.....	45
13 Føringsveier	46
13.1 Fra nettransformator til hovedsentral:.....	47
13.2 Fra hovedsentral til UPS:	47
13.3 Fra generatorene gjennom transformator og til hovedsentral:	47
13.4 Fra UPS til UPS sentral:	47
13.5 Fra UPS sentral til underfordelinger:	48
13.6 Fra underfordeling til IT-tavle:.....	49
13.7 Pålitelig forsyningsmetode for gruppe 2 rom	49
13.8 Spenningsfall.....	51
14 Sikring av last	54
14.1 Kortslutningsbeskyttelse	54
14.2 Gjennomsluppet energi/tåleevne:	57
14.3 Effektbryter	57

14.4 Selektivitet	60
15 Sikring av UPS 'ene	61
15.1 Overbelastning	61
15.2 Kortslutningsytelse fra UPS	61
15.3 Tåleevne og gjennomsluppet energi UPS	63
16 Dimensjonering i Febdok	64
16.1 Anleggets kortslutningsstrømmer	64
16.2 utfordringer med kombinert selektivetsanalyse i Febdok.....	65
16.3 Selektivetsanalyser for nettdrift og batteridrift.....	67
16.3 Drøfting angående selektivetsanalyser.....	72
17 Videre arbeid	74
18 Konklusjon	75
19 Prosjektadministrasjon	77
19.1 Organisering.....	77
19.2 Gjennomføring i forhold til plan	78
19.3 Økonomi	79
19.4 Generell prosjektevaluering	80
20 Referanser	81
21 Vedlegg	84
1 Delmål fra forprosjektrapport (med revidering i rødt).....	84
2 Møtereferat og møteplan.....	85
3 Gantt diagram og fremdriftsplan	90
4 Timelister for studenter.....	91
5 Utdrag fra rapporten "Rehabilitering av Førde sykehus".....	98
6 Datablad for UPS	100
8 Socomec medisinske IT-tavler	102
9 Noratel medisinske IT-tavler.....	103

10 Datablad for batteri.....	104
11 Eksempel på Funksjonssikker og halogenfri kabel.....	105
12 Noen beregningssentraler fra Febdok og verninnstillinger (nettdrift inkludert UPS)	107
13 Kortslutningsstrømmer i anlegget (nettdrift).....	115
14 Kortslutningsstrømmer i anlegget (generator drift, inkludert UPS).....	118
15 Kabeltyper, skintyper og vern i Febdok anlegget (nettdrift).....	122
16 Kabeltyper, skintyper og vern i Febdok anlegget (generator drift)	123

Figurliste

Figur 1: Prinsipptegning av Offline UPS topologi tegnet i Autocad	19
Figur 2: Prinsipptegning av Line Interactive UPS topologi tegnet i Autocad.....	20
Figur 3: Online UPS topologi [9].....	21
Figur 4: Prinsipptegning av Online UPS sine hovedkomponenter [10].....	23
Figur 5: Load Transfer Module prinsipp [11].....	24
Figur 6: Minimumskrav for plassering av UPS inntil vegg [12].....	25
Figur 7: Ikke styrt luft i rom [14].....	26
Figur 8: Takmontert kjøler uten styring av luft [14]	27
Figur 9: Kjølerack med kontrollert oppsamling og kjøling av luft sett forfra [14].....	27
Figur 10: Kjølerack med kontrollert oppsamling og kjøling av luft sett ovenfra [14].....	27
Figur 11: Sammenligning av fysisk størrelse på batterianlegg fra Socomec	29
Figur 12: Prinsippkisse for parallellkoblede strenger for batteribank	31
Figur 13: Utladegarakteristikk for 12V batteri fra datablad.....	32
Figur 14: Resulterende feilstrøm når man legger inn verdier for generator og spenningsregulator [20]	34
Figur 15: Nødvendige verdier å vite for beregning av generatoranlegg [20].....	35
Figur 16: TN-C-S system med flere strømkilder, hentet fra NEK 400:2018.303.2.1.2 [26].....	38
Figur 17: Eksisterende transformatorer for Førde sentralsykehus.....	39
Figur 18: Enlinjeskjema av forsyningssystem frem til gruppe 2 rom for somatikkbygg.	40

Figur 19: Medisinsk IT-tavle fra Noratel.....	41
Figur 20: Socomec katalog 2019 - Oversikt over de fire medisinske IT-tavlene med åtte forskjellige konfigurasjoner som Socomec har på markedet	42
Figur 21: Noratel sin ATS bryter	42
Figur 22: Plantegning av operasjonsfløy med indikasjon for underfordelinger markert i rødt	50
Figur 23: Prinsippskisse for primær og sekundærtildførsler til IT-tavler (tegnet fire av åtte)	50
Figur 24: Spenningsfall frem til IT-tavle (4,53%), fra IT-tavle til utstyr (1,55%) og over transformator (3,89%)	52
Figur 25: Spenningsfall over belastning (6,26%) med 15m kabelstrekk fra IT-tavle.....	52
Figur 26: Karakteristiske egenskaper for B-automatsikring, bilde hentet fra standard.no [35].....	55
Figur 27: Utklipp fra Febdok. Strøm/tid kurve (x-akse = strøm, y-akse = sekunder) med karakteristikk for elektronisk standard effektbryter NS800N	58
Figur 28: Tid/strøm kurve som viser justerbare karakteristikk på en elektronisk tidsforsinket effektbryters kurve hentet fra Febdok [38].....	59
Figur 29: Bryterkarakteristikk med tidsforsinkelse (tsd) for elektromagnetisk utløsning i bryter A [39].....	59
Figur 30: Eksempel fra Febdok hvor vern i radial er overbelastning og kortslutningssikre, men ikke selektivt (x-akse = strøm, y-akse = tid)	60
Figur 31: Kortslutningsytelse fra nett/generator via bypasskrets [39].....	62
Figur 32: Kortslutningsytelse fra batteribank [39]	62
Figur 33: Største og minste kortslutningsstrøm i hver fordeling under normal nettdrift (inkludert bidrag fra UPS)...	64
Figur 34: Største og minste kortslutningsstrøm i hver fordeling under generatordrift (inkludert bidrag fra UPS).....	64
Figur 35: Beste selektivtetsresultat for generatordrift	66
Figur 36: Verninnstillinger for vern A (2000A) i generatorkurs, I_{kmin} begrenser justeringsmuligheter	67
Figur 37: Selektivitet opp til 42kA mellom vern A (2000A), B (1000A) og C (800A) med tidsforsinkelse i vern B .	68
Figur 38: Feilmelding fra Febdok når tidsforsinkelse anvendes i vern B	68
Figur 39: Selektivitet opp til 42kA mellom vern A og B, men kun opp til 3938A mellom vern B og C, uten tidsforsinkelse i vern B.....	68
Figur 40: Selektivitet mellom vern opp til 42kA ved å benytte statisk switch beregnet for 600kVA UPS.....	69
Figur 41: Selektivitetsanalyse for radial hvor smeltesikring anvendes for vern C	70
Figur 42: Ønskelig resultat. Total selektivitet mellom alle vern i radial.....	71
Figur 43: Beste resultat prosjektgruppen kom frem til ved bruk av effektbryter som vern C	71

Figur 44: Utklipp av delmål fra forprosjektrapport.....	84
Figur 45: Datablad for Delphys GP UPS.....	100
Figur 46: Beregningsresultater fra Febdok, kurs til hovedfordeling fra nettransformator, samt verninnstillinger	108
Figur 47: Beregningsresultater UPS A	109
Figur 48: Beregningsresultater UPB B.....	109
Figur 49: Inngangsvern til UPS A og B sine verninnstillinger	110
Figur 50: Vern i utgangskurs fra UPS A og B sine verninnstillinger	110
Figur 51: Vern i bypasskurs til UPS A og B sine verninnstillinger.....	110
Figur 52: Beregningsresultater nødstrømsentral A = nødstrømsentral B.....	111
Figur 53: Beregningsresultater av tilførsler til IT-tavler.....	111
Figur 54: Beregningsresultater i nødstrøm underfordeling, samt bryterinnstillinger for NSX160 vern	112

Tabelliste

Tabell 1: Risikovurdering av installasjon	14
Tabell 2: Tillegg 710B klassifisering av rom fra NEK 400:2018-7-710 [2].....	16
Tabell 3: Krav til nødstrømsforsyningens innkoblingstid (tabell 710A fra NEK 400:2018). [2].....	18
Tabell 4: Utladegarakteristikk for frontmonterte 12V 180Ah fra datablad.....	33
Tabell 5: Systemjordinger for TN-nett, hentet fra NEK 400:2018 tabell 3A [26].....	38
Tabell 6: Møteplan med kontaktperson	89

3 Sammendrag

Strømbrudd på et sykehus kan få alvorlige konsekvenser på flere områder dersom man ikke har et pålitelig nødstrømanlegg. I denne oppgaven har prosjektgruppen kommet med tiltak og løsninger til hvordan å utforme et trygt elektrisk anlegg frem til kritiske institusjoner på Førde sentralsykehus. Prosjektgruppen har sett på aktuelle problemstillinger som følger med når man inkluderer UPS (uninterruptible power supply) i en installasjon. Det inkluderer varighetskrav, batteridimensjonering, ventilasjon og N-leder problematikk. Kortslutningssikkerhet er blitt påvist uavhengig av strømkilde, det vil si for nettdrift, generatordrift og batteridrift.

Selektivtetskurver og tabeller fra Febdok har blitt analysert og drøftet for å gi leseren et innblikk i utfordringene som følger med, når man inkluderer UPS sammen med flere strømkilder i en installasjon. Ulike løsninger for ledningssystemer, IT-tavler og UPS-topologi har også blitt drøftet i oppgaven.

Det er blitt gjort undersøkende arbeid for å se hva normverket og forskriftsverket, krever av nødstrøminstallasjoner og medisinske installasjoner. Ved å følge veiledninger og retningslinjer, har prosjektgruppen kommet frem til et design for det elektriske anlegget. Designet for nødstrøminstallasjonen opprettholder tilstrekkelig sikkerhet og redundans.

Det finnes ingen felles fasit på hvordan man utformer et nødstrømanlegg for installasjoner. Prosjektering og utforming må tilrettelegges for det gjeldende prosjektets behov. Denne oppgaven skal kunne hjelpe elektroplanleggere med utforming av nødstrømanlegget på nye Førde sentralsykehus.

4 Innledning

Førde sentralsykehus skal rehabiliteres, og er i prosjekteringsfasen for det nye somatiske tilbygget per 13.02.20. Det medfører store endringer på det eksisterende elektriske anlegget samt utvidelser. Nødstrømsystemet skal oppgraderes, og prosjektgruppen har fått i oppgave å prosjektere forsyningssystemet frem til kritiske avdelinger i det nye somatiske tilbygget.

Da Førde sykehus ble bygget, ble anlegget designet etter den tids krav og brukersnitt. Det har blitt gjort endringer og utbedringer på deler av anlegget i ettertid. Det har medført mangelfull dokumentasjon og samordning i det elektriske anlegget. Noen eksisterende operasjonssaler har egne UPS'er som en del av nødstrømsystemet og nyere IT-tavler, mens andre gruppe 2 rom i sykehuset har mangelfull nødstrømsforsyning og utdatert forsyningssystemer. Det er derfor på tide at nødstrømsystemet for Førde sentralsykehus oppgraderes til dagens (25.05.2020) standard.

Det å inkorporere UPS'er i en installasjon gjør at anleggets kompleksitet øker. Det medfører mange problemstillinger som vil bli drøftet i denne rapporten. Plutselige nettutfall, overbelastninger, brudd eller kortslutninger kan medføre fare for liv og helse dersom anlegget ikke er tilstrekkelig sikret mot dette. For å opprettholde pasienters sikkerhet, er det derfor nødvendig å utforme et elektrisk anlegg som er redundant, og sikret mot uønskede hendelser.

Nødstrøminstallasjoner sin relevans i elektrobransjen har økt kraftig de siste årene, og er ikke bare begrenset til sykehusinstallasjoner. Datasentre, flyplasser og institusjoner der hvor bortfall av strøm kan medføre store økonomiske tap eller ramme sikkerheten, krever ofte nødstrømanlegg for å sikre seg mot dette [1].

4.1 Mål

Redegjøre for problemstillinger som følger med når man prosjekterer elektriske nødstrømanlegg som inneholder flere strømkilder. Implementere tiltak som sikrer anlegget mot uønskede hendelser og strømbrudd. Utforme nødstrømanlegget på en sikker og redundant måte som i hovedsak tilfredsstillende gjeldende normverk og forskrifter per 25.05.2020. Ta i bruk beregnings og dokumentprogrammet Febdok til å dokumentere at installasjonen er overbelastning og kortslutningssikker, samt utføre selektivitetsanalyser for anlegget under nettdrift, batteridrift og generatordrift.

4.2 Metode

For oppgaven legges regelverkspyramiden til grunn. Leverandørspesifikasjoner, normverk og veiledninger skal følges, slik at forskriftsverket og lovverket blir opprettholdt. I tillegg blir litteratur benyttet for å underbygge informasjon som blir beskrevet gjennom oppgaven. Relevant litteratur og informasjon som benyttes i rapporten har blitt funnet ved hjelp av Google, Google Scholar, kontaktpersoner og Oria, biblioteket til HVL. Det er ikke blitt satt tidsbegrensninger for litteratur. Den eldste boken som har blitt referert til i oppgaven er fra 1987, da mye av det som står der fortsatt er relevant. Autocad har blitt tatt i bruk for å fremstille prinsipper og design gjennom rapporten. For dimensjonering og selektivitetsanalyser har beregningsprogrammet Febdok blitt tatt i bruk.

4.3 utfordringer

Det siste semesteret av vårt treårige utdanningsløp har vært ekstraordinært i forhold til de tidligere semestrene. På grunn av koronaviruset, stengte skolen den 12.03.2020. Det har vært utfordrende for oss som studenter, da vi erfaringsmessig jobber best når prosjektgruppen er samlet på skolen. Det har også gjort at befaringer på Førde sentralsykehus, samt fysiske møter ikke har vært mulig å gjennomføre. Dette har ført til mange digitale møter, og en del mer individuell jobbing.

Tidlig i semesteret fikk prosjektgruppen utdelt én felles lisensnøkkel for Febdok. Etersom skolen ble stengt, og fysiske møter var vanskelig å få til, ble selektivitetsanalyser utfordrende å gjennomføre i fellesskap. Digitale møter og screen sharing fungerte bra, men var ikke optimalt. Selektivitetsanalyser er en tidskrevende problemstilling. Kursing med representant fra Schneider angående selektivitetsanalyser var ikke mulig å gjennomføre, grunnet koronasituasjonen.

Da nødstrømsystemer medfører ganske like problemstillinger uavhengig av anleggstype, har det vært utfordrende å skille denne rapporten ut fra lignende rapporter. Nødstrømsystemer må oppfylle spesielle krav fastsatt i forskriftsverket og normverket.

4.4 Elektrisk anlegg på Haukeland

For å få en praktisk forståelse for hvordan nødstrøm inkorporeres i en elektrisk installasjon har prosjektgruppen vært på befaring på Haukeland universitetssykehus. Her fikk vi et innblikk i hvordan forsyningssystemet og nødstrømmen er bygd opp og litt om overvåkningssystemet. Da det er mange bygg som utgjør Haukeland universitetssykehus betyr det at det elektriske anlegget er forskjellig fra bygg til bygg. Ulike løsninger har blitt implementert fra bygg til bygg.

I dag forsynes Haukeland Universitetssykehus primært fra fire kabler under normaldrift. Disse forsyningskablene forsyner 'høyspent hovedtavlen'. Anlegget er dimensjonert slik at to av fire kabler kan bli strømløs, og det vil fortsatt være mulig å forsyne det elektriske anlegget tilstrekkelig. Hvis foranliggende høyspentnett skulle slått seg helt ut, hentes det sekundærforsyning fra et annet uavhengig høyspentnett som en sikkerhetsbarriere.

To høyspentgeneratorer på til sammen 3,4MW kobles inn på samme 'høyspent hovedtavle' i et N+1 system (en eller flere strømkilder) der hvor disse fire primærtilførslene kobles inn. Videre går det en kabel frem til transformatorstasjonen. En bakdel med at normalforsyning og reservekraften forsynes via samme kabel er at om skader, brudd eller kortslutninger skulle skje på denne kabelen, vil ikke anlegget kunne forsynes fra generatorene.

For den nyere rehabiliterte delen av Haukeland Universitetssykehus har det blitt konstruert et ringnett for høyspent nødstrømsforsyning. Her har nybygg og rehabiliterte bygg tilgang på to separate uavhengige tilførsler. Normal nettforsyning som ikke er konstruert som et ringnett, og nødstrømnettet som er konstruert som et ringnett. Ringnettets funksjon er å kunne garantere forsyning til alle tavler selv om skader, brudd eller kortslutning skulle oppstå på kabel. Ringnettet forsynes fra to høyspentgeneratorer på 2500 kVA hver i et N+1 system.

Per 06.03.2020 er det totalt 42 UPS 'er fra 60 – 800 kVA på Haukeland. Det sier litt om størrelsen på det elektriske anlegget for det 585.000m² store arealet som er Haukeland. De fleste UPS 'ene er på 160 – 200 kVA. Til sammenligning blir Førde sentralsykehus på til sammen 50.000m².

UPS anlegget overvåkes konstant. Batteriene overvåkes med hensyn på temperatur, spenning og indre motstand. Spenning måles dog kun når batteriene er i bruk. Anlegget overvåkes også ved hjelp av nettanalysatorer som er plassert i hovedfordelingstavler. Der måles strøm, spenning, transienter og effekter for hver fase. Dette gjør at teknisk personell alltid har god oversikt over anlegget. Skjer det for eksempel uønskede hendelser langt ute i høyspentnettet som medfører spenningsvariasjoner, vil overvåkningssystemet oppdage dette og varsle teknisk personell på Haukeland.

4.5 Eksisterende anlegg Førde sentralsykehus

For oppgaven tas det utgangspunkt i å skape pålitelig strømforsyning for gruppe 2 rom (se kapittel 4.7) i det nye somatikktilbygget som skal bygges. Det betyr at det ikke er noe eksisterende anlegg for somatisk bygg. Prosjektgruppen begynner med blanke ark og vil prøve å skape en forsyningsmetode som tilfredsstillter krav og forskrifter fastsatt i forskrift om elektriske lavspenningsanlegg (FEL) og Norsk elektroteknisk komite (NEK 400:2018).

Som nødstrømkilde tas det i dag i bruk to generatorer i et N+1 system (generatorene passer på hverandre). Generatorene er på 1370 kVA hver og sikres med 4000A effektbrytere.

Forsyningssystemet fra generatorene er 230V IT-nett. Det kan skape problemer da somatisk tilbygg skal forsynes fra en 1600kVA 400V TN transformator.

4.6 Risikovurdering

Noe av det viktigste arbeidet som gjøres i planleggingsfasen av et prosjekt er å utføre risikovurderinger. Her må uønskede hendelser som kan oppstå kartlegges, og tiltak må implementeres for å minske sannsynlighet og konsekvens. For dette prosjektet har prosjektgruppen startet med å utføre risikovurdering. Rapporten vil inneholde tiltak som kan implementeres for å redusere sannsynlighet og konsekvens av uønskede hendelser som kan forekomme til enhver tid.

Tabell 1: Risikovurdering av installasjon

hendelser	Sannsynlighet	Konsekvens	Risiko		Tiltak
	1 til 5	1 til 5	Produkt	Prosent	
Nettutfall	3	4	12	48	Nødstrøm
Transformatorhavari	3	4	12	48	Nødstrøm
Kabelbrudd mellom generator og UPS	2	3	6	24	Nødstrøm (UPS), N+1
Kabelbrudd mellom UPS og HF	2	3	6	24	Nødstrøm, N+1, uavhengige tilførsler
Generatorutfall	2	3	6	24	N+1, UPS
UPSutfall	3	2	6	24	N+1, generator
Flytende nullpunkt i nødstrømsanlegget	2	4	8	32	Undersøke løsninger. Utforme UPS anlegg tilstrekkelig
Tavlebrann (IT-tavle)	2	5	10	40	Overvåkning og varsling, dimensjonering, riktig valg av ledningssystemer
Tavlebrann (HF/UF)	2	5	10	40	Uavhengige strømtilførsler/dimensjonering
Kabelbrann	2	4	8	32	Riktig valg av ledningssystemer, dokumentere strømføringsvevner, A ² *S og tåleevne
Kortslutning i nødstrømsinstallasjonen	4	3	12	48	Selektivitetsanalyse, kortslutningsbeskyttelse avdekking, uavhengige tilførsler, N+1
Overbelastning	2	4	8	32	Dimensjonering, uavhengige tilførsler
Feil i batteribank for UPS	3	3	9	36	Dimensjonering, overvåkning og varsling, ventilasjon, smart utforming av batteribank
Høye startstrømmer	3	3	9	36	Valg av riktig transformator
Spenningsvariasjoner	1	4	4	16	Valg av riktig UPS
Isolasjonsvikt i batteribank for UPS eller i gruppe 2 rom	2	2	4	16	Overvåkning og varsling
Hærverk/ytre påvirkninger	2	3	6	24	Låsesystem, plassering
Sabotasje	1	5	5	20	Låsesystem
Ukyndig betjening	1	3	3	12	Låsesystem

4.7 Klassifisering av rom

Rom i sykehus skal under prosjektering av anlegg klassifiseres etter bruksområde. I henhold til *NEK 400:2018-710.301* skal medisinske områder klassifiseres i samarbeid med det medisinske personalet, den aktuelle helseinstitusjon eller de personer som er ansvarlig for den medisinske sikkerheten [2]. For å ivareta sikkerheten til pasienter er dette svært viktig. Sannsynligheten for at det medisinske området kan bli benyttet for formål som krever en høyere klassifiseringsgruppe skal tas i betraktning i en eventuell risikoanalyse. Rom klassifiseres etter tre grupper ut ifra *NEK 400:2018-7-710.3.5-7* [2]:

gruppe 0: medisinsk område der det ikke er forutsatt å bruke noen pasientdel og hvor brudd i strømforsyningen ikke kan medføre fare for liv og helse

gruppe 1: medisinsk område hvor avbrudd i strømforsyningen ikke medfører fare for pasientens liv og helse og det er forutsatt å bruke pasientdeler,

- *enten utvendig, eller*
- *ved anvendelse i kontakt med kroppsvæsker, i områder utenfor gruppe 2 område*

gruppe 2: medisinsk område der det er hensikten å bruke pasientdeler i forbindelse med:

- *intrakardielle prosedyrer, eller*
- *livsviktig behandling og kirurgiske inngrep hvor avbrudd (feil) i strømforsyningen kan medføre fare for liv og helse*

MERKNAD – en intrakardiell prosedyre er en prosedyre ved hvilken en elektrisk leder er plassert inne i en pasients hjerte eller sannsynligvis vil komme i kontakt med hjertet.

I dette prosjektet har vi ikke hatt direkte dialog med helsepersonell for å klassifisere gjeldende rom. Denne oppgaven, tar i hovedsak for seg operasjonssalene som kommer i det nye somatiske tilbygget. Ut ifra veiledning 710B klassifiseres operasjonssaler som gruppe 2 rom, se Tabell 2.

Ut ifra klassifiseringen rommene har blitt tildelt, bestemmes det hvilke tiltak som er nødvendig å innføre for å bevare en sikker strømforsyning og tilstrekkelig sikkerhet for den elektriske installasjonen. «*For gruppe 2 rom skal det benyttes et medisinsk IT-system som strømforsyning til elektromedisinsk utstyr*» [2]. Kort forklart betyr det at strømforsyningen til gruppe 2 rom skal være galvanisk adskilt fra sykehusets ordinære forsyningssystem. Dermed vil ikke jordfeil kunne 'vandre' fritt mellom gruppe 2 rom og det ordinære anlegget. Gruppe 2 rom blir 'beskyttet' for jordfeil fra andre områder i sykehuset. Jordfeil innad i rommene vil heller ikke bli like kritisk da det skapes et internt IT-nett for installasjonen. Første jordfeil i et IT-nett er mindre kritisk for installasjonen enn for TT/TN-nett [3].

Utstyr tilknyttet medisinsk gruppe 2 rom er 'kritisk last'. Det betyr at strømforsyning ikke skal kunne forsvinne under noen omstendigheter. Prosjektgruppen har bestemt at hver operasjonssal skal forsynes av eget medisinsk IT-system for å opprettholde tilstrekkelig sikkerhet. NEK 400:2018-7-710 gir fleksible retningslinjer for utforming av IT-system. Sammenslåing av rom med samme funksjon under ett IT-system *kan* vurderes ved hjelp av risikovurderinger, men hver operasjonssal *skal* ha et eget dedikert IT-system [2]. Se mer om dette i vedlegg 5 som er hentet fra rapporten «*rehabilitering av Førde sykehus*», som prosjektgruppen har skrevet i 2019.

Tabell 2: Tillegg 710B klassifisering av rom fra NEK 400:2018-7-710 [2]

Medisinsk område	Gruppe			Klasse	
	0	1	2	≤ 0,5	> 0,5 ≤ 15
1 Massasjerom	X	X			X
2 Sengeavdeling		X			
3 Fødestue		X		X ¹⁾	X
4 EKG, EEG og EHG rom		X			X
5 Endoskopirom		X		X	
6 Rom for undersøkelse eller behandling		X		X	X
7 Urologirom (ikke operasjons sal)		X		X	X ²⁾
8 Rom for radiologisk (røntgen) diagnostikk og terapi, annet enn nevnt under 21		X			X
9 Hydroterapirom		X			X
10 Fysioterapirom		X			X
11 Anestesirom			X	X ¹⁾	X
12 Operasjonsrom/-sal/-stue			X	X ¹⁾	X
13 Rom for operasjonsforberedelse			X	X ¹⁾	X
14 Operasjons gips-/bandasjeringsrom			X	X ¹⁾	X
15 Operasjons oppvåkingsrom			X	X ¹⁾	X
16 Rom for hjertekateterisering			X	X ¹⁾	X
17 Rom for intensiv pleie			X	X ¹⁾	X
18 Rom for angiografisk undersøkelse			X	X ¹⁾	X
19 Rom for hemodialyse		X			X
20 Magnetisk resonans avbildning (MRI)		X	X	X	X
21 Nukleær medisin		X			X
22 Rom for fortidlig fødte barn			X		X
23 Intermediate Care Unit (IMCU)			X	X	X

¹⁾ Belysningsarmaturer og elektromedisinsk utstyr som må ha tilbake strømforsyningen i løpet av ≤ 0,5 s.
²⁾ Ikke som operasjonsrom/-sal

5 Nødstrøm

5.1 Generell hensikt med nødstrømkilde

Nødstrøm kreves for sykehusinstallasjoner, og da gruppe 2 rom. FEL § 31 sier at [4]:

Anlegg hvor avbrudd i strømtilførsel kan medføre fare for personer, husdyr eller eiendom skal planlegges og utføres slik at vedlikehold, utskifting m.mm kan skje uten at fare oppstår.

Dersom uventet strømavbrudd vil kunne medføre fare for personer, husdyr eller omgivelser, skal behov for uavhengig strømtilførsel vurderes.

Til § 31 fra FEL står det «*separate uavhengige tilførsler fra den normale forsyningen anses ikke som egnet til nødstrømkilde*» [4].

Avbruddstatistikk fra NVE viser at kunder i Norge i snitt hadde 2,3 avbrudd i året med en varighet på over tre minutter i 2018 [5]. Å ha 2,3 avbrudd i året på et sykehus er alvorlig, dersom anlegg ikke er sikret mot dette.

Løsningen for å opprettholde krav fra FEL § 31 og redusere konsekvens ved strømavbrudd er å inkorporere generatorer og UPS'er som nødstrømkilde. Da vil sykehusinstallasjonen både ha avbruddsfri strømforsyning (fra UPS) og langvarig forsyingskapasitet (fra generator).

Generatorene skal forsyne både 'prioriterte laster', laster der hvor strømbrudd på 15-30 sekunder ikke vil medføre alvorlige konsekvenser og 'kritisk last'. UPS'ene vil forsyne 'kritisk last', last hvor blunk på nettet kan medføre fare for liv og helse. Nødstrømsforsyningen sitt forutsatte bruk vil være å forsyne utvalgte kurser og utstyr som er blitt klassifisert som kritisk. Typiske kritiske laster vil være IT-system for gruppe 2 rom, belysning i rømningsveier og minst én belysningsarmatur for gruppe 1 rom [2].

Generelle krav til nødstrømsforsyning er gitt i NEK 400:2018-5-56. Der står det at «*En nødstrømsforsyning er enten en ikke automatisk strømforsyning, hvor oppstart utløses av en operatør. Eller en automatisk strømforsyning, hvor oppstart er uavhengig av operatør*» [6]. Maksimal omkoblingstid er gitt i NEK 400:2018-5-56.560.4.1 og er i tidsrommet mellom *veldig langt avbrudd (mer enn 15 sek.) til avbruddsfri* [6]. Installasjon av nødstrømsystemer må tilpasses opp mot anlegget det skal forsyne. I NEK 400:2018 tillegg 710A (se tabell 3) finner man krav for omkoblingstid for de forskjellige typer rom man finner på sykehus. For gruppe 2 rom gjelder kravet klasse 0,5 (automatisk strømforsyning tilgjengelig innen 0,5 sek.). Dermed må det inkorporeres nødstrømsforsyning som håndterer krav om den korte innkoblingstiden.

Tabell 3: Krav til nødstrømsforsyningens innkoblingstid (tabell 710A fra NEK 400:2018). [2]

Klasse 0 (ingen avbrudd)	Automatisk strømforsyning tilgjengelig uten avbrudd
Klasse 0,15 (Veldig korte avbrudd)	Automatisk strømforsyning tilgjengelig innen 0,15 s
Klasse 0,5 (Kort avbrudd)	Automatisk strømforsyning tilgjengelig innen 0,5 s
Klasse 15 (middels langvarig avbrudd)	Automatisk strømforsyning tilgjengelig innen 15 s
Klasse > 15 (langvarig avbrudd)	Automatisk strømforsyning tilgjengelig etter mer enn 15 s

5.2 UPS som nødstrømkilde

UPS står for avbruddsfri strømforsyning på norsk, og er i dag den beste løsningen mot der strømbrudd kan medføre fare for liv og helse. UPS opprettholder kontinuerlig forsyning av elektrisk energi, dersom nettforsyning forsvinner, se vedlegg 6 for datablad. Det finnes flere varianter som varierer i pris, størrelse og funksjon. Bruksområdet er stort, og teknologien er fortsatt under stor utvikling. Det er i prinsippet et system som lagrer energi i forskjellige former, og som konverterer dette til elektrisk energi [7].

I en statisk UPS er energi generelt lagret i enten elektrokjemisk form i lagringsbatterier, eller i kinetisk form ved hjelp av et svinghjul, og energien konverteres så tilbake til elektrisitet [7]. I en dynamisk UPS er energi kun lagret i kinetisk form, som så blir konvertert tilbake til elektrisitet ved hjelp av en generator [7].

UPS blir plassert mellom hovedstrømforsyningen og de elektriske komponentene som krever nødstrømsforsyning. Statisk UPS består i grunnlag av en likeretter, vekselretter og batterier. Mer detaljert beskrivelse av oppbygningen finnes i kapittel 5.4.

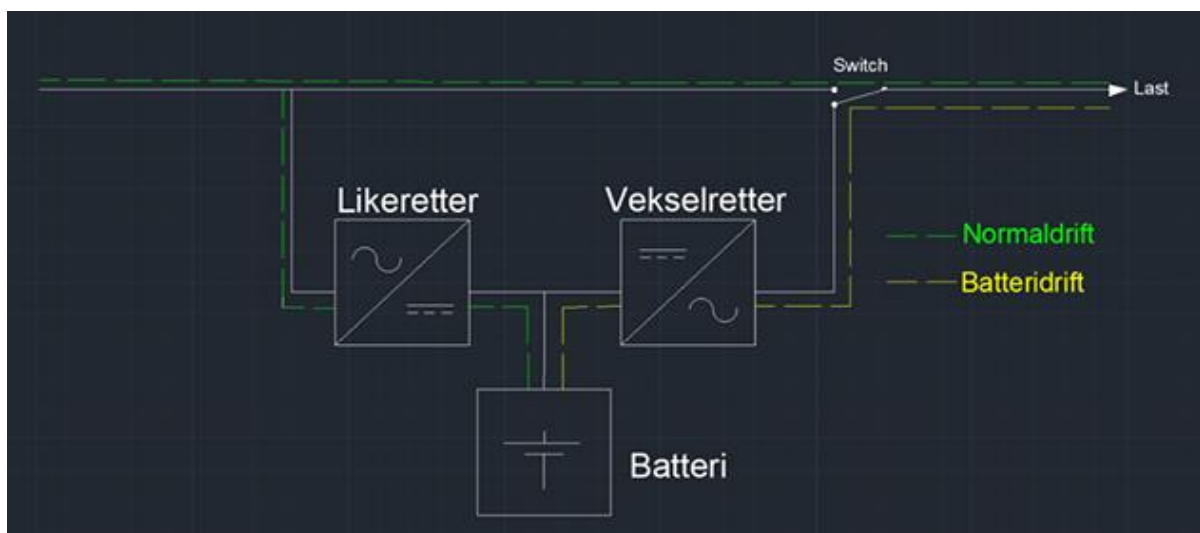
UPS'er håndterer kravet i fra NEK 400:2018-7-710.560.6.102 om omkoblingstid mindre eller lik 0,5 sekund. Omkoblingen skjer så raskt at blunk på strømforsyningen ikke merkes, og elektromedisinsk utstyr vil fungere som normalt. UPS er derfor egnet som den beste nødstrømkilden for kritiske laster der konsekvensene for avbrudd i strømforsyning er store.

Problemet med UPS er batterikapasiteten, det er derfor helt nødvendig for et sykehus å ha generatorer som en overtakende nødstrømkilde. NEK 400:2018-7-710.560.6.102 sier at nødstrømkilde skal opprettholde forsyningen i minst tre timer [2]. Det ville krevd ekstremt mye batterikapasitet. Dersom generator med driftsperiode på 24 timer installeres som overtagende nødstrømkilde, kan varighet reduseres til en time [2].

5.3 Offline, Line-interactive og Online UPS

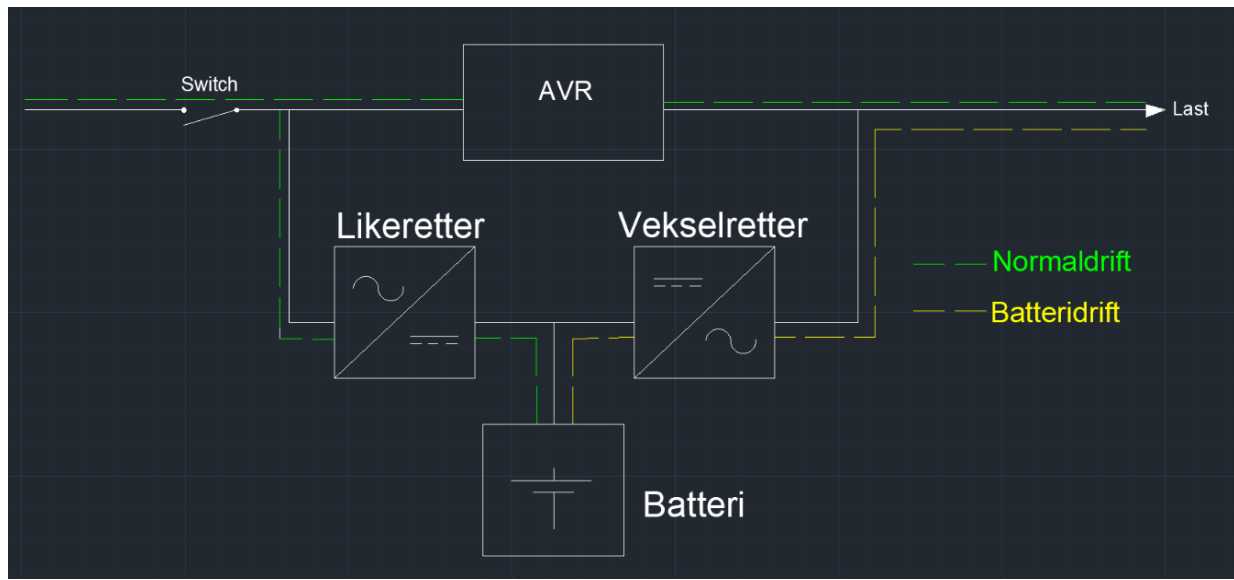
Statisk UPS blir delt inn i tre hovedgrupper: Offline, Line-interactive og Online.

Offline UPS har det enkleste designet, som gjør den til den billigste varianten [7]. I og med at den er billigst, har den også nedsatt funksjonsevne i forhold til de andre versjonene. For mange bruksområder vil denne være god nok, men for et sykehus er den ikke aktuell.



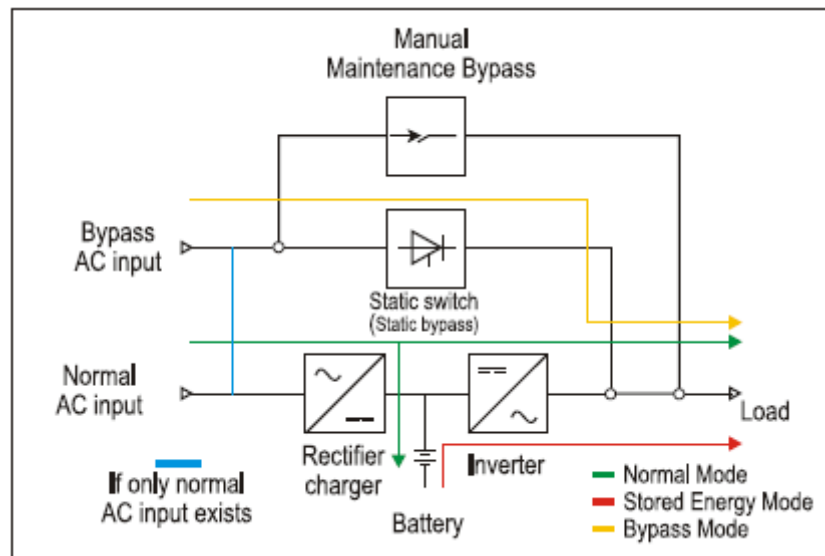
Figur 1: Prinsipp tegning av Offline UPS topologi tegnet i Autocad

Nettforsyningen vil lade opp batteriene ved normaldrift som vist på figur 1. Dersom bortfall av nettforsyningen forekommer, vil lasten kobles over på vekselretteren som forsynes fra batteriene. Omkoblingstiden vil være ca. 10 ms [7]. I realiteten kan omkoblingen ta lenger tid enn den angitte omkoblingstiden. Dette er fordi spenningen vil falle noe før selve omkoblingen tres i kraft [8]. Det er heller ingen filtrering av spenningen, som man har med en online UPS.



Figur 2: Prinsipp tegning av Line Interactive UPS topologi tegnet i Autocad

I **Line-interactive UPS** konfigurasjon under normaldrift, forsynes spenningen fra hovedforsyningen gjennom en statisk switch. Dersom nettutfall forekommer, vil den statiske bryteren automatisk åpne seg, og lasten vil forsynes av batteriene via vekselretteren. Under normal drift vil forsyningen gå gjennom en automatisk spenningsregulator (AVR) som vist på figur 2. Line-interactive UPS gir derfor en viss spenningsforbedring i forhold til offline UPS [7]. Line-interactive UPS egner seg ikke for sykehusinstallasjoner fordi konfigurasjonen fungerer dårlig i kombinasjon med generatorer. Konfigurasjonen gir ingen mulighet til å kontrollere frekvensen, som er helt vesentlig, skal du koble inn generatorer. Prismessig er denne varianten også nærmere online UPS.



Figur 3: Online UPS topologi [9]

I installasjoner der hvor kravene til nødstrøm er høye og kvaliteten er stor, er det vanlig å ta i bruk en **online UPS**. Dette gjelder for Førde sentralsykehus. Rapporten vil derfor gå mest i dybden på online UPS.

5.4 Oppbygningen av Online UPS

Forskjellen fra de andre statiske UPS'ene er at nettforsyning går gjennom likeretter og vekselretter frem til lasten, under normal nettdrift. Spenningen blir konvertert til likespenning for å kontinuerlig lade batteriene, og konverteres tilbake til vekselspanning for å forsyne lasten (se figur 3). På den måten blir effekten levert til lasten, etter at den har blitt fullstendig omformert. Dette prinsippet kalles dobbel konverterende. Det fører til at spenningskvaliteten og frekvensen ut fra en Online UPS ikke er avhengig av kvaliteten på spenningen fra høyspentnettet [7].

Virkningsgraden til en dobbel konverterende UPS er typisk opp til 96% [7]. Dette er lavere enn man får med Line-Interactive og offline UPS, siden spenningen man henter fra nettforsyningen blir konvertert to ganger. Både likeretteren og vekselretteren inneholder halvledere som vil forårsake tap [7]. Fordelene man får av å ha stabil spenningskvalitet fra vekselretter, kompenserer for dette tapet.

5.5 Pålitelighet av den elektriske forsyningen (faktorer som påvirker spenningskvalitet)

Mange medisinske apparater og kurser på sykehus krever en pålitelig og jevn spenning. Spesielt apparater som opprettholder liv hos pasienter, og apparater som blir tatt i bruk under intrakardielle prosedyrer. Medisinske apparater kan være ømfintlig for endringer og uregelmessigheter i kvaliteten av spenningen.

En online UPS som er dobbelkonverterende, tilfredsstillende kravene til avbruddsfri strøm, og gir samtidig en jevn forsyning. Den har kort forklart to hovedfunksjoner [10]:

- Gi nødstrøm dersom det skulle forekomme strøbrudd
- Filtrering av forstyrrelser fra strømforsyningen for å gi sikker og stabil strøm

Det er prioritert nummer en å gi sikker strømtilførsel til gruppe 2 rom for prosjektgruppen, men filtrering av forstyrrelser er også en viktig funksjon som online UPS gir. Dette er en viktig funksjon fordi strøbrudd ikke er den eneste faktoren som kan påvirke installasjonens spenningskvalitet. Noen faktorer som påvirker spenningskvalitet [10]:

- Korte, raske svingninger i spenningen. Alt fra en funksjonsfeil hos kraftselskapet til et lokalt jordet lynnedslag.
- Elektrisk støy. En betegnelse for forstyrrelser i strømforsyningsledningene, som kan være forårsaket av lastbryter, kabelfeil eller radiofrekvensinterferens.
- En vedvarende spenningsøkning, som vanligvis oppstår etter at en stor belastning er slått av.
- Lavere spenning fra strømforsyningen, som vanligvis oppstår når en stor belastning er slått på.
- Lavere spenning fra strømforsyningen, men med lenger varighet enn sistnevnte. Disse oppstår når strømforsyningen ikke klarer å håndtere den gjeldende belastningen.
- Harmoniske forvrenginger. Strøm og spenningsforvrenginger forårsaket av belastninger som datamaskiner, kopimaskiner og annet elektrisk utstyr som trekker strøm fra strømforsyningen i store toppe.

Det er altså en del forstyrrelser som kan påvirke strøm og spenning. Problemet med disse forstyrrelsene er at de kan skade elektrisk utstyr mer enn et strømbrudd normalt vil gjøre. Svingninger i nettspenningen kan forårsake spenningstap, men også redusert levetid for avbruddsfri strømkilder [10].

5.6 Bypass

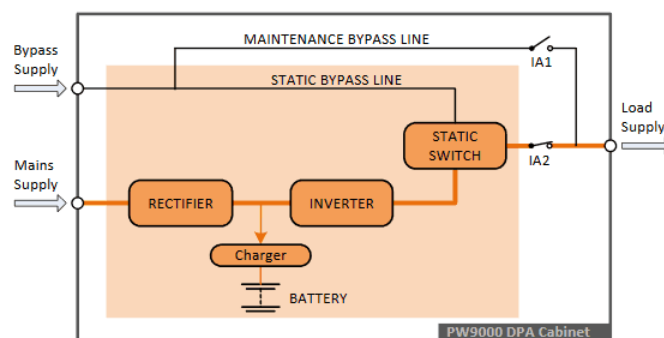
I noen tilfeller kan det være nødvendig å forsyne lasten via bypass. Slike tilfeller kan være om det oppstår en feil på UPS'en, om belastningen blir for stor for UPS'ens kapasitet, ved kortslutninger nedstrøm av UPS eller ved vedlikehold av UPS'en.

På grunn av dette har online UPS en bypass modus og en online modus. Dersom belastningen blir for stor eller en intern feil oppstår i UPS'en, vil bypass'en automatisk kobles inn. Som vist på figur 3 og 4, er det vanlig å ta i bruk en manuell bryter som kan sette UPS'en i 'maintenance bypass' modus ved planlagt vedlikehold arbeid.

5.7 Static switch

For at omkoblingen skal skje momentant slik at blunk på spenning ikke forekommer og fører til at tilkople utstyr slår seg av, tas det i bruk en såkalt static switch (se figur 4), eller statisk bryter på norsk. Denne bryteren kobler automatisk UPS'en mellom online modus og bypass modus.

Selv om bryteren gjør jobben sin godt når det kommer til omkoblingen, byr den på en problemstilling som er viktig å ta med i vurderingen av anleggets sikkerhet. Bryteren er laget av tyristorer, som har en begrenset tåleevne [8]. Dette er et viktig punkt man må ta høyde for når man skal prosjektere et selektivt anlegg. Prosjektgruppen tar for seg dette under kapittel 15.3 og 16.



Figur 4: Prinsipp tegning av Online UPS sine hovedkomponenter [10]

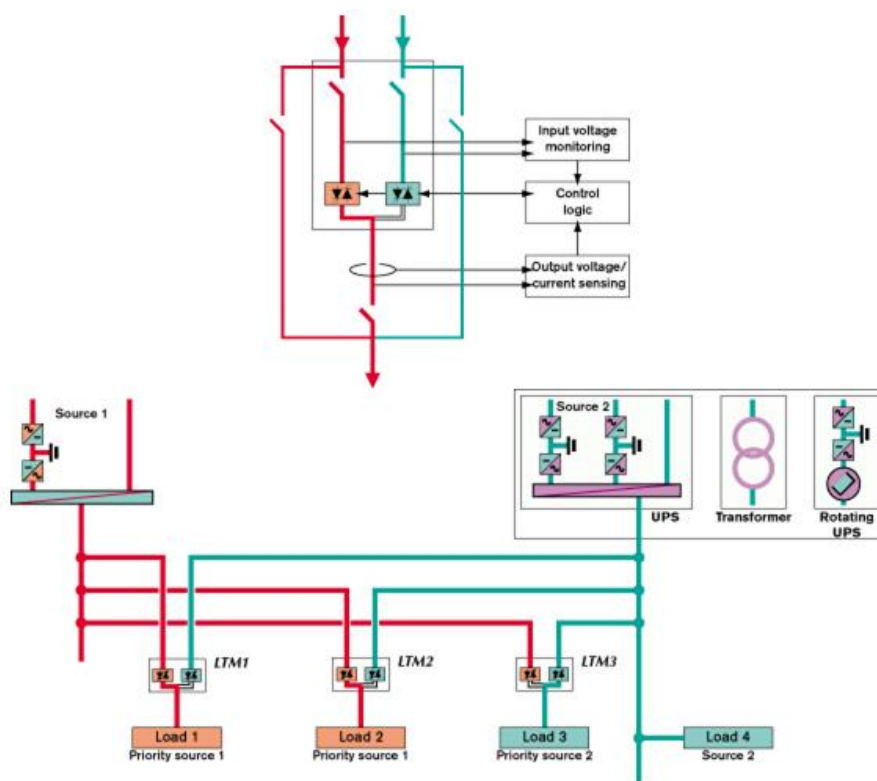
5.8 Load transfer module

For å skape et selektivt og redundant elektrisk anlegg, er det viktig å planlegge for alle feil som kan oppstå. For å gjøre nødstrømanlegget redundant, tas det i bruk to UPS'er av samme størrelse, hvor en UPS har stor nok kapasitet til å forsyne den kritiske lasten alene.

Dersom feil oppstår på UPS A slik at bypass ikke er tilgjengelig, eller brudd i ledningssystemet nedstrøms av UPS A forekommer, vil UPS B ta over lasten. For at denne koblingen skal skje, skal en automatisk LTM (Load transfer module) tas i bruk. Dette er i prinsipp en automatisk static transfer switch, som forsynes av to strømkilder og kan overføre lasten mellom disse strømkildene, skulle det være nødvendig.

LTM er et sikkert produkt som har vært på markedet siden 1988, og som har blitt brukt av mange store industri og næringselskap [11].

Den føler på spenninga og dersom spenninga går under fastsatt spenningsnivå, vil den bytte lasten over til UPS B uten å skape nedetid på nettet [11].

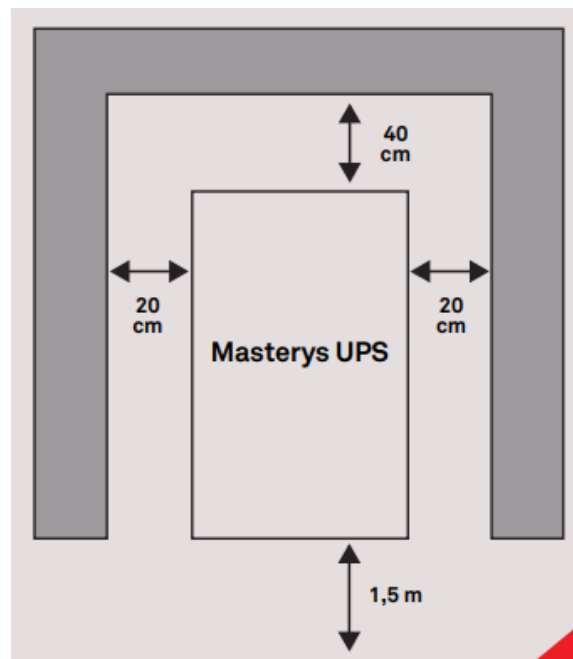


Figur 5: Load Transfer Module prinsipp [11]

6 Plassering og ventilasjon av UPS og batteribank

6.1 Plassering

Det er enkelte miljøkrav som må tas hensyn til før man bestemmer plassering til UPS'ene. Normal avgitt varme i watt for en UPS er 3-10% av UPS VA-verdi ved full last [12]. Det er ofte direkte sammenheng mellom langtids driftstemperatur og treghet for alle datasystem. Dette betyr at UPS'ene bør plasseres i åpne rom og ha tilstrekkelig kjøling. Hver UPS skal plasseres i eget rom med eget kjøleanlegg. For store batteribanker bør det være egne rom for batterianlegget til UPS'ene [13]. Batteriene bør plasseres på hyller der hvert batteri er frontinstallert. Det gjør det enklere for vedlikehold og utbytting av batteriene når det blir nødvendig.



Figur 6: Minimumskrav for plassering av UPS inntil vegg [12]

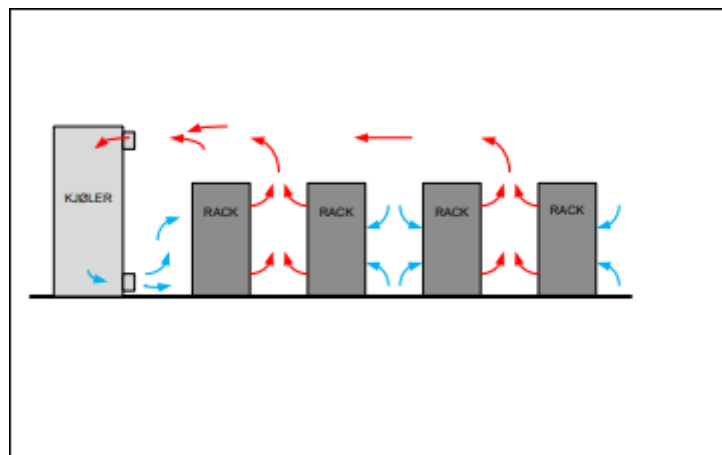
Siden UPS'ene skal forsyne flere etasjer, bør installasjonen være sentralisert i nærheten av hovedtavlen. Det skal også være god plass rundt installasjonen til fremtidig tilgang for vedlikehold, i tillegg til at ventilasjonen skal ha frie luftveier. Nevnte rom bør også ha overtrykk for å hindre inntrengning av støv/smuss [14].

6.2 Ventilasjon av UPS

Innluft skal være rensert for støv, røyk og annen forurensning. Returluft til kjøleanlegget skal renses før rekjøling for å unngå sirkulasjon av støv/smuss [14].

En ideell romtemperatur for UPS-rom er 20-25°C. Omgivelsestemperaturen bør ikke overstige 25°C. Med det trengs temperaturmåling og fuktighetsmåling. Verdier skal kunne overføres til sentraldriftsovervåkningsanlegget (SD-anlegget). Det er et anlegg hvor teknisk personell kan overvåke og styre automatiske installasjoner.

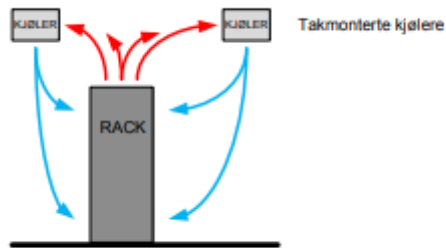
6.3 Alternativer for kjølesystem



Figur 7: Ikke styrt luft i rom [14]

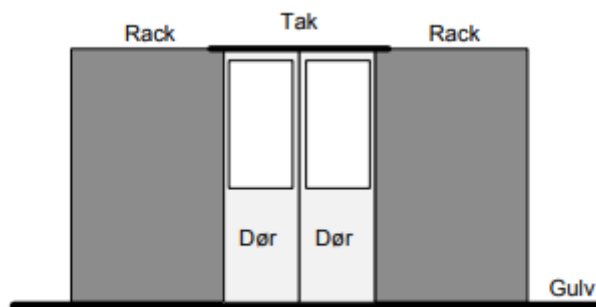
Dette er en enkel løsning man kan bruke for kjøleanlegget i UPS-rommet. Ved konveksjon i rommet, vil varm luft hentes opp øverst i kjøleren og kjøles ned til kald luft (se figur 7). Kald luft blir sendt ut fra nedre del av kjøleren, og opprettholder da en romtemperatur på 20-25°C.

Maksimalt kjølebehov for denne løsningen bør ikke overstige 40kW [14].

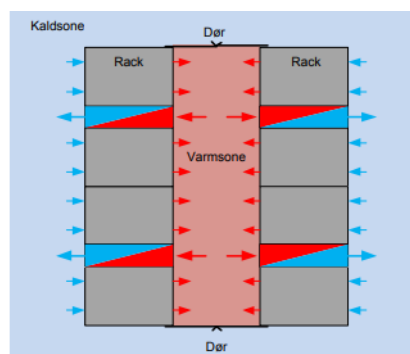


Figur 8: Takmontert kjøler uten styring av luft [14]

Et annet alternativ er takmontert kjøler (se figur 8). Fordelen med takmonterte kjølere er at dette kjølesystemet krever mindre plass i rommet, men vedlikehold kan være noe vanskeligere. Normalt vil maksimal kjøleeffekt fra takmonterte kjølere være 5kW [14].



Figur 9: Kjølerack med kontrollert oppsamling og kjøling av luft sett forfra [14]



Figur 10: Kjølerack med kontrollert oppsamling og kjøling av luft sett ovenfra [14]

Det tredje alternativet ser man i figur 9 og 10. Det blir ofte brukt ved større kjølebehov og kan ha en kjølekapasitet opp til 60kW, men det er en dyrere løsning [14].

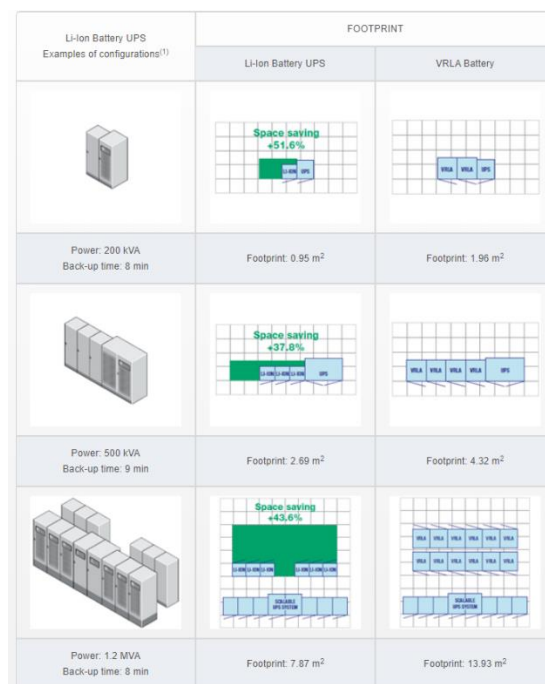
Ut fra de nevnte alternativene anbefales det første alternativet for kjølesystem. Det er et billig alternativ og gjør det enklest for vedlikehold. For dimensjonering av effektbehovet til kjøleanleggene brukes 4-5kW per m² for rene IKT-rom, eller 7,5kW per rack [14]. Om vi regner UPS som en hel rack, skal det trenges minst 7,5kW kjøleeffekt, eller 15kW med fremtidige utvidelser. Med dette behovet for kjøleeffekt er det tydelig at første alternativ egner seg best.

Som alt annet av det elektriske anlegget på sykehuset, skal det også være et redundant kjøleanlegg. Dersom pumpen til kjøleanlegget havarerer eller kjøleanlegget blir strømløst, vil UPS 'ene hetes opp raskt og ødelegges over tid. Hvert kjøleanlegg bør ha to uavhengige strømkilder, der begge strømkildene hentes fra hver UPS. Dette sikrer strøm ved et eventuelt brudd på nettspenningen og/eller om en av UPS'ene blir ute av drift. Et alternativ kan være å bruke flere typer kjølesystemer (romkjøling, rørføring og isvannkjøling). Dersom et kjølesystem skulle feile, fungerer de andre kjølesystemene som backup. Ved normaldrift bør ikke backup kjølesystemene være i drift. Dette kan styres gjennom et SD-anlegg. Når det kommer til batterirom, skal det i tillegg anvendes avsug for eksplosive gasser (hydrogen, oksygen) [14].

7 Batterianlegg

Når man går frem for å utforme batterianlegget til UPS'er må krav fra NEK 400: 2018-8-806 og NEK EN 50272-2 legges til grunn. NEK IEC 62485-5 er under utarbeidelse og vil gjelde for litiumbatterier. Det å planlegge et sikkert og trygt batterianlegg er meget viktig da 37 % av feil i UPS anlegg kommer fra batterianlegget [15].

Blybatterier av typen VRLA (ventilregulerte bly syre batterier) har lenge vært den foretrekkende batteriteknologien for UPS anlegg. Når belastning forsynes gjennom likeretter og vekselretter i en online UPS, lades batteriene kontinuerlig. Derfor er batteriene på full kapasitet under normal nettdrift og klar til å ta over lasten når som helst. Blybatterier er mer egnet for en slik stasjonær installasjon enn for eksempel litiumbatterier, men de siste årene har litiumbatterier blitt mer aktuelle. Litiumbatterier er dog mer egnet for syklisk drift, med jevnlig utladninger og oppladninger (elbiler, telefoner, energilagring etc.). De lader seg fortere opp, og har lengre levetid under optimale forhold enn VRLA batterier [16]. Litiumbatteriene har fortsatt dyrere installasjonskostnader, men inkluderer man TCO (total cost analysis) vil det i lengden bli et billigere alternativ [15]. I tillegg er litiumbatteriene mer energitette enn konvensjonelle VRLA blybatterier, som gjør at den fysiske størrelsen på batterianlegget og vekten vil være mindre, se figur 11 [16].



Figur 11: Sammenligning av fysisk størrelse på batterianlegg fra Socomec

Allikevel vil VRLA batterier være foretrukket for Førde sentralsykehus. Bruker man litium eller syrebatterier med åpen tilgang til syrelager, må rom klassifiseres som ex-område (eksplosjonsfarlig område). Da må egne krav knyttet til ex-rom følges.

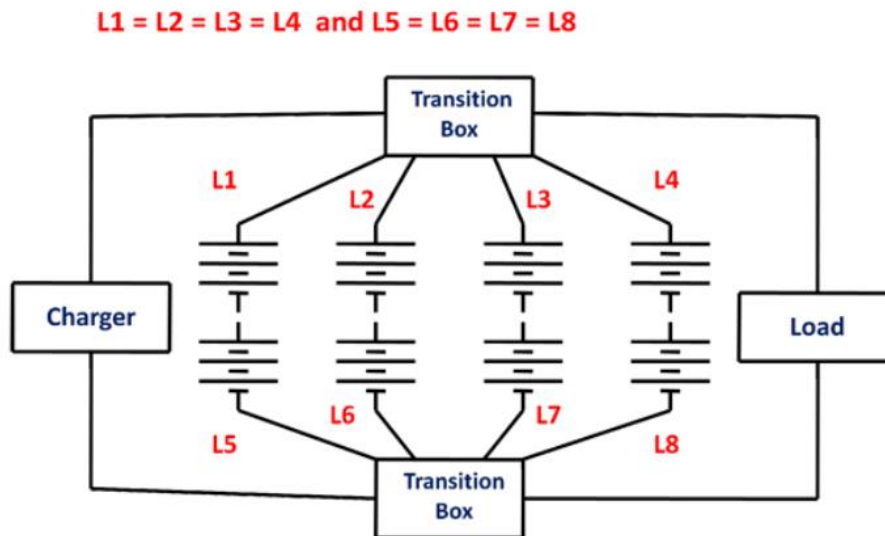
Når man skal utforme et batterianlegg, er det noen viktige ting å tenke på. Man må blant annet ta høyde for ytelse, reservekapasitet, temperatur, vekt, vedlikehold og overvåking av batteriene. Optimal omgivelsestemperatur for batterier er +/- 20°C. For hver 10 grad økning i temperatur vil levetiden for batterier halveres [15]. Derfor er det meget viktig med kontinuerlig god ventilasjon i batterirommene. Når man plasserer mange batterier i samme rom, vil vekten fort bli flere tonn. Leverandører av batteripakker leverer også batteristativ som tåler en viss vekt. Disse stativene er pulverlakkert slik at man slipper utjevningsforbindelser til stativene [15].

7.1 Vedlikehold, overvåking og forlegning av batterianlegg

For batterianlegget skal følgende dokumentasjon være tilgjengelig; Instruksjoner for vedlikehold, forebyggelse av gjensidig skadelige påvirkninger som eksplosjonsfare og lekkstrømmer. Det skal også være dokumentasjon av installasjon av batterier og batterisystemer [13]. Norm for installasjon av batterisystemer finnes i NEK 400:2018 tillegg 806B.

For overvåking av batteriene kan overvåkingssystemet BACS (Battery Analysis & Care System) tas i bruk. Det er et system som overvåker spenning, indre motstand, temperatur og eventuelle feil for hvert enkelt batteri [17]. Anlegget overvåkes og vedlikeholdes fjernstyrt via SD-anlegget. Dette er inspirasjon hentet fra Haukeland sykehus og arbeidsgruppen er enige i å benytte samme løsning på Førde sykehus sitt batterianlegg.

Koblingen mellom batterier i batteribanken bør anordnes som parallelle strenger. Hvor en streng inneholder et visst antall batterier koblet i serie, som klarer å levere høy nok spenning til vekselsretter, se figur 12 [18]. Det kan være opptil flere strenger med batterier, men det anbefales minimum tre strenger for nødstrømanlegg. Dermed unngås det at feil på et batteri fører til fullstendig spenningstap i hele batteribanken. Kun den strengen som batteriet er koblet i vil bli påvirket. Spenningsverdi ut fra UPS blir ikke påvirket hvis en streng slår seg ut, men kapasiteten på batteribanken reduseres.

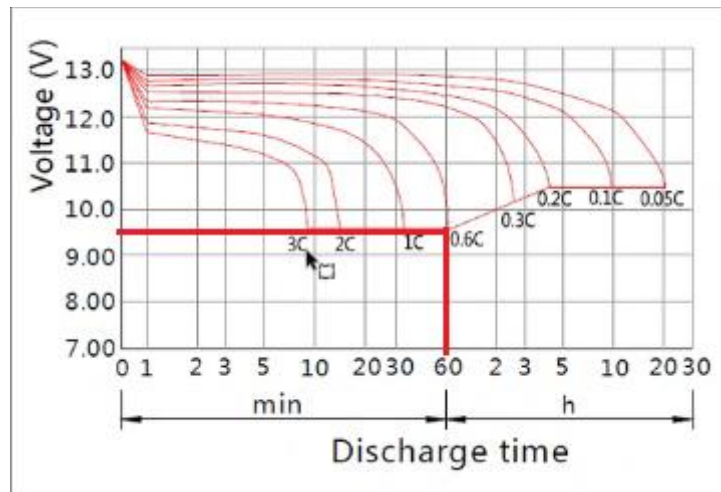


Figur 12: Prinsippskisse for parallellkoblede strenger for batteribank

Forlegningen av kabler mellom batteriene skal være kortslutningssikker forlagt. Forlegning av enleder dobbeltisolert kabel gjennom hele batterisystemet til UPS vil være tilstrekkelig, i henhold til NEK 400:2018-5-52.521.14 [19]. Det regnes som god nok kortslutningsbeskyttelse der det ikke skal anvendes kortslutningsvern. I batterikurs bør kun overbelastningsvern benyttes, da en eventuell utkobling grunnet kortslutning i batterikursen, medfører at batterikapasiteten forsvinner.

7.2 Dimensjonering av batterianlegg

For UPS anlegget på sykehuset er det nødvendig med 40-43 12V batterier koblet i serie for å levere høy nok spenning som kreves av vekselretteren i UPS'en ($40 \times 12V = 480V$). Hvert VRLA batteri vil bestå av 6 celler med 2V per celle. Ut ifra utladningstabeller fra Coromatic sine produktblad, figur 13, ser man at spenningsgrensen for hvor mye 12V batterier kan lade seg ut er 9,6V ($40 \times 9,6V = 384V$). Det vil si at hvis batteribanken skal ha en time med kapasitet, kan ikke spenningsnivå for hvert batteri være mindre enn 9,6V. Er spenningsnivået under 9,6V vil ikke vekselretteren fungere.



Figur 13: Utladeparameterer for 12V batteri fra datablad

Skal man regne ut batterikapasitet må parametrene settes. For Førde sentralsykehus skal det være stor nok batterikapasitet til å drifte nødstrømanlegget i en time. 500 kVA UPS'er skal installeres. $\cos \phi$ i anlegget settes til 0,9. Virkningsgrad for batterier settes til 0,96.

Siden batterier krever DC-spenning må man finne den rene ohmske effekten som blir tilført batteribanken.

$$500 \text{ kVA} \times 0,9 = 450 \text{ kW}$$

$$\frac{450 \text{ kW}}{0,96} = 468,75 \text{ kW}$$

Det er også her normalt å sette inn en aldringsfaktor. Den tar hensyn til aldringen av batteriene, som fører til lavere utlevert effekt fra batteriene over tid. Den settes til 1,2.

$$468,75 \text{ kW} \times 1,2 = 562,5 \text{ kW}$$

Det kreves altså at batteribanken skal kunne levere en samlet effekt på 562,5 kW. Fordeler man denne lasten på 43 batterier blir lasten per batteri 13 081 W. Det største tilgjengelige frontmonterte VRLA-batteriet fra Coromatic.no er et 180 Ah batteri (vedlegg 9). Det batteriet klarer å levere 1272 W i en time, se tabell 4. Dersom vi skal bruke disse batteriene, bør det anses å bruke minimum 11 strenger i parallell, med 43 batterier i hver streng.

Tabell 4: Utladepkarakteristikk for frontmonterte 12V 180Ah fra datablad

Utladepkarakteristikk (Watt, 25 °C):

F.V/TID	15 min	30 min	60 min	2 t	3 t	4 t	5 t	6 t	8 t	10 t	20 t
9.60 V	3 261	1 979	1 272	762	540	443	380	332	262	219	115
9.90 V	3 183	1 940	1 253	757	537	440	378	330	260	218	115
10.2 V	3 065	1 880	1 221	750	533	437	375	328	258	218	115
10.5 V	2 961	1 835	1 197	739	529	434	372	326	257	216	114
10.8 V	2 805	1 767	1 160	720	513	421	361	316	249	215	113

$$\frac{13\,081\text{W}}{1\,272\text{W}} = 10,28 = 11 \text{ strenger}$$

For 11 strenger med 43 batterier tilsvarer det 473 frontmonterte batterier per UPS, hvor hvert batteri har en vekt på 56kg.

$$56 \text{ kg} \times 473 \text{ batterier} = 26\,488 \text{ kg} \approx 26,5 \text{ tonn}$$

Et annet alternativ som ble vurdert var å ta i bruk enkeltceller. Det er cellebatterier på 2V med høyere kapasitet i amperetimer. For enkeltceller trenger man minimum 240 celler for å få høy nok spenningskapasitet tilsvarende 40 batterier. Hver battericelle krever større plass enn frontmonterte 12V batterier og har en vekt mellom 60-185kg. Dersom vi skulle fulgt minimumsønsket med tre strenger ville dette tilsvart 720 celler med totalvekt på minst 60 tonn per UPS. Med et ønske om minst tre strenger per UPS ble det konkludert at frontmonterte batterier egner seg bedre, selv med tanke på antall strenger som vil måtte trenges per UPS.

8 Generatoranlegget

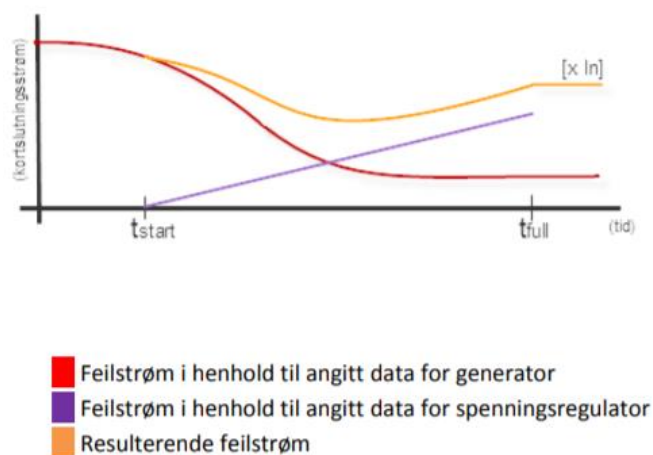
En viktig del av nødstrømanlegget er reservegeneratorene. Etter stormen Dagmar i 2011, fikk Førde sentralsykehus to nye generatorer. De skal fortsette å brukes som nødstrømkilde fremover.

I denne rapporten går prosjektgruppen ikke nevneverdig i detalj for generatoranlegget annet enn dimensjoneringskriterier for Febdok og spenningsproblematikken. Når man dimensjonerer anlegget, og ser på kortslutningsbeskyttelse og selektivitet må man også ta hensyn til kortslutningsstrømmene fra generatorene. «*Generatorene leverer generelt kortslutningsstrømmer som tilsvarer $7-10 \times I_n$ i det subtransiente området og $3 \times I_n$ som en stasjonær kortslutning*» [8].

Febdok tar hensyn til de dynamiske forløpene til kortslutningsstrømmene ved at feilstrømmer beregnes i fire stadier [20]:

- Subtransient, I_k''
- Transient, I_k'
- Stasjonær, I_k
- Bidrag fra spenningsregulator

Da vil resulterende feilstrøm se ut som på figur 14.



Figur 14: Resulterende feilstrøm når man legger inn verdier for generator og spenningsregulator [20]

Grunnen til at bidraget fra spenningsregulatoren tas med i beregninger er for å øke kortslutningsbidraget. Dersom kortslutningsbidraget er i det stasjonære området, vil generatorene levere veldig lav kortslutningsstrøm. Spenningsregulatoren øker magnetiseringen slik at kortslutningsytelsen blir større [20].

For å kunne utføre beregninger trengs følgende verdier fra figur 15.

<p>Merkeverdier</p> <p>Merkespenning, U_n [V]</p> <p>Merkeytelse, S_n [kVA]</p> <p>Merkeeffekt, P_n [kW]</p> <p>Merke $\cos \phi$</p> <p>Spenningsregulator</p> <p>Generatorstrøm ved fullt pådrag [In]</p> <p>Tid til start av pådrag [s]</p> <p>Tid til fullt pådrag [s]</p>	<p>Resistanser og reaktanser</p> <p>Stator resistans per. fase, R_a [Ω]</p> <p>Subtransient reaktans, X_d'' [p.u]</p> <p>Transient reaktans, X_d' [p.u]</p> <p>Synkron reaktans, X_d [p.u]</p> <p>Negativ systemreaktans, X_2 [p.u]</p> <p>Nullsystem reaktans, X_0 [p.u]</p> <p>Tidskonstanter</p> <p>Subtransient tidskonstant, T'' [ms]</p> <p>Transient tidskonstant, T' [ms]</p>
--	---

Figur 15: Nødvendige verdier å vite for beregning av generatoranlegg [20]

Se kapittel 16 for Febdokberegninger og selektivitetsanalyser.

8.1 Spenningsproblematikken

Ettersom generatorforsyningen er 230V IT, må man inn med transformator for å endre forsyningstype fra 230V IT til 400V TN. Det må gjøres da anlegget skal kunne forsynes fra både generatoranlegget og nettforsyning. Etter å ha diskutert med kontaktperson, vil prosjektgruppen anbefale at det bør benyttes en transformator per hovedfordeling for å transformere spenningen. Tas det i bruk en felles transformator med høy kVA ytelse i generatorkursen til å transformere fra 230V IT til 400V TN vil høye startstrømmer kunne føre til komplikasjoner.

For å kunne utføre riktige beregninger må man ha tilgang på data for generatorer og transformator. Prosjektgruppen har vært i kontakt med representant fra Møre Trafo for å finne en passende transformator for anlegget. Data for generatorene har også blitt overlevert av Helse Førde til prosjektgruppen. For Febdokberegninger har det blitt tatt i bruk transformator med merkeytelse mellom 630-800 kVA og koblingsgruppe dyN11. For denne transformatoren er 230V viklingene plassert ytterst på hvert bein som gjør at innkoblingsstrømmen reduseres. Den er blitt beregnet til å være $6 \times I_n$ [21]. I et reelt tilfelle hvor opptransformering skjer fra 230V til 400V må transformator lages med større omhu. For eksempel må man regne ut minste kortslutningsstrøm fra det punktet som skal være lengst unna transformatoren [22].

9 N-leder problematikken

I et TN-S anlegg anvendes 400-420 volt mellom fasene (L1, L2 og L3) og N-leder (nøytralleder) som nullpunktreferanse. Tilkoplet elektrisk utstyr blir forsynt med en fase og N-leder som gjør at spenning over utstyr = $\frac{400V}{\sqrt{3}} \approx 230V$. Problemet med TN-S anlegg er om brudd eller flytende nullpunkt skulle forekomme i N-leder. Nøytralpotensialet vil da forsvinne, og utstyr blir forsynt med ustabil spenning, eller kun fra faseleder som medfører at spenning over utstyr blir 400V. Det vil ikke de elektriske komponentene i utstyr tåle og dermed blir det ødelagt.

Tidligere var det krav om at sikringer skulle bryte N-leder i tillegg til faser gjennom hele installasjonen. I praksis medførte det et problem for UPS-installasjoner. Når vern oppstrøms av UPS anlegg løste seg ut (da inkludert N-leder) uten at tilførsel til UPS var galvanisk adskilt, ville N-leder ut fra UPS kunne ha flytende nullpunktreferanse under batteridrift [23]. I lang tid har det vært ulike forslag til løsninger for denne problematikken. En mulig løsning rundt problemet er å installere transformatorer i tilførselskursen til UPS som gir et galvanisk skille og dermed kan nullpunkt og N-leder tas med gjennom UPS fra transformator [23]. Tidligere på Haukeland universitetssykehus var en løsning at det ble installert kontaktor på en null-spennings relebryter som koplet sammen PE og N-leder for å skape et nytt nullpunkt skulle nettspenning forsvinne [23].

9.1 Flytende nullpunkt

I NEK 400:2018 kom reviderte retningslinjer som skal gi entydig krav om bruk av jordelektrode i TN-installasjoner hvor det er relevant med flere strømkilder. Endringene avviker fra retningslinjene i IEC og CLC, men Norsk elektroteknisk komite mener det er nødvendig for å gjøre installasjoner sikre [24]. Disse nye kravene gjør at det «*unngås flytende potensial av nøytralledersystemet i forhold til jord*» [24].

For å unngå flytende nullpunkt i TN-installasjon med flere strømforsyningskilder, skal krav i NEK 400:2018-5-55.551.2.301 følges [25]:

- *Installasjonen være utført med egen jordelektrode som er tilknyttet installasjonens nøytralleder og beskyttelsesleder i samsvar med NEK 400:2018-302.2.1.2*
- *For å sikre entydig forankring av nøytralleder-systemet til jordpotensial skal enten*
 - *A) strømforsyningsenhetene være tilkopleet i installasjonens hovedfordeling*
 - *B) nøytralleder i strømforsyningsenhetene være direkte forbundet med nøytralleder i installasjonens hovedfordeling med ubrutt N-leder, eller*
 - *C) hovedkurser som forsyner fordelinger hvor en strømforsyningsenhet er tilkopleet, skal ikke utføres med bryter i nøytralleder, og nøytralleder skal ikke frakoples*

Disse kravene vil være tilstrekkelig for installasjoner med flere strømforsyningskilder (nett og generatoranlegg), men egne retningslinjer for UPS-installasjoner må også følges. NEK 400:2018-5-55.551.2.302 kommer med reviderte krav i forhold til tidligere versjoner [25]:

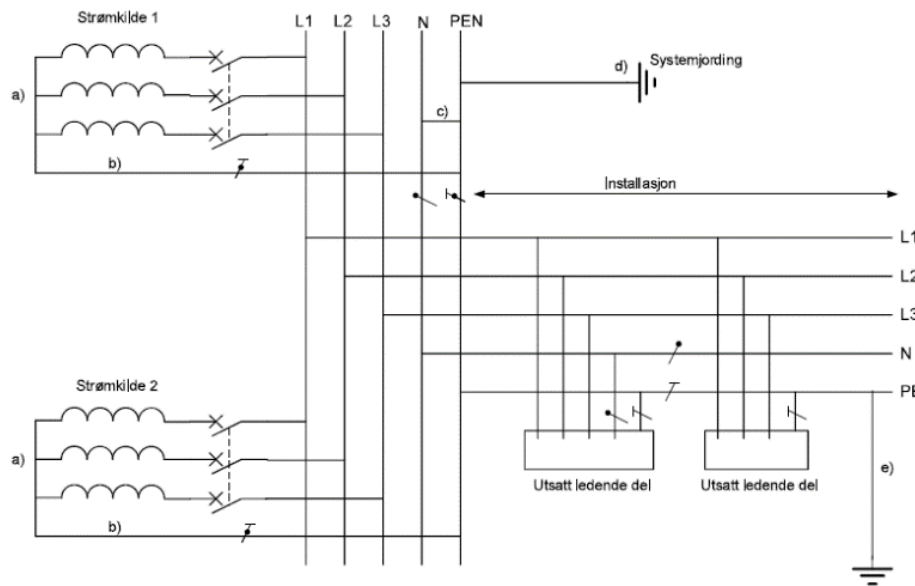
For UPS hvor fordelingsnett er tilknyttet omformerens sekundærside:

- *Ikke er galvanisk adskilt fra forsyningsnett på omformerens primærside, og*
- *Er utført med nøytralleder*

Skal denne nøytrallederen være forankret direkte til:

- *Installasjonens innkommende PEN-leder, eller*
- *Til en ubrutt N-leder tilknyttet strømkilden i forsyningsnett*

Hvis veiledning a), b) eller c) og UPS-retningslinjene følges, sikrer det at nøytralleder alltid er tilknyttet et jordpotensial. Da vil ikke flytende nullpunkt kunne oppstå i installasjonen. I praksis betyr det at man ikke skal bryte N-leder frem til UPS-installasjonen. Det vil si at man skal føre N-leder ubrutt fra der hvor PEN-leder splittes, frem til UPS. PEN-leder fra nettransformator og transformator i generatorkurs splittes i første hovedfordeling. Videre føres N-leder og PE-leder, isolert fra hverandre til UPS. Dermed klassifiseres installasjonen frem til hovedfordeling som TN-C, og som TN-S etter hovedfordeling (se figur 16 og 17). Nedstrøms av UPS vil vern med allpolig brudd anvendes. I anleggets hovedfordeling skal beskyttelsesleder være tilkopleet jordelektrode [26]. Da vil det ikke være nødvendig å skape et galvanisk skille ved å anvende transformator i UPS-kursen.



Figur 16: TN-C-S system med flere strømkilder, hentet fra NEK 400:2018.303.2.1.2 [26]

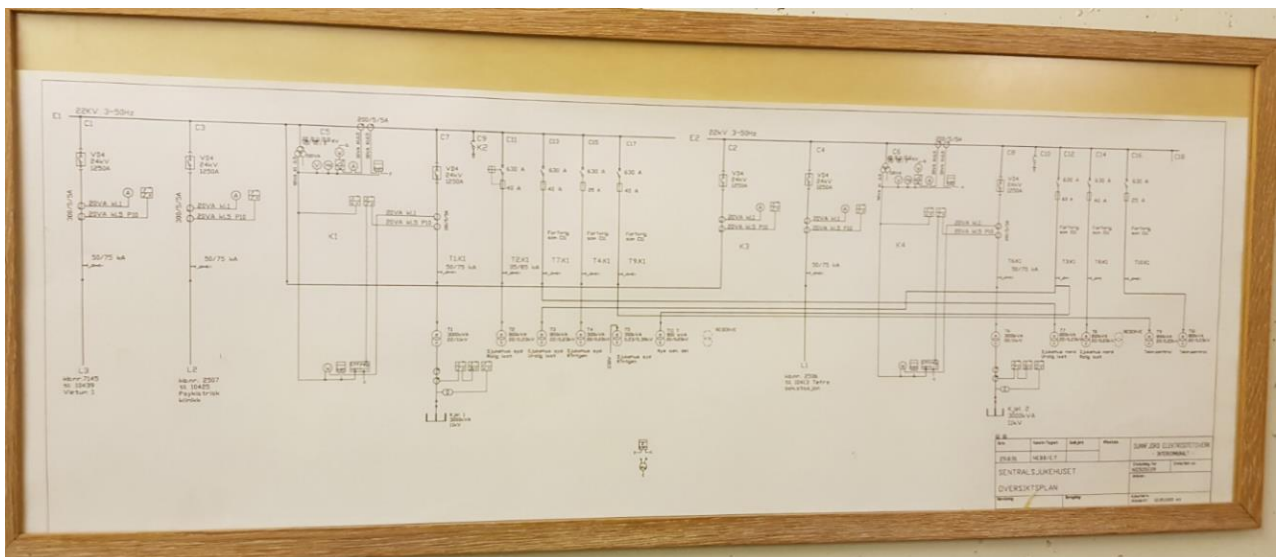
Tabell 5: Systemjordinger for TN-nett, hentet fra NEK 400:2018 tabell 3A [26]

System		Spenningsystemets forhold til jord	Anordning av N- og PE-ledere	Jording av utsatte ledende deler
TN	TN-C	Nøytralpunktet eller en faseleder er forbundet til jord ved strømkilden	N- og PE-leder kombinert i én felles PEN-leder	Utsatte ledende deler tilkobles PEN-lederen som gir forbindelse tilbake til jordingspunktet ved strømkilden
	TN-C-S		N- og PE-leder er kombinert i én felles PEN-leder ut fra strømkilden, men er holdt adskilt fra hverandre i installasjonene	Utsatte ledende deler tilkobles PE-/PEN-lederen som gir forbindelse tilbake til jordingspunktet ved strømkilden
	TN-S		N- og PE-leder er adskilt i hele systemet	Utsatte ledende deler tilkobles PE-lederen som gir forbindelse tilbake til jordingspunktet ved strømkilden

10 Anleggets design

10.1 Uavhengige tilførsler til nettransformator

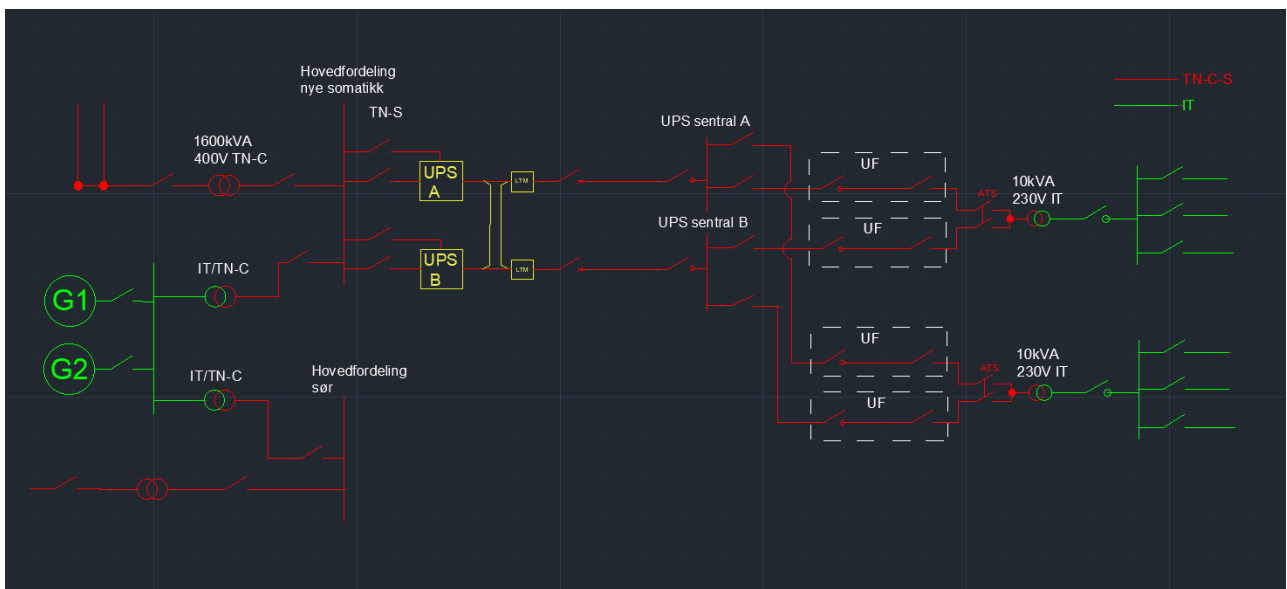
Strømtilførsel hentes i dag fra et høyspent ringnett på 22kV som forsyner sykehuset. Det er to 'forsyningspunkter' E1 og E2 fra nettet. Hver rad/skinne med hovedsikringer i hovedfordelingene blir forsynt fra henholdsvis E1 og E2 og klassifisert som 'rolig' og 'urolig last' (se figur 17). For somatikkbygget skal kun en transformator på 1600 kVA anvendes. Som en ekstra redundant løsning kan transformator forsynes fra både E1 og E2. Man får da to kortslutningsverdier fra høyspentnettet, og må derfor påvise kortslutningsbeskyttelse og selektivitet når somatikkbygg er forsynt fra E1 og E2. For denne oppgaven bruker prosjektgruppen kortslutningsverdier tilsvarende de som eksisterer for transformatoren som forsyner luftambulansesentralen.



Figur 17: Eksisterende transformatorer for Førde sentralsykehus

10.2 Forslag til anleggets arkitektur

Det å designe forsyningssystemet i en hvilken som helst institusjon, krever at man har en ide om hvordan anlegget skal fungere. Arkitekturen må tilpasses til det forutsatte bruk. Å koordinere alle komponenter i installasjonen slik at tilstrekkelig pålitelighet og redundans oppnås, samtidig som forskrifter opprettholdes, kan gjøres på mange forskjellige måter. Derfor gjelder det å designe et forsyningssystem som passer og tilrettelegges for gjeldende institusjon. Prosjektgruppen har i denne oppgaven sett på forsyningen frem til operasjonssaler i nye somatikktilbygget, men denne forsyningsmetoden kan anvendes for samtlige gruppe 2 rom i sykehuset.



Figur 18: Enlinjeskjema av forsyningssystem frem til gruppe 2 rom for somatikkbygg.

11 Gruppe 2 roms tavler





Som i rapporten «*rehabilitering av Førde sykehus*» fra 18.12.2019, har prosjektgruppen også valgt å bestemme leverandør av de medisinske IT-tavlene i denne rapporten. Prosjektgruppen lærte at medisinske IT-tavler er nødt til å ha alt utstyr som er påbudt i henhold til *NEK 400-7-710* og *IEC 60364-7-710*, for å kunne selge til det norske markedet.

Bender og Noratel sine pre-fabrikerte IT-tavler ble sammenlignet og veid opp mot hver andre for å finne den beste løsningen for Førde sentralsykehus. Noratel sine pre-fabrikkerte IT-tavler med tilleggskomponenter ble anbefalt av prosjektgruppen, mye grunnet den lave innkøplingsstrømmen til Noratel sine transformatorer. Prosjektgruppen tar med seg denne erfaringen, men har også vurdert Socomec som en mulig leverandør for det någjeldende prosjektet.



Figur 19: Medisinsk IT-tavle fra Noratel

Ut ifra Socomec sin katalog fra 2019, er det kun en pre-fabrikkert IT-tavle som er aktuell å anvende. Grunnen er at 10kVA transformatorer skal bli brukt (se kapittel 13.6), og slik anlegget har blitt prosjektert av prosjektgruppen er det to tilførsler fra UPS til de medisinske IT-tavlene. Bare MEDSYS 40 A er laget for at to tilførsler kommer fra UPS, samt at den har 10kVA transformator.

	Basic configuration		Intermediate configuration	Complete configuration				
								
	MEDSYS 20		MEDSYS 30 CD	MEDSYS 40		MEDSYS 60		
	A	B	A	A	B	A	B	C
Incomers								
1 incoer from UPS/ normal	•	•						
1 UPS incoer and 1 safety incoer			•					
2 UPS incoers				•	•			
1 normal incoer						•		
2 normal/safety incoers							•	•
Insulation transformer								
Power (kVA)	4	6.3	10	10	2 x 6.3	10	10	2 x 10
Covered (stand-alone)	•	•						
Integred			•	•	•	•	•	•
Incoer Switching Type								
Tripping Load break switch	•	•				•		
Static transfer switch STATYS				•	•			
Automatic transfer switch ATYS M			•				•	•
Integred UPS								
Uninterruptible power supply (UPS) MODULYS or NETYS RT						•	•	•
Distribution								
TN-S		•	•	•	•	•	•	•
IT-M (ISOM K-40h)	•	•	•	•	•	•	•	•
Remote Alarm Panel								
Alarm visualisation ISOM D-15h	•	•	•	•	•	•	•	•
Options								
Surge protection device (SURGYS D-40)	•	•	•	•	•	•	•	•
Earth fault location device ISOM Digivare	Consult us	Consult us	•	•	•	•	•	•
Dimensions								
H x W x D (mm)	630 x 403 x 129		1800 x 400 x 400	2000 x 800 x 800		2200 x 800 x 800		

Figur 20: Socomec katalog 2019 - Oversikt over de fire medisinske IT-tavlene med åtte forskjellige konfigurasjoner som Socomec har på markedet

MEDSYS 40 A kommer også med tilsvarende tilleggskomponentene som Noratel sine tavler gjør. Det som skiller Socomec sine tavler fra Noratel sine er benyttelsen av static transfer switch (STS) istedenfor automatic transfer switch (ATS).



IMED Secure® SwitchoverUnit SU-0109

This module provides following functions:

Automatic switchover unit to ensure a redundant power supply. In total 3 supply lines can be configured. If the main line fails the unit automatically switches to an alternative supply line within less than 0,5 s. Before switching back to the main line the SwitchoverUnit verifies, if it is stable again.

Figur 21: Noratel sin ATS bryter

STS bruker en statisk elektronisk komponent, som tillater en overføring på mindre enn 4ms. En ATS på den andre siden, er avhengig av bevegelige deler og gjør en betydelig langsommere overføring enn STS [27]. På grunn av dette anbefaler prosjektgruppen å ta i bruk MEDSYS 40 A fra Socomec.

12 Ledningssystemer

12.1 Halogenfri og funksjonssikker kabler

Mineralisolerte, også kalt halogenfrie kabler, er kabler som ikke avgir giftige gasser under brann. Plastmaterialet som tas i bruk for isolasjon inneholder ikke klorforbindelser som ved forbrenning vil kunne danne 'saltsyre' ved kontakt med vann [28]. Det tas mer og mer i bruk slike halogenfrie kabler i anlegg der hvor skadelige gasser kan skade mennesker og natur, og der hvor tett røyk kan skape oppstandelser, for eksempel tilfluktsveier. Dersom en kabel er halogenfri, betyr ikke det automatisk at kabel er funksjonssikker. Funksjonssikker kabel er brannresistent. Disse kablene er ofte halogenfrie (røyksvak) i tillegg til å være brannresistente, se vedlegg 11. Hvis det ikke skal anvendes funksjonssikre kabler for utsatte anlegg, må det dokumenteres at ledningssystemet er tilstrekkelig sikret mot brann.

12.2 Brannklassifisering (CPR)

01.07.2017 kom den europeiske byggvareforordningen (CPR) med nye retningslinjer for brannegenskapene til kabler. Hensikten med denne klassifiseringen er å gi en enhetlig og harmonisert reglement for brannklassifisering i Europa [29]. Det medfører like testmetoder av tredje parts laboratorier og lik standard (EN-standard) for klassifisering [29]. Regelverket omfatter [29]:

- Installasjonskabler
- Kraftkabler
- Tele/datakabel
- Optiske kabler
- Styringskabler

Det er produsentene som har ansvar for testing og klassifisering. Produktene blir CE-merket etter testing av tredje part [30]. Det er kunden (ingeniører, rådgivere og installatører) sitt ansvar å velge riktig kabel som oppfyller kravene for gjeldende installasjon fastsatt i NEK 400:2018.

NK 64 (komite) og NEK 400:2018-422.2.1.4 tar hensyn til brannkravene fra CPR og skriver at ledningssystemer for nødstrømkurser skal ha en brannmotstand iht. NEK IEC 60331-11, NEK IEC 60331-21, NEK IEC 60331-23 eller NEK IEC 60331-25.

12.3 Brannkrav for nødstrømsystem

Fra *NEK 400:2018-5-56.560.8* står de generelle anordninger som gjelder ledningssystemer for nødstrøminstallasjoner. Ett eller flere av følgende ledningssystemer skal anordnes for nødstrømsystemer som skal fungere under en brann [6]:

- *Mineraliserte kabler i samsvar med NEK EN 60702-1 og NEK EN 60702-2 eller*
- *Brannhemmende kabler i samsvar med relevante deler av NEK EN 50200 og med NEK EN 60332-1-2, eller*
- *Et ledningssystem som opprettholder den nødvendige beskyttelsen mot brann og mekanisk skade*

Hvis det kan dokumenteres at ledningssystemet opprettholder den nødvendige beskyttelsen som behøves under brann, behøves det ikke å ta i bruk funksjonssikker kabling [6].

12.4 Valg av kabling for nødstrømsystem

TEK 17 § 11-10 sier at «*installasjoner som er forutsatt å ha en funksjon under brann, skal være prosjektert og utført slik at deres funksjon opprettholdes i den tid som er nødvendig*» [31].

Installasjoner som skal være i funksjon under brann skal kunne være operativ i minst 30 minutter for byggverk i brannklasse 1 og 60 minutter i brannklasse 2 og 3 [31]. Nødstrøminstallasjoner kan klassifiseres som en installasjon som skal ha en funksjon under brann. Nødstrømsystemet for sykehuset vurderes av prosjektgruppen til å ikke gå inn under en slik klassifisering. Oppstår det en brann skal evakuering foregå snarest mulig. Det skal ikke være nødvendig for operasjonssaler å opprettholde driftssikkerhet under brann. For å gi tilstrekkelig beskyttelse mot brann, bør det utformes et automatisk sprinkleranlegg langs ledningssystemene. Automatisk sprinkleranlegg langs føringsveier for kabling kan dokumenteres som «*et ledningssystem som opprettholder tilstrekkelig sikkerhet*». Det er i praksis det beste kompensierende tiltaket for beskyttelse mot brann og vil i de fleste tilfeller være godt nok.

Hvis det er ønskelig med ekstra sikkerhet rundt ledningssystemer for nødstrømkurser, kan funksjonssikker kabling (brannresistent, røyksvak og halogenfri) tas i bruk etter UPS 'ene. Det kan gjøres i kombinasjon med automatisk sprinkleranlegg, eller uten automatisk sprinkleranlegg (sett bort i fra rømningsveier). Hvis funksjonssikker kabling er ønskelig, anbefaler prosjektgruppen å ta i bruk Nexans BFSI/BFXI 0.6/1kV kabler. Det er en halogenfri og funksjonssikker utgave av PFSP 0.6/1kV kabelen. Kabelen er ifølge datablad funksjonssikker i 90 minutter. Det oppfyller krav fastsatt i TEK 17 §11-10. Den leveres med 2-4 ledere og ledertverrsnitt fra 1,5mm² – 150mm². Se vedlegg 11 for mer informasjon om BFSI kabel. Funksjonssikker kabel er vesentlig dyrere enn ordinære installasjonskabler. Fra et økonomisk perspektiv, vil den mest aktuelle løsningen være å ta i bruk ordinære installasjonskabler i kombinasjon med automatisk sprinkleranlegg langs ledningssystemet. Innad i operasjonssalene bør ledningssystemet ikke utformes med automatisk sprinkleranlegg. Dermed bør det anvendes funksjonssikker og halogenfri kabling i operasjonssalene.

12.5 Sprinkleranlegg langs rømningsveier

For nye Førde sentralsykehus betegnes korridorene i operasjonsfløyen som rømningsveier. I henhold til NEK 400:2018-422 skal ledningssystemer ikke føres langs rømningsveier med mindre kabling er beskyttet i kapsling eller er avskjermet [32]. NEK 400:2018-422 krever blant annet at *«ledningssystemer ikke skal være innen rekkevidde med mindre de er beskyttet mot mekanisk skade som kan oppstå ved evakuering»* [32]. Et annet nøkkelord er brannenergi.

Ledningssystemer og kabling har en individuell representasjon av brannenergi per løpemeter. NEK 400:2018-4-42.422.2.2.4 krever maks 50 MJ per løpemeter rømningsvei [32].

For å tilfredsstille overnevnte krav skal ledningssystemer føres langs kabelbroer over himling. Der hvor kabler må legges i rømningsveier hvor ledningssystemet kan utsettes for ytre påvirkninger, må ledningssystemet legges i kapsling eller avskjermes ved hjelp av kanaler. For å oppfylle krav om maks 50 MJ per løpemeter rømningsvei må føringsveiene for ledningssystem utformes med automatisk sprinkleranlegg. Da kan man se vekk ifra krav om brannenergi [32].

13 Føringsveier

For å fastslå føringsveier må prosjektgruppen gå ut ifra de plantegningene som er blitt gitt. I hovedsak vil kabling legges på kabelstiger over himling, langs korridorer i bygget. Det er ikke mulig å fastslå eksakt hvor mange kabler som ligger totalt med 'våre' kabler ute i anlegget. Det kan by på utfordringer da vi ikke kan fastslå reell verdi for gruppereduksjonsfaktor. For å komme rundt dette problemet, vil det i Febdok bli lagt inn en 'annen korreksjonsfaktor' på 0,8. Det er en sikkerhetsmargin for uforutsette utvidelser og sikkerhetstiltak der hvor avstand mellom kabler kan være vanskelig å få til i praksis. For føringsveier der hvor en eller flere referanseinstallasjonsmetoder blir bukt, vil referanseinstallasjonsmetoden (R.I.M) med lavest strømføringsevne bli tatt i bruk under beregninger.

Når det velges ledningssystemer og sikringer legges krav 1 og 2 fra NEK 400: 2018-5-533 til grunn [33]:

$$I_b < I_N < I_Z$$

$$I_2 < 1,45 * I_Z$$

Krav 1 presiserer at:

Total belastningsstrøm < vernets merkestrøm < kabelens strømføringsevne.

Belastningsstrøm settes i denne rapporten til \approx vernets merkestrøm da prosjektgruppen ikke har tilgang til belastningsdata.

Krav 2 presiserer at vernets I_2 verdi skal være mindre enn hva kabel tåler av termisk last. I_2 – *øvre (største) prøvestrøm, den minste strømmen som garanterer at vernet løser ut innen en bestemt tid (normalt en time)* [34]. Normalt ligger I_2 verdien for vern på mellom 1,2-1,6. Lavere for nyere effektbrytere og automatsikringer, og høyere for eldre smeltesikringer. Det betyr at så lenge vern med I_2 verdi mindre enn 1,45 anvendes, vil krav 2 være oppfylt.

13.1 Fra nettransformator til hovedsentral:

Skal det anvendes 4 leder (3+N) strømskinner av typen KTA 25 4P, produsert av Canalis. Både horisontal og vertikal forlegning blir akseptert med tanke på strømføringssevne og spenningsfall. Strømskinnen skal føres for seg selv, med god avstand til nærliggende kabler og kabelbroer med en omgivelsestemperatur på maksimalt 35°C. R.I.M S.

Disse parameterne gir en strømføringssevne på 2500A. Total belastningsstrøm for somatisk bygg settes til $\approx 1200\text{kW} \approx 1925\text{A}$. Kabel sikres med 2000A effektbryter. Da er krav 1 oppfylt.

13.2 Fra hovedsentral til UPS:

I bypasskurs anvendes 4 leder (3+N) strømskinner av typen KTA 16 4P (grunnet tåleevne, se kapittel 14.2), mens i kurs til likeretter anvendes KTA 12 4P, begge produsert av Canalis. Både horisontal og vertikal forlegning er akseptert med tanke på strømføringssevne og spenningsfall. Strømskinner skal føres for seg selv med god avstand til nærliggende kabler og kabelbroer med en omgivelsestemperatur på maksimalt 35°C. R.I.M S.

Disse parameterne gir en strømføringssevne på 1600A og 1200A. Total belastning på $\approx 500\text{ kW} \approx 722\text{A}$. Kabling sikres med 1000A effektbryter. Effektbryter skal kun bryte fasene (L1, L2, L3). Krav 1 er oppfylt.

13.3 Fra generatorene gjennom transformator og til hovedsentral:

Generatorene er plassert i generatorbygget. Her ifra skal kabling legges i bakken frem til somatikkbygg hvor gjeldende transformator er plassert. R.I.M D1 (kabler i rør). Fra transformator til hovedsentral i somatikkbygg skal enleder kabler legges på kabelbro med en avstand lik ytre diameter på kabel (R.I.M G).

13.4 Fra UPS til UPS sentral:

Ut fra UPS'ene starter klassifisering av installasjon som nødstrømskurs. I denne rapporten utføres beregninger med funksjonssikker kabling. Vi nevner igjen at ordinære kabler kan anvendes sammen med automatisk sprinkleranlegg.

Funksjonssikker enleder kabel av typen TFSI 5G300mm² Cu (L1, L2, L3, N, PE) forlegges på kabelstige med avstand mellom kabler minimum lik ytre diameter på forlagt kabel.

Omgivelsestemperatur på maksimalt 30°C. Horisontal og vertikal forlegning er akseptert med tanke på strømføringssevne og spenningsfall. R.I.M G (enleder i luft adskilt).

Disse parameterne gir en strømføringssevne for henholdsvis horisontal og vertikal forlegning på 902A og 833A. Total belastning på $\approx 500 \text{ kW} \approx 722\text{A}$. Kabel sikres med 800A vern. Vern skal bryte fasene (L1, L2, L3) og nøytralleder. Krav 1 er oppfylt.

13.5 Fra UPS sentral til underfordelinger:

Funksjonssikker flerleder kabel av typen BFSI 4×70/35mm² Cu (L1, L2, L3, N, PE), forlegges på kabelstiger. Det skal påsees at ledningssystemer for nødstrømkurser legges på kabelstiger tiltenkt for nødstrømkurser med maksimalt åtte parallelle kurser for å opprettholde god strømføringssevne. Nye kabler skal ikke legges på stige i ettertid av prosjektering. Dermed kan ‘*annen korreksjonsfaktor*’ settes til 1, og kabler kan legges inntil hverandre. Omgivelsestemperatur på maksimalt 35°C. R.I.M E (flerleder kabel i luft, uten avstand).

Mellom etasjer skal kabler føres i tiltenkte sjakter for elektriske kabler R.I.M B2 (flerleder i rør). Mellom etasjer skal det tettes med brannresistent fugemasse for å opprettholde brannhemmende egenskaper. Siden kabelstrek i rør mellom etasjer er såpass korte, kan man se bort ifra denne referanseinstallasjonsmetoden ved beregninger. Man anvender derfor R.I.M E.

Disse parameterne gir en strømføringssevne på $\approx 184\text{A}$. Kurs sikres i nødstrømhovedfordeling med 160A effektbryter med allpolig brudd (L1, L2, L3, N). I underfordelingen sikres inntakskabel med lastskillebryter (servicebryter) for enkel betjening under vedlikehold og service. Krav 1 er oppfylt.

13.6 Fra underfordeling til IT-tavle:

Funksjonssikker flerleder kabel av typen BFXI 3G16mm² (fase, N, PE), skal forlegges på kabelstiger. Hovedparten av kabelstrekket legges over takhimling i korridor. Området over takhimling vil bli en travel føringsvei for både elektriske kabler, ventilasjon og vannrør. Det er ofte trangt og liten plass for ledningssystemer og komponenter. Prosjektgruppen setter derfor ikke krav til avstand mellom kabler på kabelstige. Verdi for ‘*annen korreksjonsfaktor*’ settes dog til 0,8 som et sikkerhetstiltak for uforutsette utvidelser, og beregninger utføres med hensyn på at det legges 8 parallelle kurser på stige. Omgivelsestemperatur på maksimalt 30°C. R.I.M E (flerleder kabel i luft, uten avstand).

For gruppe 2 rom har prosjektgruppen kommet frem til at det skal anvendes 10 kVA skilletransformator for IT-tavler. Se begrunnelser i vedlegg 5, som er hentet fra rapporten ‘*rehabilitering av Førde sykehus*’. For 10 kVA transformatorer med $\cos \phi$ på +/- 0,95 gir det en maks belastningsstrøm på +/- 45A. Grunnet krav fra *EN 61558-2-15* som sier at transformator skal kunne tåle overlast på 50 % i 30 min, må forankoblet vern og kabel dimensjoneres under samme krav og tåle 50 % overlast i 30 min. 50 % overlast av 45A = 67,5A. For vårt tilfelle er det tilstrekkelig å sikre med 63A sikring.

Disse parameterne gir strømføringssevne på 71,8A. Kurs sikres i underfordeling med 63A sikringsautomat u/jordfeilbryter (allpolig brudd) med overvåkning og varsling for jordfeil, i henhold til NEK 400:2018-7-710. I IT-tavle sikres inntakskabel med lastskillebryter (servicebryter) for enkel betjening under vedlikehold og service. Krav 1 er oppfylt.

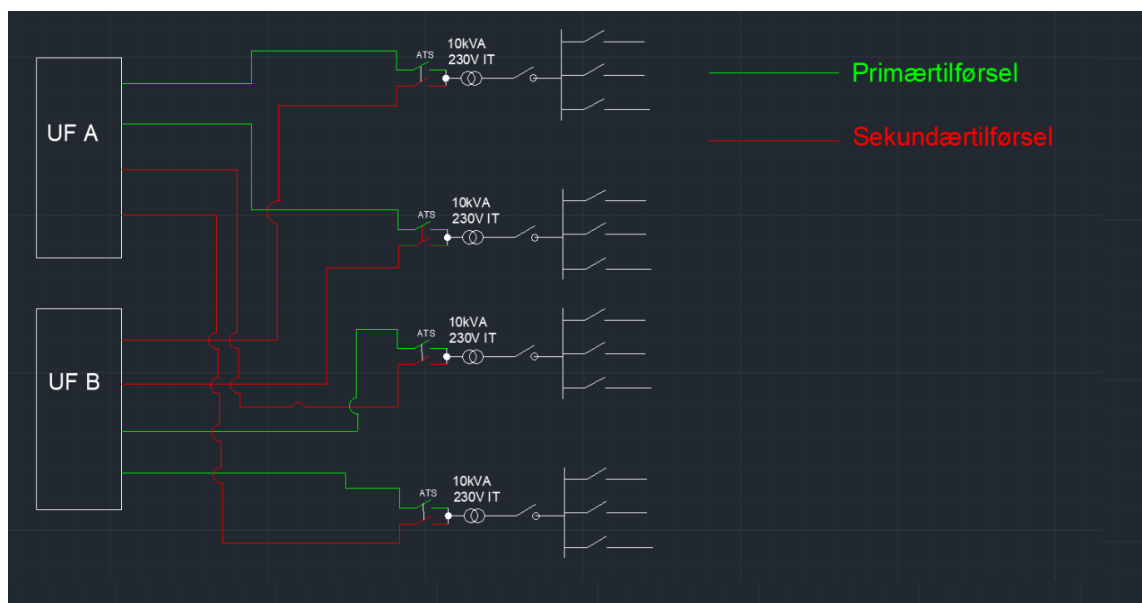
13.7 Pålitelig forsyningsmetode for gruppe 2 rom

For å redusere konsekvens av kabelhavari og kortslutninger, skal nødstrømkabling (primær og sekundærtilførsel) tiltenkt samme gruppe 2 rom forlegges med en fysisk distanse mellom seg hele veien fra UPS'er og frem til IT-tavle. Dette gjøres slik at eventuelle feil på en tilførsel ikke skal kunne gå utover den andre tilførselen.

Det anbefales derfor at det anvendes to ‘nødstrømunderfordelinger’ for operasjonsfløy. For eksempel vil primærtilførsel fra UPS A føres i sjakt til underfordeling A, mens sekundærtilførsel føres fra UPS B til underfordeling B. For å unngå en rein ‘primærtilførsel UF’ og ‘sekundærtilførsel UF’ som i normal driftstilstand vil føre til høy belastning i den ene underfordelingen, skal underfordelingene forsyne 50/50, se figur 23. Det vil si at fire primærtilførsler og sekundærtilførsler hentes fra både underfordeling A og underfordeling B. I normal driftstilstand vil lasten fordele seg likt over begge underfordelinger. Det må allikevel dimensjoneres slik at en underfordeling kan forsyne alle åtte operasjonssalene.



Figur 22: Plantegning av operasjonsfløy med indikasjon for underfordelinger markert i rødt



Figur 23: Prinsippskisse for primær og sekundærtilførsler til IT-tavler (tegnet fire av åtte)

13.8 Spenningsfall

FEL § 27 sier at «Anlegget skal være planlagt og utført slik at spenningsfall i anlegget ikke er til hinder for at utstyret får den spenningen det er beregnet for» [4]. Utstyr har ofte en spenningsgrense som beskriver minimumspenning som må tilføres for at utstyr skal fungere, samt maksimumspenning før utstyr kan ta skade. *NEK 400:2018 tabell 52F-1* anbefaler maksimalt spenningsfall på 3% for belysningskurser, og 5% for annet bruk for lavspenningsinstallasjoner [19]. Krav kontrolleres ved hjelp av Febdok, men følgende formler for spenningsfall kan anvendes:

$$\Delta U = \frac{I * \rho * l * 2 * \cos \varphi}{A} \text{ (enfase)}$$

$$\Delta U = \frac{\sqrt{3} * I * \rho * l * \cos \varphi}{A} \text{ (trefase)}$$

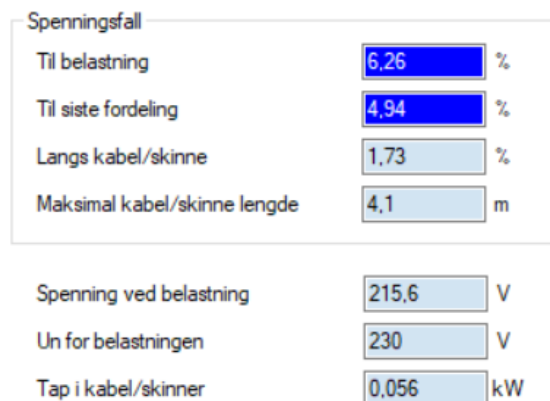
- I = belastningsstrøm
- l = kabellengde
- A = ledertverrsnitt
- ρ = resistivitet ($0,0175\Omega * mm^2/m$ for Cu og $0,03\Omega * mm^2/m$ for Al)

Da prosjektgruppen dimensjonerte kabling med tanke på spenningsfall, gikk det greit frem til skilletransformator for IT-tavler. Det vil si at spenningsfallet langs kabling og skinner var lavt nok til at det ikke vil føre til høyt spenningsfall over siste belastningspunkt. Spenningsfallet lå stabilt på 0,7% – 1,7% for de ledningssystemer som ble prøvd frem til skilletransformator.

Skilletransformatoren som har blitt tatt i bruk for beregninger har et spenningsfall over seg på 3,89%. Det er mye med tanke på anbefalingene fra *NEK 400:2018 tabell 52F-1*. Ut ifra datablad for skilletransformator, er forholdstallet mellom inputspenning og outputspenning 0,987. Man kan derfor legge til 3V på utgangsspenning under beregninger. Det medfører at spenningsfall langs kabling og over skilletransformator frem til fordeling (IT-tavlen) blir 4,53% (se figur 24). Fra figur 24, ser man at spenningsfall frem til transformator er på 1,55%. Frem til utstyr innad i operasjonssaler, har prosjektgruppen dimensjonert med 15 meter lengde på kabel. Det er da tatt i bruk BFSI 2×2,5mm² forlagt etter referanseinstallasjonsmetode B2. Det gir totalt spenningsfall på 6,26% over belastning ≈ 219V (Figur 24). Det er over anbefalt grenseverdi for spenningsfall, men vil i praksis ikke ha negativ innvirkning på installasjonen eller tilkoblet utstyr.



Figur 24: Spenningsfall frem til IT-tavle (4,53%), fra IT-tavle til utstyr (1,55%) og over transformator (3,89%)



Figur 25: Spenningsfall over belastning (6,26%) med 15m kabelstrekk fra IT-tavle

Det har i Febdok blitt valgt kabellengder ut ifra plantegninger. Kabellengder som har blitt brukt for beregninger kan variere fra reelle kabellengder. For lengre strekk med kabling vil spenningsfall øke, og for kortere strekk vil spenningsfall minske. Spenningsfall kan reduseres ved å øke ledertverrsnitt. Prosjektgruppen prøvde dette, men reduksjon i spenningsfall over ledningssystemer ble minimal, da største spenningsfall forekommer over 10kVA transformatorene. Økning i ledertverrsnitt lønner seg ikke fra et økonomisk perspektiv med tanke på hvor liten innvirkning det har på det totale spenningsfallet.

14 Sikring av last

Sikringsleverandør for nye Førde sentralsykehus er Schneider. Det er vesentlig at alle vern som skal tas i bruk i installasjonen er fra samme produsent. NK64 (komite i NEK) setter ikke krav til dette, men det er anbefalt for å kunne dokumentere *selektivitet*, se kapittel 14.4.

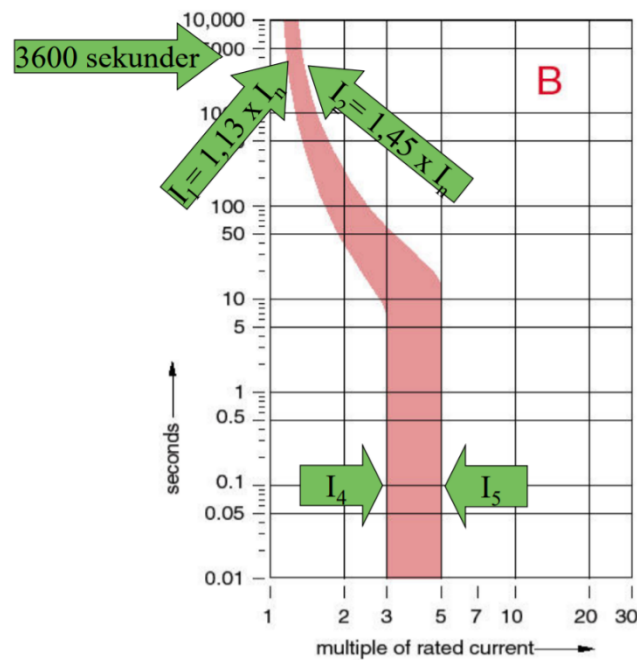
Hovedoppgaven til sikringer er å beskytte etterfølgende kabling og utstyr mot overbelastning og kortslutningsstrømmer som kan føre til brann og/eller ødelagt utstyr. Det er da fire hovedkriterier prosjektgruppen tar hensyn til:

- Overbelastning (se kapittel 13)
- Kortslutningsstrømmer
- Gjennomsluppet energi og tåleevne
- Selektivitet

14.1 Kortslutningsbeskyttelse

For TN-S system leveres generelt største kortslutningsstrøm ($I_{k3p}maks$) og minste kortslutningsstrøm ($I_{k2p}min$ eller $I_{k1p}min$, enpolt jordslutning) fra høyspentnettet. Når det er UPS'er og generator i installasjonen leverer de egne kortslutningsstrømmer når de er i drift. Se kapittel 15.2.

Å beskytte ytterste del av installasjonen for minste kortslutningsstrøm gjøres ved å anvende automatsikringer som garanterer elektromagnetisk utkobling innen 0,1 sekunder, skulle kortslutning oppstå. Tar man utgangspunkt i automatsikringer og effektbrytere, har de en I_5 karakteristikk som omhandler kortslutningsbeskyttelse [34]. I figur 26 kan man se at I_5 verdien for en B-automatsikring er $5 \times I_n$. Det vil si at for kortslutningsstrømmer over $5 \times I_n$ garanterer sikringsleverandør for momentan utkobling (innen 0,1 sekunder). Dette vernet har også en I_2 verdi på $1,45 \times I_n$, som betyr at vernet tåler termisk overbelastning på $1,45 \times I_n$ opptil en time.



Figur 26: Karakteristiske egenskaper for B-automatsikring, bilde hentet fra standard.no [35]

Standard elektromagnetisk utløserkarakteristikk for automatsikringer, I_5 verdier [34]:

- A-automat: $3 \times I_n$
- B-automat: $5 \times I_n$
- C-automat: $10 \times I_n$
- D-automat: $20 \times I_n$
- K-automat: $12 \times I_n$
- Z-automat: $3 \times I_n$

$I_5 <$ minste kortslutningsstrøm. « I_5 – minste kortslutningsstrøm som garanterer elektromagnetisk utkobling ($< 0,1$ sekunder)» [34]. Det er viktig at alle strømkilder klarer å levere store nok kortslutningsstrømmer slik at også automatsikringene lengst ute i installasjonen løser seg ut ved kortslutning. Lange kabelstrek og skilletransformatorer i kretsen vil ha dempeegenskaper på kortslutningsstrømmene. Automatsikringer har faste karakteristiske verdier og er ikke innstillbare.

NEK 400:2018 krever at kortslutningsstrømmen i alle aktuelle punkter i installasjonen skal beregnes, eller måles. Vern som benyttes i et hvert punkt i installasjonen skal ha minst tilsvarende verdi for de maksimale kortslutningsstrømmene som kan oppstå på montasjestedet [34].

Backupbeskyttelse, også kalt kaskadekobling, kan aksepteres som god nok beskyttelse.

Kaskadekobling vil si at et forankoblet vern sørger for utkobling eller strømbegrensning ved kortslutningsstrømmer som overstiger bryterevnen til det aktuelle vernet nedstrøms [34]. Under dimensjonering vil prosjektgruppen prøve å dokumentere kortslutningsbeskyttelse uten å måtte ta i bruk kaskadebeskyttelse.

Ved direkte kortslutning mellom alle fasene ($I_{k3p}maks$) vil feilkretsen som oftest ha liten impedans, og den maksimale teoretiske kortslutningsstrømmen får sin høyeste verdi [34].

Kortslutningen vil være størst dersom spenningen i nettet er 5 % høyere enn nominell verdi og den inntreffer under lav belastning av kurs [34]. For å beskytte installasjonen mot største kortslutningsstrøm, må vern med høyere bryterevne enn $I_{k3p}maks$ velges. Bryterevnen til vernene må samsvare med krav fastsatt i enten IEC 60947-2 (effektbrytere, motorvern brytere, industri) eller IEC 60898 (vern opp til 125A). Forskjellen på normene er om utstyr er beregnet for bruk av sakkyndig, eller ikke-sakkyndig personell. I datablad for vern spesifiserer leverandøren maks bryterevne til vern under forskjellige spenningsforhold. Tre benevninger gis i datablad [34]:

- I_{cs} = (service bryterevne) (sakkyndig og ikke-sakkyndig) Kortslutningsstrøm som bryter tåler gjentatte ganger
- I_{cu} = Ultima bryterevne (sakkyndig) Maksimal kortslutningsstrøm som bryteren kan belastes med en gang
- I_{cn} = Nominell bryterevne (ikke-sakkyndig) maksimal kortslutningsstrøm som bryteren kan belastes med en gang

14.2 Gjennomsluppet energi/tåleevne:

Hvis kortslutning skulle forekomme må vern bryte strømmen før skade på kabel oppstår. Vernet må løse ut innen [34]:

$$t = \frac{K^2 * S^2}{I_k^2}$$

- K = konstant, avhengig av ledemateriale og isolasjon
- S = ledertverrsnitt
- I_k = kortslutningsstrøm

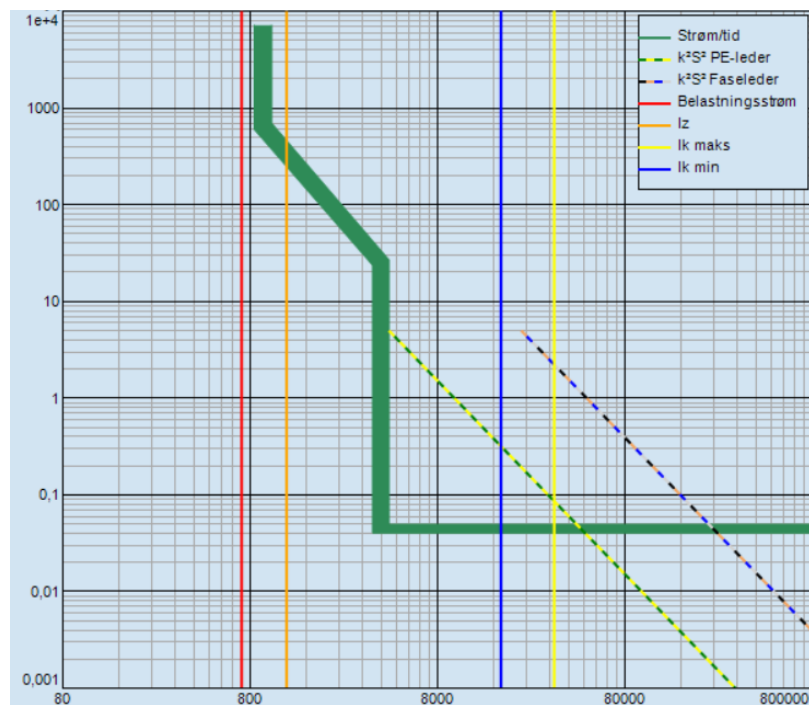
Kabler har en maksimal grensetemperatur den tåler før vedvarende skade vil oppstå på kabel. Overstiges denne temperaturen kan det føre til svidde og ødelagte kabler, og i verste fall brann. Forankoblet verns gjennomsluppet energi må kontrolleres, og dokumenteres til å være lavere enn det etterfølgende kabling tåler. Det er derfor viktig, spesielt hvis det tas i bruk tidsforsinkede vern, å kontrollere gjennomsluppet energi. Hvis ikke kan de høye termiske kreftene som en kortslutning medfører føre til skade på kabling. Er utkoblingstid over 0,1 sekunder, må vernets gjennomsluppet energi kontrolleres [34].

Vernets gjennomsluppet energi < energien kabelen tåler [34]:

$$I^2 t < K^2 * S^2$$

14.3 Effektbryter

Effektbrytere har mange av de samme egenskapene som automatsikringer har. De er dimensjonert for å bryte veldig høye kortslutningsstrømmer elektromagnetisk, samtidig som de gir termisk overbelastningsbeskyttelse [36]. De fleste effektbrytere er i dag innstillbare. Man kan endre på både termisk utløserenhet og den magnetiske hurtigutløserenheten. Termisk utløserenhet kan ofte endres i rommet fra $0,36 \times I_n - 1 \times I_n$ for elektroniske vern [37]. Man endrer på termisk utløserenhet for å sette merkestrømverdien til vernet nærmere den faktiske belastningsstrømmen for kursen. Ved bruk av effektbrytere i komplekse fordelingsanlegg bør også den elektromagnetiske hurtigutløseren være innstillbar [36]. Dette for å oppnå en kombinasjon av både kortslutningsbeskyttelse og selektivitet.



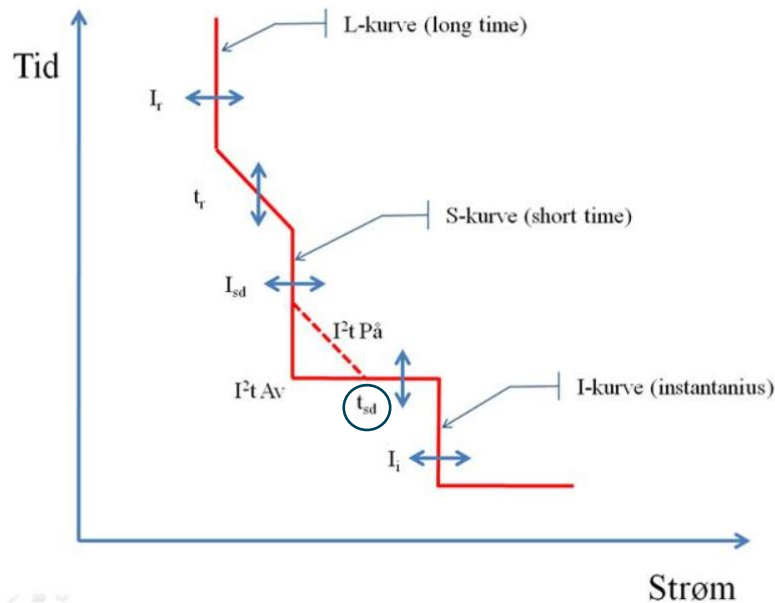
Figur 27: Utklipp fra Febdok. Strøm/tid kurve (x-akse = strøm, y-akse = sekunder) med karakteristikk for elektronisk standard effektbryter NS800N

Ut ifra Febdok er alle elektroniske effektbrytere justerbare i henhold til leverandørens justeringssystem [38]. Det finnes normalt følgende justeringsbegreper for elektroniske vern i Febdok [38]:

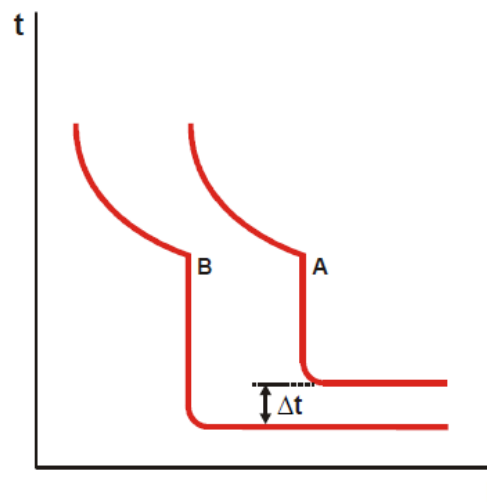
- Termisk justering (overbelastning) (L-long time)
- Korttidsjustering (kortslutning) (I_{sd}) (S-short time)
- Momentan justering (kortslutning) (I-instantaneous)

For elektroniske tidsforsinkede effektbrytere er disse justeringsbegrepene tilgjengelig, i tillegg til tidsforsinkelse for korttidsjustering (t_{sd}), se figur 28. Tidsforsinkelse for korttidsjustering av elektromagnetisk utkobling er begrenset til 0,4 sekunder. Man kan forsinke utløsningen trinnvis:

- 50ms (momentan)
- 100ms
- 200ms
- 100ms
- 400ms



Figur 28: Tid/strøm kurve som viser justerbare karakteristikk på en elektronisk tidsforsinket effektbryters kurve hentet fra Febdok [38]



Figur 29: Bryterkarakteristikk med tidsforsinkelse (tsd) for elektromagnetisk utløsning i bryter A [39]

Elektronisk tidsforsinkede effektbrytere tas i bruk der hvor det er vanskelig å oppnå selektivitet ved kortslutninger. Da slår man av momentan elektromagnetisk utkobling (I-kurve på figur 28). Det er som nevnt tidligere i rapporten viktig å kontrollere gjennomsluppet energi og tåleevne hvis tidsforsinkelse tas i bruk.

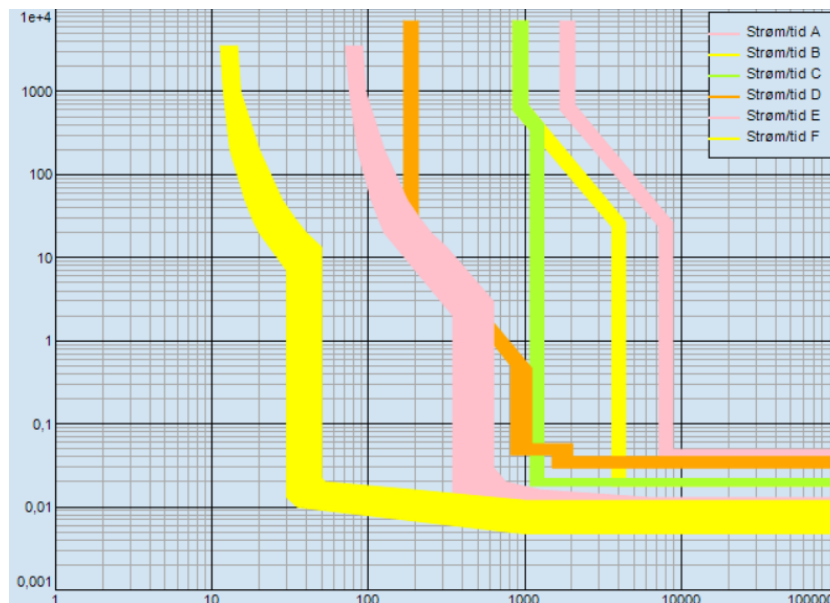
14.4 Selektivitet

For at en elektrisk installasjon skal kunne betraktes som trygg, bør selektivitet oppnås.

Selektivitet vil si at kun nærmeste vern oppstrøms i radial der hvor feil inntreffer løser ut [34].

Feilårsaker som kan oppstå og som vil påvirke selektiviteten i installasjonen er overbelastning, jordslutning og kortslutninger [34]. Det skal etter beste evne oppnås selektivitet for alle elektriske installasjoner i dag. Med selektivitet i anlegget vil 'friske' områder i installasjonen ikke bli påvirket av feil som har inntruffet i en annen del av anlegget. Dersom anlegget ikke er selektivt kan områder, avdelinger og bygg der hvor den elektriske installasjonen fungerer bra bli påvirket, og strømmen kan forsvinne. For et sykehusanlegg kan det få store konsekvenser.

Når man har valgt vern som beskytter anlegget mot overbelastning og kortslutning kan man utføre selektivitetsanalyser. Fra figur 30 kan man se at selv om alle krav til valg av vern er oppfylt, og anlegget er kortslutningssikkert, betyr ikke det automatisk at anlegget er selektivt.



Figur 30: Eksempel fra Febdok hvor vern i radial er overbelastning og kortslutningssikre, men ikke selektivt (x-akse = strøm, y-akse = tid)

For komplekse installasjoner er det derfor ønskelig å ta i bruk elektronisk tidsforsinkede effektbrytere hvor man kan justere på utløserverdier. Dermed kan man endre på utløserkarakteristikken til hver enkel effektbryter slik at vern koordineres, og selektivitet oppnås opp til visse strømgrenser.

15 Sikring av UPS 'ene

15.1 Overbelastning

I sykehusets installasjon har prosjektgruppen valgt å forsyne statisk switch med egen tilførsel til hver av UPS'ene. Disse forsyningene må sikres, så vel som utgangskabel fra UPS og tilførsel til likeretter. Selv om det er to UPS'er med en størrelse på 500 kVA hver, vil maks belastning for nødstrømskursene ikke overstige 500 kVA. Dette gjøres for at nødstrømanlegget skal kunne driftes selv om kun én UPS er tilgjengelig. Under normal nødstrømsforsyning blir lasten fordelt likt mellom begge UPS'ene. Kabling og vern må allikevel dimensjoneres med hensyn på at én UPS skal kunne ta over hele lasten.

$$I_b = \frac{P}{\sqrt{3} \times U \times \cos\varphi} = \frac{500 \text{ kVA}}{\sqrt{3} \times 400V \times 0,999} \approx 722 \text{ A}$$

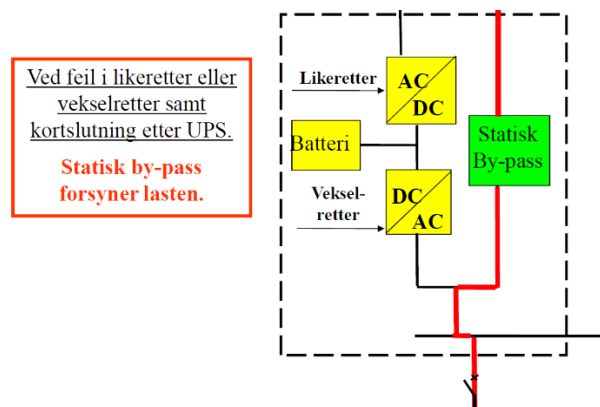
Det er og slik at UPS'ene bør kunne yte 120-150% av nominell last i opptil 30 minutter. Det må dermed påsees at tilhørende kabling og vern ikke tar skade, eller slår seg ut, dersom UPS'ene yter 150%. Krav 2 fra NEK 400:2018-5-533 håndterer den problemstillingen. I_2 verdi for vern beskriver hvor mye termisk overlast vernet tåler i en time før det løser ut. Kabling er blitt dimensjonert etter det kravet, se kapittel 13. Dermed vil det være trygt om UPS yter 120-150% i opptil 30 minutter, så lenge parametere fra kapittel 13 blir opprettholdt.

15.2 Kortslutningsytelse fra UPS

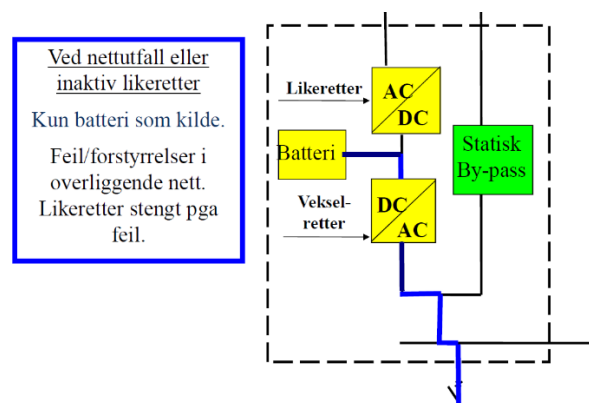
«Kortslutningsytelsen på UPS er en faktor av nominell utgangsstrøm som funksjon av tid» [12]. Normalt vil kortslutningsytelsen være på $7-10 \times I_n$ opp til 1,2 ms og $2-4 \times I_n$ mellom 1,2-100 ms. Det er verdi for 1,2-100 ms som er UPS'er sin reelle ytelse og skal anvendes ved beregninger [12]. Nedstrøms sikringer skal være kortslutningssikre uavhengig av hvilket forsyningssystem som er i drift. Er nettspenning tilgjengelig eller om anlegget forsynes av generatorene, er I_{kmin} og I_{kmax} bestemt av kortslutningsytelsen fra høyspentnettet eller generatorene, sikring på UPS sin bypasskrets og underfordelinger videre ned i radial [12]. Dette er fordi at ved en kortslutning nedstrøms av UPS anlegget vil UPS'ene automatisk gå over i bypass for å benytte seg av de høye kortslutningsstrømmene fra strømkilden/e. Kortslutningsberegninger baseres da på kurssikringenes karakteristikk og bypasskretsens gjennomsluppet energi [12].

Under batteridrift er det ytelsen til vekslersretteren og utgangsfileret som spiller en rolle for UPS'ene sine interne kortslutningsverdier [12]. Anlegget må dimensjoneres slik at nedstrøms kurssikringer løser ut ved kortslutningsstrømmen gitt av UPS. Dersom sikringer ikke slår ut på kortslutningsstrømmen vil UPS registrere det som en overbelastning og legge hele anlegget nedstrøms død [12]. UPS'er må sees på som en strømkilde og ikke spenningskilde. Når UPS'ene leverer kortslutningsstrømmer går spenning mot null, slik at det leveres kortslutningsstrøm stor nok til å løse ut vern nedstrøms. Vanligvis ligger verdi for levert kortslutningsstrøm på $2-4 \times I_n$. For Delphys GP 2.0 500 kVA er det oppgitt $3,4 \times I_n$, se vedlegg 6 for datablad.

For å simplificere kan man tenke seg at de mest kritiske kortslutningsstrømmene i anlegget er $I_{k3p} maks$ fra høyspentnettet og generator, og kortslutningsytelse fra UPS'er ($I_{k min}$). I febdokberegninger tas det hensyn til alle teoretiske kortslutningsstrømmer som kan oppstå i anlegget.



Figur 31: Kortslutningsytelse fra nett/generator via bypasskrets [39]



Figur 32: Kortslutningsytelse fra batteribank [39]

15.3 Tåleevne og gjennomsluppet energi UPS

På samme måte som sikringer og kabler har UPS'er, eller nærmere bestemt tyristorene i den statiske switchen en grense for gjennomsluppet energi, og hvor lenge den kan tåle denne energien før interne komponenter tar skade. Leverandører av statiske switcher opererer normalt med en utkoblingstid med grense på 10ms. Det vil si at maksimal tillat kortslutningsstrøm (I_{kpeak}) kan være i 10ms før UPS kobler ut strømmen. Vern nedstrøms av UPS bør kobles ut før UPS slår seg ut.

Det viste seg å være vanskelig å få de nødvendige verdiene for statisk switch som behøves for beregninger fra leverandørers nettsider. Av de få offentlige databladene vi fant, inneholdt de begrenset med informasjon. Etter å ha vært i kontakt med representant fra Coromatic fikk vi endelig oppgitt følgende verdier:

- Data for statisk switch:
 - Maksimal tillat I^2t [A^2s]
 - Maksimal tillat I_{kpeak} [A]
- Kortslutningsytelse for statisk switch:
 - Strøm [A] kort tid
 - Maksimal tid [s] kort tid
 - Strøm [A] lang tid
 - Maksimal tid [s] lang tid
- Maksimal termisk overlast [A]

Prosjektgruppen velger å ikke gå ut offentlig med verdier.

Kjenner man til maksimal tillat I_{kpeak} eller gjennomsluppet energi (A^2s) kan den ukjente verdien finnes ved formelen:

$$A^2s = \frac{I_{kpeak}^2}{2} * 0,01s$$

16 Dimensjonering i Febdok

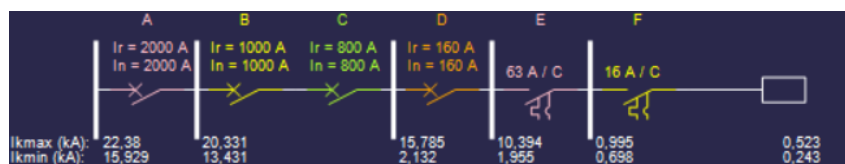
Febdok er et beregningsprogram for elektriske kretser [40]. Det tas i bruk av installatører, rådgivere, ingeniører og skoler. Programmet ble utviklet av Nelfo i 1991 og er i dag tilgjengelig i Norge, Sverige, Danmark, Finland og England [40]. For denne oppgaven tar prosjektgruppen Febdok i bruk for å:

- beregne kortslutningsstrømmer i anlegget
- dimensjonere kabling og vern, og kontrollere spenningsfall
- kontrollere kortslutningssikkerhet gjennom hele anlegget med å se på verns bryterevne og utkoblingstid
- kontrollere at gjennomsluppet energi ikke overstiger tåleevne til komponenter (statisk switch, kabling og vern)
- selektivitetsanalyse

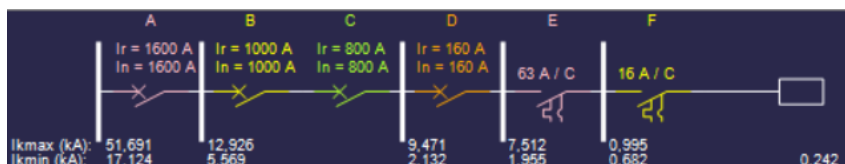
Febdok gir nødvendig dokumentasjon som skal overleveres til kunde etter endt prosjekt. Se vedlegg 13-16 for eksempelvis dokumentasjon fra Febdok. Det ble først i 2010 (versjon 5.1) inkludert beregninger for UPS anlegg [12].

16.1 Anleggets kortslutningsstrømmer

Etter å ha designet forsyningssystemet i Febdok, både for generatordrift og normal nettdrift, har Febdok regnet seg frem til følgende kortslutningsstrømmer i anlegget.



Figur 33: Største og minste kortslutningsstrøm i hver fordeling under normal nettdrift (inkludert bidrag fra UPS)



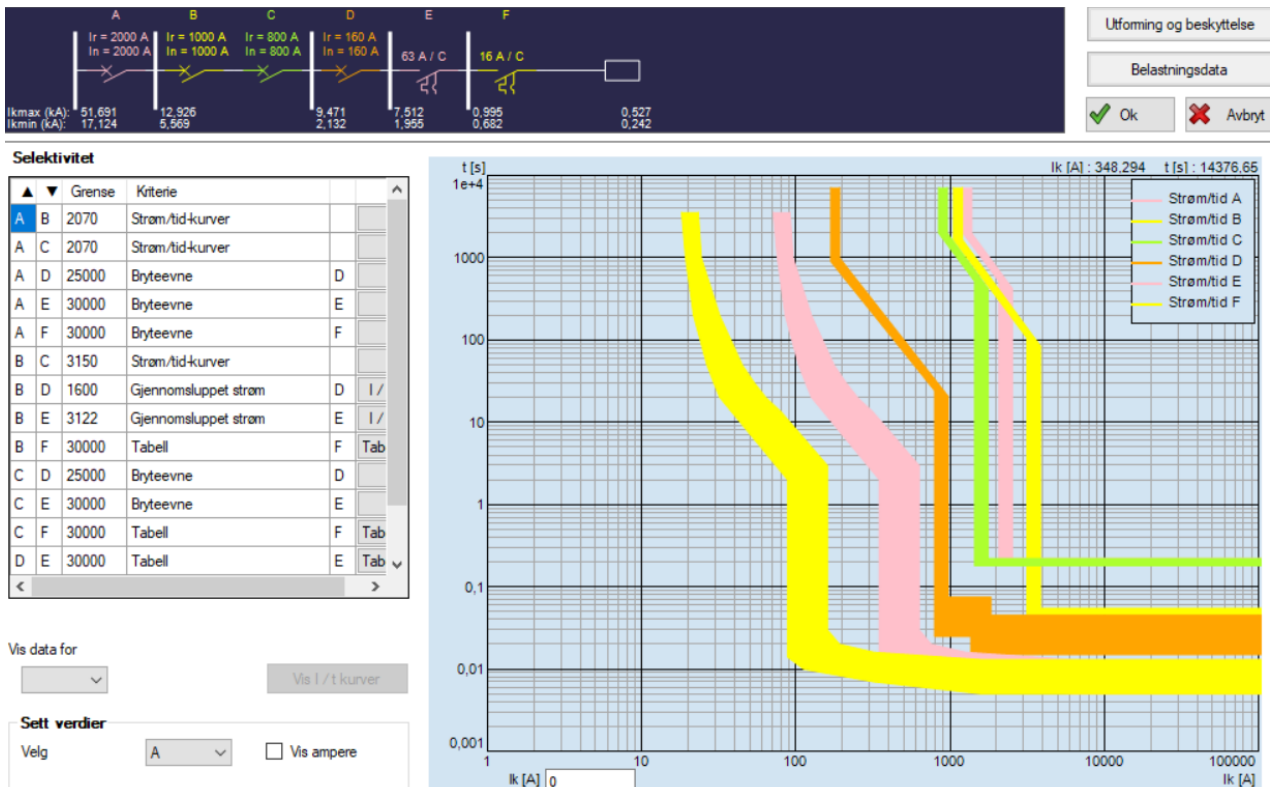
Figur 34: Største og minste kortslutningsstrøm i hver fordeling under generatordrift (inkludert bidrag fra UPS)

Fra vedlegg 15 og 16 finner man vern som er blitt valgt i installasjonen. De er kortslutningssikre under nettdrift, generatordrift og batteridrift. Som man kan merke seg fra figurene, er minste kortslutningsstrøm i fordelinger etter UPS nesten identiske for generator og nettdriftberegning. Det er fordi det er kortslutningsbidraget fra UPS under batteridrift som gir minste kortslutningsstrøm. Febdok opererer med 10 % sikkerhetsmargin (kan stilles til 6 %) under dens beregninger av kortslutningsstrømmer. Det betyr at I_{kmax} er 10% høyere enn den teoretiske utregningen, og I_{kmin} er 10 % lavere.

16.2 utfordringer med kombinert selektivitetsanalyse i Febdok

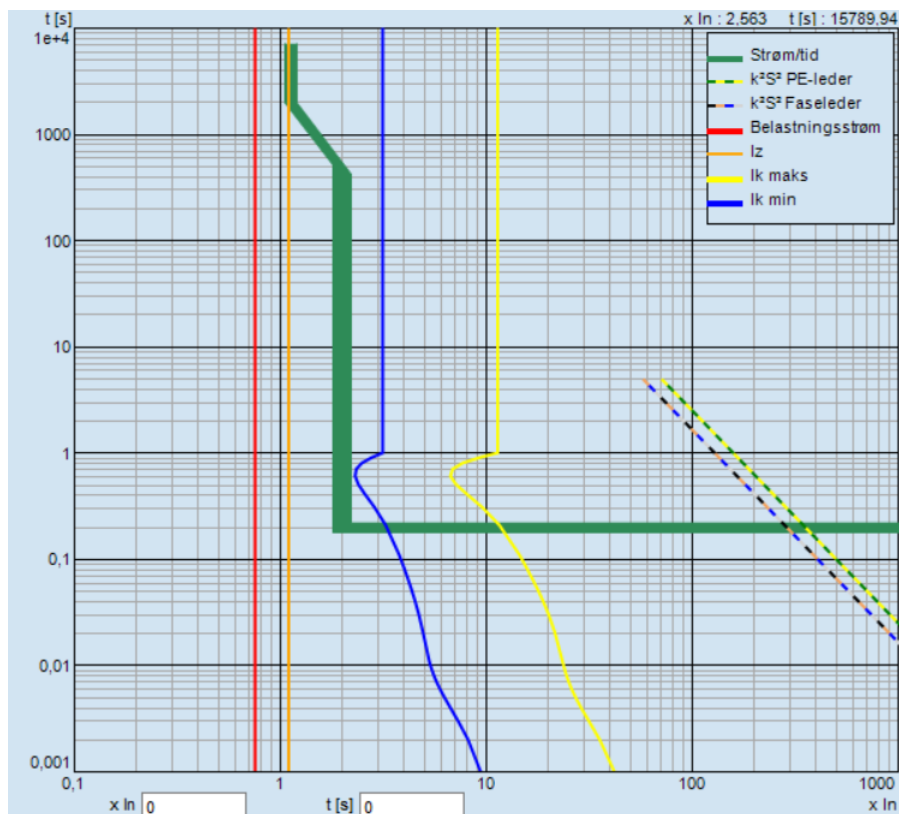
Det å designe anlegget under generatordrift i Febdok har vært utfordrende. Etter å ha vært i kontakt med representant fra Nelfo, prøvde prosjektgruppen å implementere generatorene i et febdok dokument for anlegg tilknyttet nettforsyning. Det viste seg i midlertidig å by på utfordringer da generatorene er 230V IT, og nettforsyningen er 400V TN. Transformator i generatorkursen ville løst problemet, men det var ikke mulig å legge inn i Febdok. Etter gjentatte forsøk og diskusjoner i gruppen, valgte vi at dimensjonering for generatordrift skulle foregå i et eget Febdok dokument.

For at det skal bli koordinering mellom generatordrift, batteridrift og nettdrift, er det viktig å påse at samme verninnstillinger blir brukt nedstrøms av hovedfordeling for både dokument tilknyttet nettforsyning og dokument for generatordrift. Det er fordi at der tas det i bruk samme vern, uavhengig av hvilken strømkilde som forsyner anlegget. Kortslutningsbidragene fra generatorene og høyspentnettet er ulike som man ser fra figur 33 og 34. Man må derfor se på minste og største kortslutningsstrøm for både generatordrift og nettdrift, og velge vern deretter. Det viste seg å være ekstremt krevende å utføre kombinert selektivitetsanalyse for nettdrift og generatordrift. For å få en bedre forståelse av kombinert selektivitetsanalyse ble det tidlig i prosjektperioden planlagt møter og kursing med representant fra Schneider. Grunnet koronakrisen, var dette dessverre ikke mulig å gjennomføre. Se figur 35 for beste resultat av selektivitetsanalyse under generatordrift.



Figur 35: Beste selektivtetsresultat for generatordrift

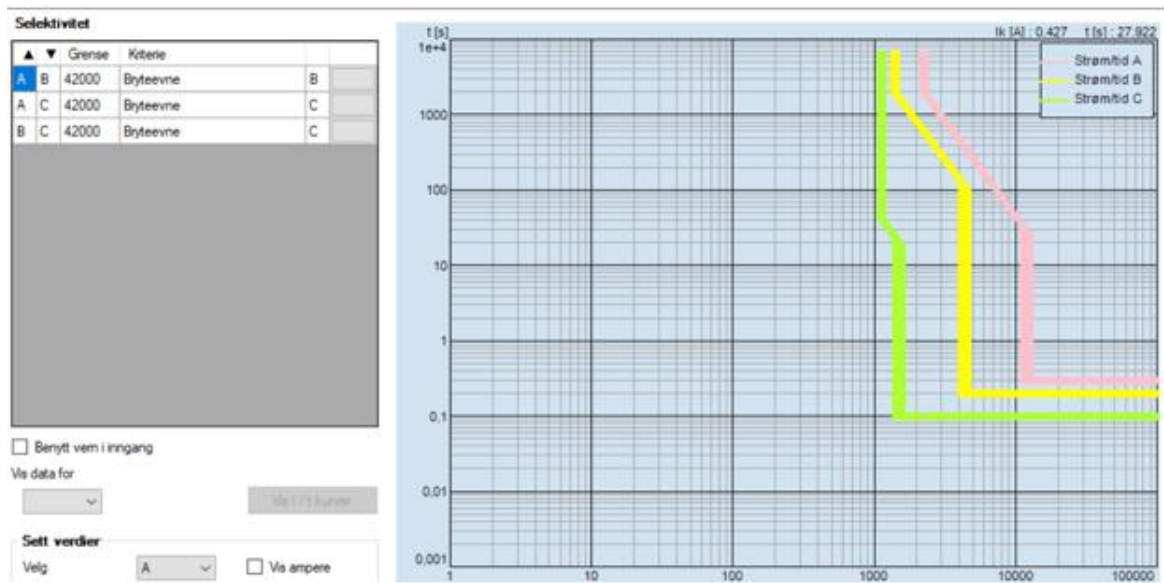
Som man ser fra figur 35, er vern A roten til mye av problemene. På grunn av vernets begrensede justeringsmuligheter, var det ikke mulig å justere nedstrøms verns verdier til å samsvare med verns innstillinger fra selektivtetsanalyse under nettdrift. Problemet er at minste kortslutningsbidrag fra generator ($I_{k\min}$) er for lav. Man kan ikke justere I_{sd} kurven til vern A mer enn det som allerede er gjort i figur 36. Justerer man I_{sd} kurven opp (til høyre), vil den ikke løse seg ut på $I_{k\min}$ fra generator. Dersom man kan øke kortslutningsbidraget ved å justere, eller eventuelt bytte spenningsregulatoren til en som gir et større kortslutningsbidrag i det stasjonære området, er det noe prosjektgruppen vil anbefale å prøve. Øker man kortslutningsstrømmen får man større justeringsmuligheter for vern i installasjonen.



Figur 36: Verninnstillinger for vern A (2000A) i generatorkurs, I_{kmin} begrenser justeringsmuligheter

16.3 Selektivitetsanalyser for nettdrift og batteridrift

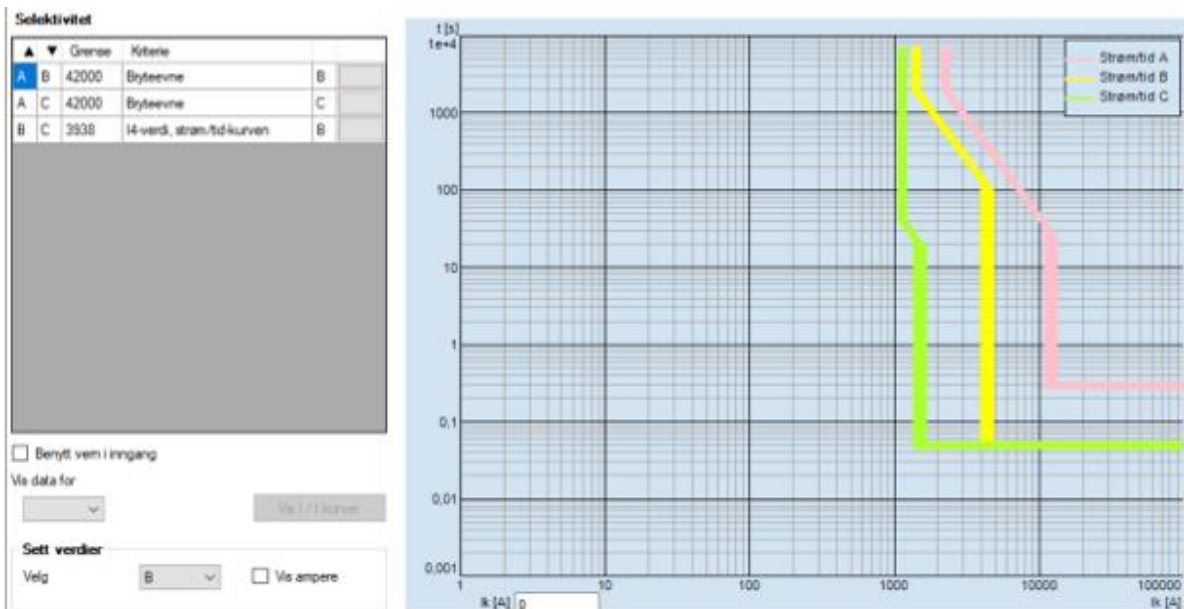
En annen utfordring som viste seg å være spesielt krevende var å påvise selektivitet, samtidig som statisk switch sin tåleevne for gjennomsluppet energi ikke ble oversteget. Som det ble nevnt i kapittel 15.3, slår UPS seg ut hvis $I_k peak$ varer lengre enn 10 ms. Planen var å bruke tidsforsinkelser på elektromagnetisk utløsning for forankoblet effektbryter for å oppnå selektivitet, men muligheten for tidsforsinkelsen i bypassvernet var minimal. Tidsforsinkelse på over 0,05s ble for lenge. Den statiske switchen tålte ikke den tidsforsinkelsen som krevdes for å oppnå selektivitet. Vern B og vern C er henholdsvis 1000A og 800A som gjør at selektivitet blir vanskelig å oppnå uten tidsforsinkelser for elektromagnetisk utkobling. I figur 37 er vern A tidsforsinket for korttidskurven (t_{sd}) med 0,3s, vern B med 0,2s og vern C med 0,1s, og selektivitet har blitt oppnådd opp til 42 kA. Fra figur 39 ser man at selektiviteten blir betraktelig dårligere mellom vern B og C når elektromagnetisk tidsforsinkelse i vern B ikke kan benyttes.



Figur 37: Selektivitet opp til 42kA mellom vern A (2000A), B (1000A) og C (800A) med tidsforsinkelse i vern B

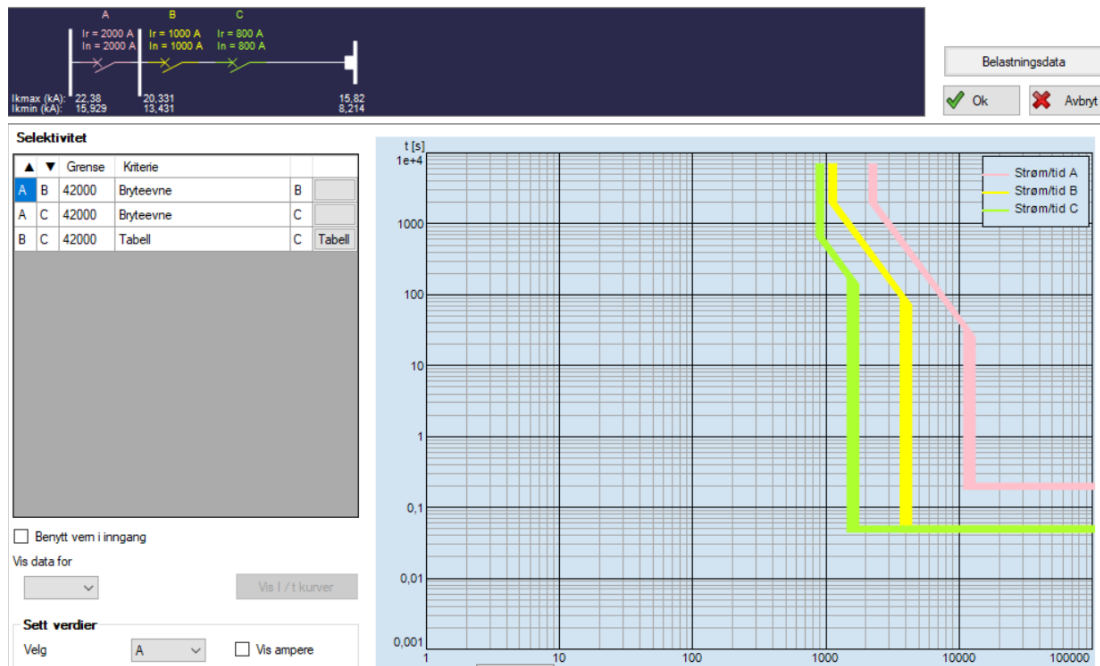
Gjennomsluppet energi (I^2t) er for stor i forhold til UPS'ens statiske switch

Figur 38: Feilmelding fra Febdok når tidsforsinkelse anvendes i vern B



Figur 39: Selektivitet opp til 42kA mellom vern A og B, men kun opp til 3938A mellom vern B og C, uten tidsforsinkelse i vern B

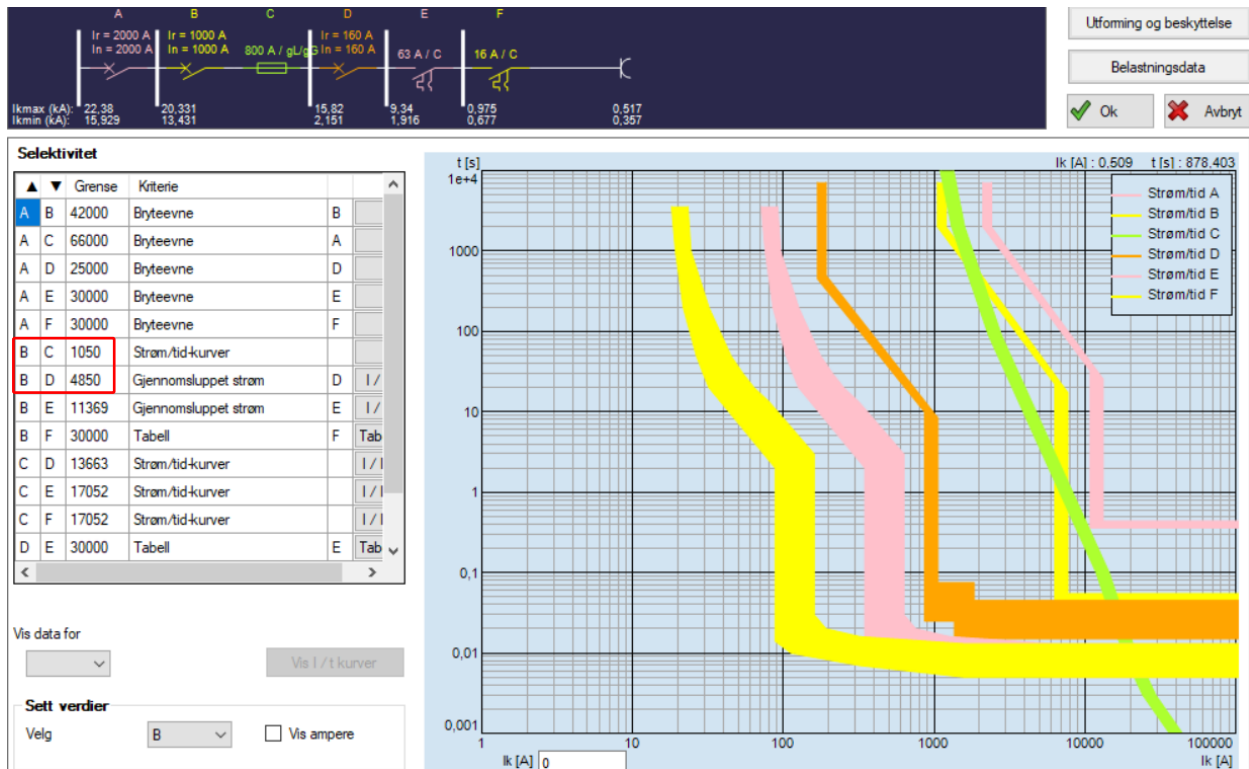
En mulig løsning prosjektgruppen kom frem til var å benytte 500 kVA UPS sammen med statisk switch beregnet for 600 kVA UPS. Tanken var da at den statiske switchen sin tåleevne ville være høyere. Dessverre viste det seg fortsatt at tidsforsinkelse i vern B ikke var mulig å oppnå. Etter mange utskiftninger av type effektbrytere, størrelse, og justeringsendringer for både magnetisk og termisk utløsning fikk prosjektgruppen til å dokumentere selektivitet. Da opp til 42 kA (se figur 40).



Figur 40: Selektivitet mellom vern opp til 42kA ved å benytte statisk switch beregnet for 600kVA UPS

Selv om selektivetsproblemet for vern B og C ble løst, skapte det flere problemer nedstrøms i installasjonen. Det viste seg å bli enda mer utfordrende å påvise selektivitet mellom vern nedstrøms for den nye kombinasjonen av vern og statisk switch.

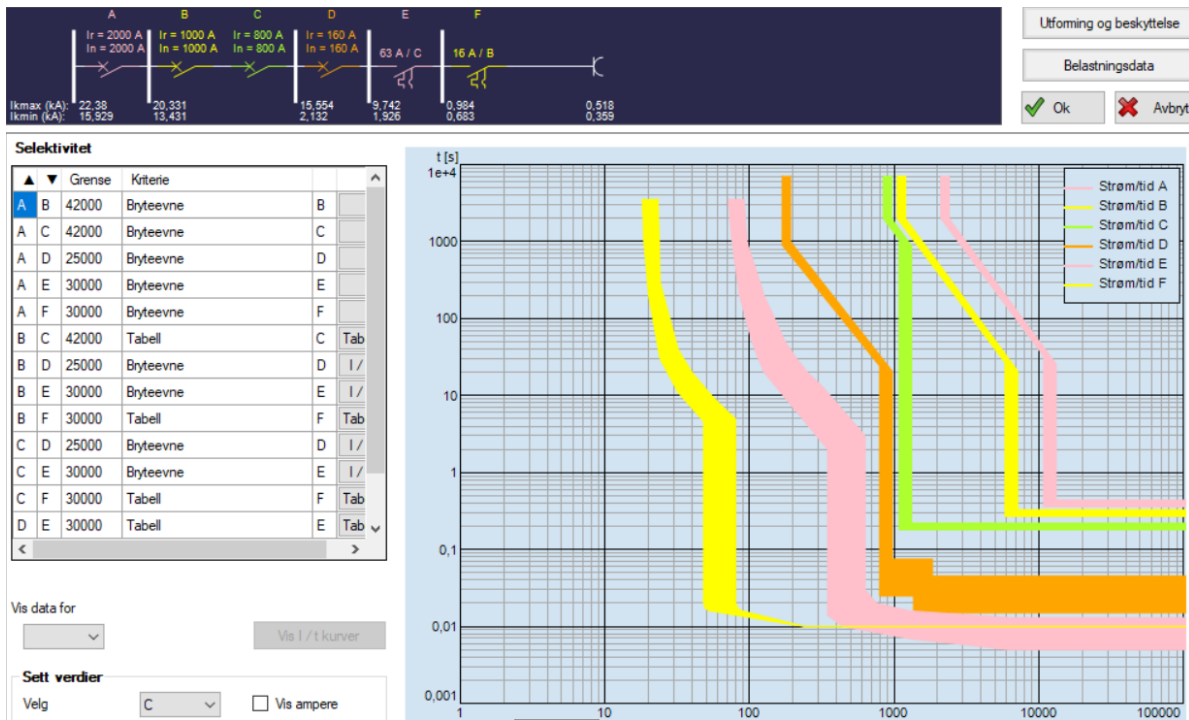
Som en mulig løsning på selektivetsproblemet, ble det diskutert å bytte ut vern C til en smeltesikring av typen g/L. Hvor bokstaven g indikerer beskyttelse mot både overbelastning og kortslutning, og L indikerer at beskyttelsesområdet er ledninger [35]. Problemet med å anvende smeltesikringer er at gjennomsluppet energi ved kortslutninger fortsatt blir for stor i forhold til den statiske switchen sin tåleevne. Smeltesikringen vil ikke koble ut kortslutningsstrømmer fort nok i henhold til krav fra NEK 400:2018. UPS vil derfor selv slå seg ut før smeltesikringen kobles ut, slik at forskriftenes krav blir opprettholdt. Samme problem oppstår dersom man tar i bruk tidsforsinkelse for vern C (utgangskurs fra UPS) på mer enn 0,05s.



Figur 41: Selektivetsanalyse for radial hvor smeltesikring anvendes for vern C

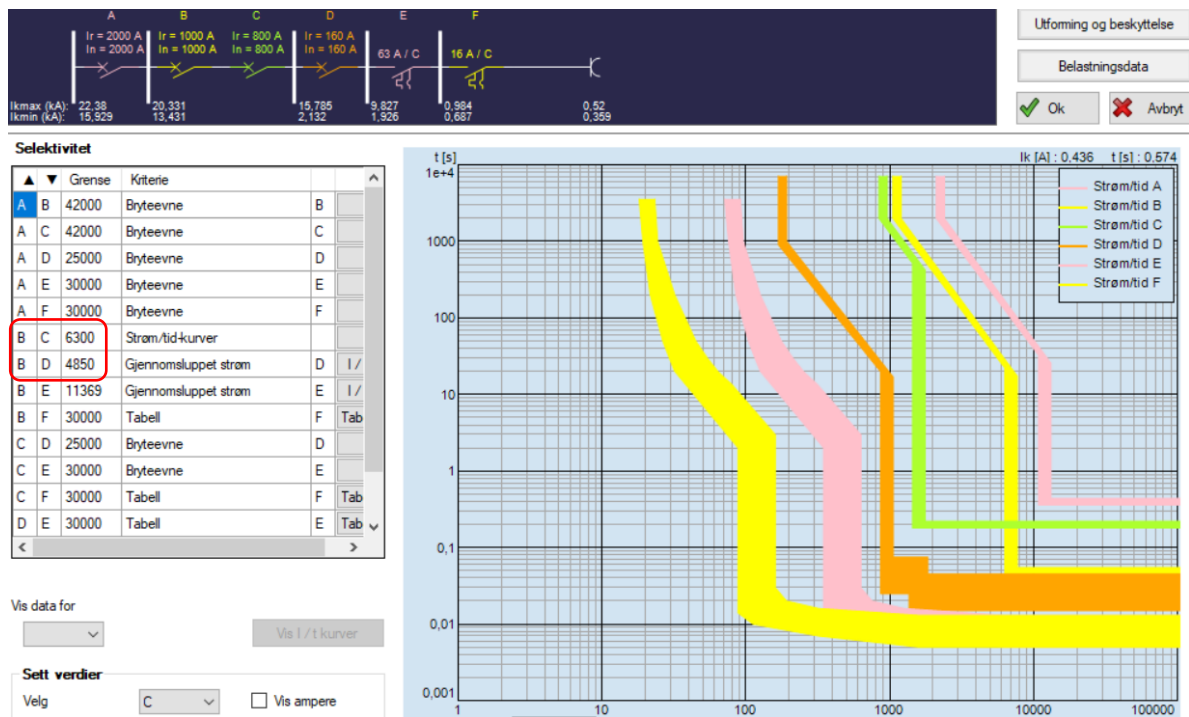
Ved å anvende smeltesikring i utgangskurs fra UPS hjalp det på selektiviteten nedstrøms, men ikke mellom vern B og C og B og D.

Det er nettopp det å påvise selektivitet som er en meget krevende utfordring for UPS anlegg. Hvis tidsperioden for statisk switch sin tåleevne var høyere enn 10ms, gjerne 400ms, kunne man hatt tidsforsinkelser for elektromagnetisk utkobling trinnvis ned gjennom radial med vern. Da ville man fått total selektivitet i anlegget, se figur 42.



Figur 42: Ønskelig resultat. Total selektivitet mellom alle vern i radial

Etter utallige diskusjoner, og timer i Febdok, kom prosjektgruppen frem til følgende beste selektivitetsresultat under nettdrift, inkludert batteridrift. Se figur 43.



Figur 43: Beste resultat prosjektgruppen kom frem til ved bruk av effektbryter som vern C

Ut ifra selektivitetstabellen vil det være selektivitet opp til 6300A mellom vern B og C, og 4800A mellom vern B og D. Resten av installasjonen vil være total selektivt. Skulle kortslutning på over 6300A etter vern C, eller 4800A etter vern D oppstå, kan man risikere at vern B slår seg ut. Vern C er her tidsforsinket for elektromagnetisk utkobling med 0,2 sekunder. Det betyr at man kan risikere at interne sikringer i UPS slår ut før vern C ved høye kortslutninger (samme problemstilling som ved bruk av smeltesikring for vern C). Det motstrider ikke forskriftenes krav, men er heller ikke ideelt. Anlegget er selektivt under batteridrift, da kortslutningsytelse fra UPS ($I_k min$) ikke overstiger grenseverdiene.

16.3 Drøfting angående selektivitetsanalyser

Spørsmålet man da må stille seg er om total selektivitet er en absolutt nødvendighet for anlegget. Ved en eventuell kortslutning i utgangskurs fra UPS (vern C), gjør det ingenting om vern B (bypassvern) også slår seg ut. UPS'en er smart nok til å forstå at kortslutning har oppstått, og det vil ikke være nødvendig å gå over i batteridrift for å forsyne en kortsluttet kurs med effekt. Når man har et N+1 system (to UPS'er) og separate uavhengige tilførsler til kritisk last hentet fra UPS A og UPS B, vil ikke selektivitet mellom vern B og C, eller B og D være en absolutt nødvendighet. Oppstår kortslutning der hvor det ikke er selektivitet, og anlegg nedstrøms blir strømløst, vil de automatiske switchene i IT-tavlene bytte over til sekundærtilførsel hentet fra den andre UPS-en. Dermed opprettholdes strømtilførsel til kritisk last, selv om deler av anlegget ikke er selektivt.

Det at gjennomsluppet energi kan overskride tåleevnen til den statiske switchen ved høye kortslutninger, før vern C (utgangskurs UPS) slår seg ut er ikke ideelt. UPS vil som sagt slå seg ut før permanent skade kan oppstå, så i praksis er det ikke en farlig problematikk. Anlegget blir litt mer upålitelig ved at man ikke vet med sikkerhet om vern C vil slå seg ut før UPS eller ikke, før en eventuell kortslutning faktisk oppstår. Det betyr ikke at anlegget ikke er sikkert. Forskriftenes krav er opprettholdt, men ikke på den mest ideelle måten.

Man må også huske på at Febdok opererer med teoretiske kortslutningsstrømmer, med en sikkerhetsmargin på 10%. Det er ytterst sjeldent at reelle kortslutningsverdier kommer opp i de teoretiske størrelsene man får ut ifra Febdok. I_{kpeak} kan oppnås ved største kortslutningsstrøm før vern A og B, dersom det er kortslutning mellom alle faser, men ikke lengre ut i radial. Det betyr at for største kortslutningsstrøm (I_{kmaks}) etter vern B, vil den statiske switchen muligens tåle kortslutningsstrømmen lengre enn 10ms. Det er fordi den gjennomsluppet energien ikke når sin teoretiske maksimale størrelse ($I_{kmaks} < I_{kpeak}$). Det er ikke visst om Febdok tar hensyn til dette eller ikke, eller eventuelt hvor mye lengre tid den tåler. Hvis Febdok ikke tar hensyn til dette, kan det i teorien bety at ved kortslutning nedstrøms av vern C, vil statisk switch tåle kortslutningsenergien lengre enn 10ms. Selv hvis dette er tilfelle, er vern C tidsforsinket med 200ms. Det er vel lang tid å forlange at statisk switch skal tåle kortslutningsenergien dersom I_{kmaks} er opp under sine teoretiske maksimale verdier der hvor total selektivitet ikke har blitt oppnådd.

Som et ekstra beskyttelsestiltak bør derfor ledningssystemet ut fra UPS (gjerne også internt i UPS hvis mulig), frem til første nedstrøms fordeling forlegges kortslutningssikkert, i samsvar med NEK 400:2018-5-52.521.14. NK64 mener da at ledningssystemet er tilstrekkelig sikret mot kortslutning, og utformet på en slik måte at NEK 400:2018-4-43.432 sine veiledninger blir opprettholdt. Behovet for å beskytte den interne statiske switchen til UPS ved kortslutning i dette ledningssystemet blir da eliminert [41]. Det betyr at tidsforsinkelse kan anvendes i vern C.

Til slutt kan det nevnes at det ikke var mulig å inkludere ekstern statisk switch (load transfer module) i utgangskurs fra UPS i Febdok. Kanskje fordi ekstern statisk switch ikke medfører like store problemer som det UPS sin interne statiske switch medfører når det kommer til tåleevne.

17 Videre arbeid

En spennende problemstilling videre er å påvise selektivitet under generatordrift. Det viste seg å være meget utfordrende å koordinere vern oppstrøms av transformator i generatorkursen med vern nedstrøms av transformator. Spesielt utfordrende ble det når effektbryterenes karakteristikk nedstrøms av hovedfordeling ikke kan justeres, da det ville påvirket anleggets selektivitet under nettdrift og batteridrift. For slike kombinerte selektivitetsanalyser behøves det mer tid for å komme frem til riktig valg av vern og innstillinger, samt diskusjoner med vernleverandører.

Det er svakheter i Febdok når det kommer til selektivitetsanalyser av installasjoner som inneholder UPS'er. En problemstilling som er meget interessant, og som ikke er blitt diskutert i denne rapporten, er hva som skjer med kortslutningsbidraget fra UPS når batteriene nærmer seg utladegrensen. Ettersom kapasiteten i batteribanken, og spenningen i hvert batteri minsker under batteridrift, vil kortslutningsbidraget også minske. Vil UPS'er klare å levere høye nok kortslutningsstrømmer etter 40-50 minutter med batteridrift?

Nærmere drøfting rundt forskjellige forsyningsmetoder frem til UPS er også en relevant problemstilling. For denne oppgaven valgte prosjektgruppen å forsyne UPS gjennom hovedfordeling for både nettdrift og generatordrift uten transformator i UPS kurs. Man kan forsyne UPS direkte med flere tilførsler, da fra generator og fra nettet. Det kan inkluderes transformatorer i inngangskurs og utgangskurs for UPS, noe som medfører flere utfordringer og mulige løsninger for N-lederproblematikken.

18 Konklusjon

Det er i oppgaven lagt frem et godt grunnlag for et redundant og sikkert nødstrømanlegg for Helse Førdes nye somatikkbygg. Oppgaven har tatt for seg forslag, anbefalinger og enkelte drøftinger for de viktigste punktene for installasjonen. Vi har sett på UPS-topologiene og mener online UPS egner seg best for sykehuset. For ventilasjon av UPS vil en “ikke styrt til-/fra luft i rom kjøler” være en god løsning, da den kan gi en kjøleeffekt opp til 40kW og har god prisklasse. Når det gjelder dimensjonering av batterianlegg bør det være nok effekt til å kunne forsyne kritisk last i én time under batteridrift. Hver UPS er anbefalt å ha en batteribank bestående av 473 stk. 12V frontmonterte VRLA-batterier av typen LFP12180EU fordelt på 11 strenger. Et ledningssystem hvor det føres automatisk sprinkleranlegg langs ordinære installasjonskabler etter UPS gir tilstrekkelig sikkerhet. Det er et kompensierende tiltak mot brann, som er vel så bra, om ikke bedre enn å ta i bruk funksjonssikker kabling.

Installasjonens struktur er utformet med tanke på redundans. Det forlegges to uavhengige separate tilførsler frem til kritiske avdelinger hentet fra hver sin UPS. De forlegges med en fysisk distanse mellom seg som gjør at feil på en tilførsel eller andre ytre påvirkninger, ikke går ut over den andre. Tilførslene forsynes av hver sin UPS og hentes fra hver sine fordelinger. I tillegg benyttes LTM (ekstern statisk switch) i utgangskurs fra begge UPS'ene som omkoblingsautomatikk, i tilfelle feil på en UPS eller kortslutning i utgangskurs fra UPS.

Vern som har blitt valgt er overbelastning – og kortslutningssikre uavhengig av hvilket forsyningssystem som forsyner anlegget. Under selektivitetsanalyser ble flere typer vern fra Schneider, samt smeltesikringer vurdert. Alle vern som ble vurdert under selektivitetsanalyser har vært overbelastning og kortslutningssikre. For den kombinasjonen av vern som ga best resultat, se vedlegg 15 og 16. Det ble dessverre ikke påvist total selektivitet for anlegget under nettdrift eller generatordrift. For å klare det trengs det mer tid og nærmere samarbeid med vernleverandør. Det har blitt påvist selektivitet under batteridrift. Anleggets struktur gjør at total selektivitet under nettdrift ikke er en absolutt nødvendighet, når det kommer til driftssikkerhet. Som et ekstra beskyttelsestiltak bør kortslutningssikker forlegning av kabling, frem til første nedstrøms fordeling fra UPS anordnes. Justering eller utskiftning av eksisterende spenningsregulator, til en som gir et høyere kortslutningsbidrag i det stasjonære området, kan vurderes, for å lettere påvise selektivitet under generatordrift. Det kan i teorien hjelpe på de begrensede justeringsmulighetene for vern i generatoranlegget. $I_k min$ begrenser justeringsmuligheter for I_{sd} kurven til vern A, som igjen begrenser justeringsmuligheter for vern nedstrøms i radial.

Spenningsfall i anlegget har blitt sett på, men de verdiene som vi er kommet frem til i rapporten kan avvike noe fra reelle verdier. For å redusere spenningsfall mest mulig, skal kabling legges i så korte strekk som mulig. Økning av ledertverrsnitt vil ha minimal innvirkning på spenningsfallet, da spenningsfallet over 10 kVA transformatorene er mest kritisk (3.89% ut ifra Febdok). Føringsveier og referanseinstallasjonsmetoder for kabling som er blitt valgt i rapporten har tilstrekkelig strømføringsevner i forhold til fastsatt belastningsstrøm.

Det har også vært problemstillinger knyttet til N-leder problematikken, flytende nullpunkt og ulike spenningstyper fra strømkilder. Ved hjelp av normverket og diskusjoner med kontaktperson har prosjektgruppen kommet frem til et design som skal gjøre at anlegget er sikret mot flytende nullpunkt, uten å måtte ta i bruk transformatorer i UPS kurs.

19 Prosjektadministrasjon

19.1 Organisering

Oppdragsgiver: Helse Førde

Prosjektgruppen består av:

- Mathias Leander Moss (prosjektleder)
- Eirik Berge
- Runar Tyse

Veiledere gjennom prosjekt:

- Tom Erik Jonberg, kontaktperson hos Helse Førde
- Aleksandrs Mesnajevs og Bjarte Pollen fra HVL
- Joar Sande, studiekoordinator fra HVL

Prosjektperioder:

- Forprosjektperiode: 13.01.2020 – 21.02.2020
- Prosjektperiode: 22.02.2020 – 25.05.2020
- Presentasjon: 02.06.2020

Rapporten har gjennom hele prosjektet blitt skrevet i et felles online Word dokument.

Prosjektgruppen har gode erfaringer med å bruke Word sin nettlesefunksjon, der dokumentet automatisk lagres i Microsoft sin skylagringstjeneste Onedrive. For opprettholdelse av kommunikasjon under koronatidene har netjtjenester som Messenger, Skype og Microsoft teams blitt brukt.

19.2 Gjennomføring i forhold til plan

Under forprosjektperioden har prosjektgruppen, sammen med styringsgruppen og studiekoordinator drøftet ulike temaer og funnet en relevant oppgave. Oppgaven har blitt avgrenset gjennom forprosjektperioden. Hovedmål og delmål har blitt formulert mens relevante problemstillinger har blitt utformet. Ved å koordinere delmålene i en fremdriftsplan har et gantt-diagram blitt laget (se vedlegg 3). Den har hjulpet oss med å fullføre hovedmålet innen tidsrammen.

Under prosjektperioden har delmål blitt påbegynt og fullført etter planlagte datoer i gantt-diagrammet. For å nå hovedmålet innen tidsrammen var det nødvendig med overlapping av arbeidsoppgaver. Eksempelvis har hver av studentene arbeidet med en eller flere arbeidsoppgaver individuelt til studenten føler at arbeidsoppgaven er fullført. Når arbeidsoppgaven har blitt fullført, har prosjektgruppen hatt felles gjennomgang av arbeidet. Felles gjennomgang og diskusjoner har vært viktig for at studentene i prosjektgruppen får forståelse for hele rapporten. Delmålene som ble fastsatt i forprosjektperioden har blitt gjennomført og drøftet. Det ble gjort revidering underveis (se vedlegg 1), da det ble klart at å påvise selektivitet under generatordrift ikke lot seg gjøre. Delmål ble da endret til 'utføre selektivitetsanalyse'.

Som nevnt under "Utfordringer" i starten av rapporten, har koronaviruset ført til en annerledes gjennomføring enn det som ordinært var planlagt. Fysiske møter har blitt erstattet med digitale møter via Skype og Microsoft Teams. Befaringer på Førde Sentralsykehus, samt kursing med representant fra Schneider gikk ut.

For å komme i mål med rapporten har prosjektgruppen hatt planlagte møter ca. en gang i uken, sammen med kontaktperson (se vedlegg 2 for møterefertat). Ordinært var møtene etter behov, men tidlig i prosjekteringsfasen fant vi ut at behovet for møtene ville bli større utover i prosjektet. For kontaktperson var det også en fordel å ha møtene på planlagte datoer, og vi opprettet derfor en møteplan, se vedlegg 2.

På møtene har vi drøftet problemstillinger og endringer som har dukket opp etter hvert som arbeidet har pågått. Kontaktperson har også gitt oss en faglig vurdering på arbeidet som har blitt utført, for nesten hvert møte. På denne måten har vi fått en indikasjon på om arbeidsgiver var fornøyd med samarbeidet, og at rapporten gikk i rett retning. Messenger er blitt brukt ekstra mye, på grunn av at vi ikke har hatt den vanlige sammenkomsten på skolen. Her har vi organisert arbeidsoppgaver, delt nyttige kilder og oppdatert status på delmål.

Felles gjennomgang av rapporten har vært litt preget av koronasituasjonen. Det betyr ikke at det ikke har blitt gjennomført, men at studentene i prosjektgruppa har hatt et større individuelt ansvar for å gjennomgå arbeid.

19.3 Økonomi

Under forprosjektperioden ble det innad i prosjektgruppen bestemt at det skulle brukes minimum 20 timer i uken per student, til arbeid med bacheloroppgaven. Under arbeid med oppgaven har hver student ført timer i timeliste, se vedlegg 4. To av studentene brukte programmet Proresult til timeføring, mens en student har tatt i bruk Excel.

Økonomiske ressurser har vært minimale. Prosjektgruppens utgifter har bestått av en Febdok lisens, levert av Førde Teknisk fagskole, og reisekostnader til og fra Bergen. Lisensen kostet noen hundre kroner som Høgskolen på Vestlandet betalte. Reisekostnader har prosjektgruppen selv betalt.

19.4 Generell prosjektevaluering

Det har vært en krevende oppgave ettersom mye av det vi har jobbet med har vært ukjent for oss. Som nevnt i forord retter vi spesielt takk til Tom E. Jonberg som har gitt oss god veiledning gjennom hele prosjektet, men uten å komme med direkte løsninger eller “fasit”. Det har gjort oss flinkere på å ta i bruk relevante normer og forskrifter, og gitt oss større forståelse for de ulike problemstillingene. Med det mener vi oppgaven har blitt utført grundig og selvstendig.

Målene som ble satt, har blitt oppnådd og det har vært et generelt godt samarbeid innad i prosjektgruppen. Det ble redegjort for problemstillinger som følger med når man prosjekterer nødstrømanlegg som inneholder både generatorer og UPS. Vi har designet et nødstrømanlegg som vi mener er redundant og sikkert. Prosjektgruppen har gjennom arbeid med oppgaven fått god kjennskap til både Autocad og Febdok. To programmer vi kunne lite om for bare 6 måneder siden.

Den viktigste erfaringen vi tar med oss videre er at det finnes ingen fasit på hvordan å utforme elektriske installasjoner. Det kan designes slik man ønsker, så lenge det kan dokumenteres at krav blir opprettholdt. Vi er svært takknemlig for å ha vært en del av dette prosjektet og fått muligheten til å lære om nødstrømsystemer rettet mot sykehus.

20 Referanser

- [1] A. K. Knight, «Standby power generating sets,» i *Uninterruptible power supplies*, McGraw-Hill, 2002, pp. 1-47.
- [2] Norsk Elektroteknisk Komite, «7-710 Medisinske områder,» i *NEK 400:2018 Elektriske lavspenningsinstallasjoner utgave 6*, Oslo, Norsk Elektroteknisk Komite, 2018, pp. 363-379.
- [3] H. Seljeseth og E. Hansen , «Sikker jordfeildeteksjon,» 22 desember 2015. [Internett]. Available: <https://core.ac.uk/download/pdf/52132253.pdf?fbclid=IwAR1ymfpursLzxj5iy-N1IjhgWnZG8BIw4NJR4GU2auWfRHGUmu8kRaRbTAQ>. [Funnet April 2020].
- [4] *Forskrift om elektriske lavspenningsanlegg*, 1998, p. 30.
- [5] NVE, «avbruddsstatistikk,» 31 Oktober 2019. [Internett]. Available: <https://www.nve.no/reguleringsmyndigheten/nettjenester/leveringskvalitet/leveringspalitelighet/avbruddsstatistikk/>. [Funnet 11 Mars 2020].
- [6] Norsk Elektroteknisk Komite, «5-56 Valg og montasje av utstyr - Nødstrømsystemer,» i *Elektriske Lavspenningsinstallasjoner utgave 6*, Oslo, Norsk Elektroteknisk Komite, 2018, pp. 291-296.
- [7] A. Bagini og M. Granziero, «Reliability of the electricity supply,» i *Static UPS a practical guide to selection, installation and maintenance*, Charleston, SC, Socomec, 2011, pp. 15-30.
- [8] A. Garnes, «Prosjekteringskriterier for UPS anlegg,» NTNU, Trondheim, 2015.
- [9] Shivsai consulneowatt, «How working of on online UPS system now,» 5 Juni 2018. [Internett]. Available: <https://medium.com/@consulneowatt/how-working-of-on-online-ups-system-now-c51dfec1f19b?fbclid=IwAR2iopLoeuN2NOVCOiKHsoKTateajtFmWXGpT5wkjxs1MW83rKDA3jnEWKo>. [Funnet Februar 2020].
- [10] Kohler, «Kohler power uninterruptible,» 01 Juni 2015. [Internett]. Available: https://www.kohler-ups.co.uk/directors-blog-so-just-what-exactly-is-a-ups/?fbclid=IwAR3rf8NPSjoSrV9-ZP2E6_YomOHkiDvCOI2wLU5hdn_mKEjSL-U5b25I5Ts. [Funnet 14 April 2020].
- [11] Socomec, «LTM load transfer module,» N.A. [Internett]. Available: http://www.dsups.com/design/template_021/images/download/10.pdf?fbclid=IwAR3UEKIJOHu57DIQ_JHCXUbsB2FHkvZ4h_5rtqpyiwiSIUiQU_17SvMqOFI. [Funnet 14 April 2020].
- [12] Coromatic , «UPS guiden,» 2017. [Internett]. Available: https://coromatic.no/76786_wp-uploads/2017/03/UPS-Guiden-2017-1.pdf. [Funnet 29 mars 2020].
- [13] Norsk Elektroteknisk Komite, «8-806 Batteriinstallasjoner,» i *Elektriske Lavspenningsanlegg utgave 6*, Norsk Elektroteknisk Komite, 2018, pp. 274-281.

- [14] Uninet, «Krav til ventilasjon og kjøling i IKT rom, versjon 3.5,» 01 Januar 2013. [Internett]. Available: https://www.uninett.no/sites/default/files/webfm/UFS%20108.pdf?fbclid=IwAR3RaRxIUI7LkrFG_Krt7OfFpGIAvcHP_by98aQ3VAOkjqgmgGymBUOFu-g.
- [15] E. Huber, Interviewee, *Personlig kommunikasjon*. [Intervju]. 03 April 2020.
- [16] Socomec, «Li-ion battery UPS,» N.A. [Internett]. Available: www.socomec.com. [Funnet 05 April 2020].
- [17] GenereX, «BACS battery analysis and care system,» 02 Mars 2020. [Internett]. Available: https://www.genereX.de/genereX/download/datasheets/Datasheet_BACS_C20_en.pdf?fbclid=IwARom6lDj6hx9w1w1ORXom2HVIvHT8yQTWzbHvsX75Sd8ORRteTBaGmLQx1A. [Funnet 04 April 2020].
- [18] Blue box batteries, «Parallel string batteries in high voltage applications,» 21 Mai 2015. [Internett]. Available: <https://www.blueboxbatteries.co.uk/blog/parallel-string-batteries-in-high-voltage-applications-34#.XsANZGgzZPY>. [Funnet April 2020].
- [19] Norsk elektroteknisk komite, «5-52 Valg og montasje av ledningssystemer,» i *Elektriske lavspenningsinstallasjoner*, NEK, 2018, pp. 148-203.
- [20] Nelfo, «Faglig veiledning - generator,» N.A. [Internett]. Available: <http://ffd.sc.kq.no/nelfo/febdok/veiledninger/faglig/generator.pdf>. [Funnet Mai 2020].
- [21] N.A, Interviewee, *personlig kommunikasjon med Møre Trafo*. [Intervju]. 15 April 2020.
- [22] E. Csanyi, «Supply via TN-s system,» 18 Juli 2018. [Internett]. Available: <https://electrical-engineering-portal.com/specific-neutral-earthing-system-islanding>. [Funnet Mars 2020].
- [23] T. Sørli og M. Løkhammer, «UPS avbruddsfri strømforsyning ved Haukeland universitetssykehus,» HIB, Bergen, 2009.
- [24] Norsk elektroteknisk komite, «Endringer i ulike utgaver av NEK 400,» N.A. [Internett]. Available: <https://www.nek.no/standarder/produkter/endringer-nek-400/>. [Funnet Mars 2020].
- [25] Norsk elektroteknisk komite, «5-55 Valg og montasje av utstyr,» i *Elektriske lavspenningsinstallasjoner utgave 6*, NEK, 2018, pp. 274-290.
- [26] Norsk elektroteknisk komite, «3-303 Typer av fordelingssystem,» i *elektriske lavspenningsinstallasjoner utgave 6*, NEK, 2018, pp. 47-61.
- [27] Layer zero, «Layer zero FAQ,» [Internett]. Available: <https://www.layerzero.com/Service-And-Support/FAQs.html?fbclid=IwAR1scyyef4GqBUYom4-1CN6UERxZkoH7RC9xDtu836PNtEMkTa2XEzP1lTc>. [Funnet Mai 2020].
- [28] Mos, «Infoklikk,» 19 Mai 2015. [Internett]. Available: <https://www.infoklikk.no/tabeller-artikler/elektro/kabel/kabel-generelt/168-kabel-og-sikkerhet>. [Funnet Mars 2020].

- [29] Draka, «CPR Ny europeisk byggevareforordning,» 28 Mars 2017. [Internett]. Available: <http://draka.no/cpr-ny-europeisk-byggevareforordning-2/>. [Funnet Mars 2020].
- [30] NKT, «Ny standard,» [Internett]. Available: <https://www.nkt-no.com/cpr/hva-er-cpr>. [Funnet Mars 2020].
- [31] TEK17, «Byggteknisk forskrift (TEK 17),» 2017. [Internett]. Available: <https://dibk.no/byggereglene/byggteknisk-forskrift-tek17/11/iii/11-10/>. [Funnet Mars 2020].
- [32] Norsk elektroteknisk komite, «4-42 Beskyttelse mot termiske virkninger,» i *Elektriske lavspenningsinstallasjoner utgave 6*, NEK, 2018, pp. 85-94.
- [33] Norsk elektroteknisk komite, «5-53.533 Utstyr for beskyttelse mot overstrømmer,» i *Elektriske lavspenningsinstallasjoner*, NEK, 2018, pp. 211-215.
- [34] J. E. Ormbostad, «5. Skap og fordelinger,» i *Montørhåndboka utgave 5*, Elforlaget, 2014, pp. 67-156.
- [35] KMH elektro AS, «Valg av vern mot kortslutning og overbelastning,» 04 Juni 2014. [Internett]. Available: https://www.standard.no/Global/PDF/Elektro-NEK/Lavspenning/NEK_seminar_Eliaden_2014/1450-1520%20Spesialtema%20-%20vern%20-%20Kjell%20Morten%20Hansen.pdf. [Funnet April 2020].
- [36] R. Solheim, «Lavspenningsbrytere og utløsere,» i *Selektivitet i elektriske anlegg*, Tapir, 1987, pp. 105-123.
- [37] Nelfo, «Valg av vern - Schneider Electric,» N.A. [Internett]. Available: http://ffd.sc.kq.no/nelfo/febdok/veiledninger/faglig/Schneider_vernguide_Febdok_2020.pdf. [Funnet April 2020].
- [38] Nelfo, *Febdok (software)*, 1991.
- [39] ABB, «Selektivitet i lavspenningsinstallasjoner,» N.A. [Internett]. Available: <https://docplayer.me/4300390-Selektivitet-i-lavspenningsinstallasjoner-generellt-om-selektivitet-spesielle-utfordringer-dagens-losninger-fremtidens-losning.html>. [Funnet Februar 2020].
- [40] Nelfo, «Om Febdok,» N.A. [Internett]. Available: <https://www.nelfo.no/produkter-tjenester/programvare/febdok/om/>. [Funnet Mars 2020].
- [41] Norsk elektroteknisk komite, «Spørsmål og svar (FAQ),» 8 Januar 2019. [Internett]. Available: <https://www.nek.no/standarder/faq/>. [Funnet Mai 2020].

21 Vedlegg

1 Delmål fra forprosjektrapport (med revidering i rødt)

Delmål:

- Utføre risikovurdering for prosjekt
- Få oversikt over relevante forskrifter og normverk
- Kartlegging av eksisterende elektrisk anlegg
 - Transformatorer, hovedfordelinger, generatorer og underfordelinger
 - Tegne inn eventuelle og relevante utvidelser for det elektriske anlegget i oversiktsskjema (nye transformatorer, hovedfordelinger og UPS 'er)
- Hvordan å samkjøre IT-nett og TN-nett for det elektriske anlegget
 - Se på spenningsproblematikken
 - Se på jordingsproblematikken (**flytende nullpunkt**)
- Tilrettelegging for installasjon og beskyttelse av UPS.
 - Undersøke N-lederproblematikken med UPS (**flytende nullpunkt**)
 - Planlegge en pålitelig og redundant forsyningsmetode frem til gruppe 2 rom
- Velge leverandør av gruppe 2 roms-tavler, med tilhørende overvåkning og varslingsanlegg
- Se på løsninger av føringsveier for kabling
- Dimensjonere kabling og vern for nytt elektrisk anlegg fra transformator/er og generatorer frem til operasjonsstue, herunder også UPS
- Dokumentere at store nok feilstrømmer oppstår for å løse ut vern
- **Utføre selektivitetsanalyse når:**
 - UPS er i bypass modus (nettdrift)
 - UPS er i batterimodus
 - Det er generatordrift

Figur 44: Utklipp av delmål fra forprosjektrapport

2 Møtereferat og møteplan

Møte 1: 16.01.20 på sykehuset

Diskuterte diverse problemstillinger prosjektgruppen kunne skrive om. Det inkluderer: Ny nødstrømstyring på alt, solceller på nye somatikktilbygget, og forsyningssystemet frem til operasjonssaler i nye somatikkbygget.

Til stede: Mathias, Eirik, Runar, Tom.

Møte 2 på sykehuset 21.01.20:

Diskutert fremgangsmåte, og hvordan å angripe oppgaven fremover. Oppgaven gruppen landet på var å se på elektriske anlegget for operasjonssaler. Fått tips til temaer gruppen kan se på. Bestemt at befaringer skal skje i Førde og Haukeland. UPS-kurs i februar. Planlagt møte ang. medisinsk utstyr.

Til stede: Mathias, Eirik og Tom

Møte 3: sykehus 04.02.20

Styringsanlegg sterkstrøm, UPS generator, overtrykk i operasjonsstuer, Socomec IT-tavler

Haukeland 6. mars prøver vi på

Kurs Schneider og UPS i løpet av februar

Får tilsendt data for nettransformator, og Febdokfiler for generator

Prøve å få til en detaljert møteplan fremover (når passer befaring, møter, kurs, hva vil vi snakke om, tidsfrister osv...)

Transformator T2, eller T3

Niagara som overordnet SD anlegg, overvåkning og varsling

med honeywell regulator som styring, honeywell styrer ventilasjon, varme, belysning osv

belysning Glamox Optiwin 3D pro.

Til stede: Mathias, Eirik, Tom

Møte med veiledere 11.02.20

Oppgaven reflekterer ikke godt nok utdanningsløpet våres og må vinkles mer mot selve forsyningssystemet på sykehuset. Fikk følgende tilbakemeldinger fra veiledere:

Hva vil vi, og hvordan har vi fått det til? beskrives i rapport. Må konkretisere mer

Fokuserer KUN på nødstrømanlegg, fra nettransformator/er (generator, UPS) til operasjonssalene.

kan hele oppgaven omhandle det å påvise selektivitet og kortslutningssikkerhet for det elektriske anlegget?

Får vi et innblikk i hvordan anlegget på sykehuset er satt opp i dag?

Til stede: Mathias, Eirik, Runar, Bjarte, Aleks

Telefonmøte med Tom 12.02.20

Diskutert konkrete problemstillinger gruppen kan se på. Det inkluderer jordingsproblematikk og spenningsproblematikk IT/TN.

Lage et excelark hvor timer føres

Få på plass delmål, hovedmål og frister

Trafotilførsel smalt på sykehuset på mandag. gammel sikring slo seg ikke ut. Og generatordrift ble derfor ikke startet. Deler av sykehuset var strømløst i en time. Dette må unngås.

Til stede: Mathias, Eirik, Runar og Tom

Telefonmøte med Tom 20.02.2020

Sendte utkast av forprosjektrapport til Tom. Gikk gjennom problemstilling, hovedmål og delmål. Ble enig om videre utførelse av prosjekt. Diskuterte relevant litteratur.

Til stede: Mathias, Eirik, Runar og Tom

Møte på sykehus 25.02.2020

Fått utdelt faglitteratur og underskrevet prosjektkontrakt

Til stede: Mathias, Eirik, Runar og Tom

Skypemøte med veiledere onsdag 04.03.2020

Møte med veiledere ang videre plan for prosjekt. Snakket om kommende befaring på Haukeland universitetssykehus og diskuterte mulige løsninger for spenningsproblematikken som forekommer når generatorene er IT og installasjonen er TN.

Til stede: Mathias, Eirik, Runar, Bjarte, Aleks

Befaring på Haukeland fredag 06.03.2020

Møtte teknisk personell på Haukeland universitetssykehus. Snakket litt om anlegget der i dag og fremtidige planer. Fikk se hvordan overvåkningsanlegget så ut og fungerte. Fikk se fordelingsrom, tavlerom, UPS rom og batterirom.

Til stede: Mathias, Eirik, Runar, Bjarte Abildgård og Tom (i begynnelsen)

Skypemøte med Tom fredag 20.03.2020

Ettersom koronatiltak ble iverksatt tidligere i uken, diskuterte vi hvordan det vil påvirke oppgaven fremover. Gitt oppdatering på hva prosjektgruppen jobber med. Blitt enig om møtedato med Ernst ang. UPS.

Til stede: Mathias, Eirik, Tom

Skypemøte med Tom onsdag 25.03.2020

Gikk gjennom strukturen av anlegget slik som prosjektgruppen har designet. Ble enig om hvordan strukturen på anlegget skal bli seende ut. Snakket om kortslutningsverdier fra høyspentnettet og hvordan å skulle få tak i dette. Det ble foreslått å ta kontakt med Sunnfjord energi. Ble heller enig om å bruke kortslutningsverdier fra transformatoren til luftambulansbasen.

Til stede: Mathias, Eirik, Runar og Tom

Skypemøte med Ernst Olav angående UPS fredag 27.03.2020

Gikk gjennom UPS. Historie, forskjellige typer, endringer. Hvordan UPS fungerer i praksis.

Til stede: Mathias, Eirik, Runar og Ernst

skypemøte med Tom 02.04.2020

Gitt statusoppdatering på hva vi har, og hva vi jobber med. Diskutert ulike problemer med UPS anlegg. Spesielt så hva som skjer med kortslutningsstrømmen, hvis kortslutning skjer nedstrøms av en UPS. Var snakk om at statisk switch kunne føre kortslutningsstrømmen videre til andre UPS 'er. Mulig knivsikringer brukes i kurs ut fra UPS 'er.

Til stede: Mathias, Eirik, Runar og Tom

Skypemøte med Ernst Olav om batterier 03.04.2020

Fikk presentert en presentasjon om batterier og batterianlegg. Fikk også utdelt datablad for statisk switch, noe som trengs for beregninger i Febdok. Fikk beskjed om at 600 kVA UPS 'er skulle installeres istedenfor 500 kVA.

Til stede: Mathias, Eirik, Runar og Ernst

Skypemøte med Tom 16.04.2020

Har sendt utkast av Rapport til Tom. Fikk positive tilbakemeldinger på møte. Diskuterte eventuelle nye, og gamle problemstillinger vi kunne se på. Inkorporering av generatorer i Febdokfil, og selektivitetsanalyser.

Til stede: Mathias, Eirik, Runar og Tom

Skypemøte med Tom 22.04.2020

Videre Febdokdiskusjoner og generell statusoppdatering. Ble enig om å sende nytt utkast innen 1. mai til Tom, og veiledere på skolen.

Til stede: Mathias, Eirik, Runar og Tom

Skypemøte med Tom og Ernst 29.04.2020

Gitt statusoppdatering og diskutert selektivitetsanalyser. Viste nyeste problemstillingene i febdok til både Tom og Ernst. Drøftet eventuelle videre problemstillinger for oppgaven.

Til stede: Mathias, Eirik, Runar, Tom og Ernst

Skypemøte med Ernst angående batteridimensjonering 30.04.2020

Fikk god innføring i hvordan å dimensjonere batteribanker for UPS anlegg. Gikk gjennom datablad for typer batterier.

Til stede: Mathias, Eirik, Runar og Ernst

Skypemøte med Tom 07.05.2020

Gikk gjennom kommentarer fra Tom for oppgaven.

Til stede: Mathias, Eirik, Runar, Tom

Skypemøte med Tom 13.05.2020

Diskutert N-leder problematikken/flytende nullpunkt problematikk. Gitt generell statusoppdatering.

Til stede: Mathias, Eirik, Runar og Tom

Møte og intervju på sykehuset 19.05.2020

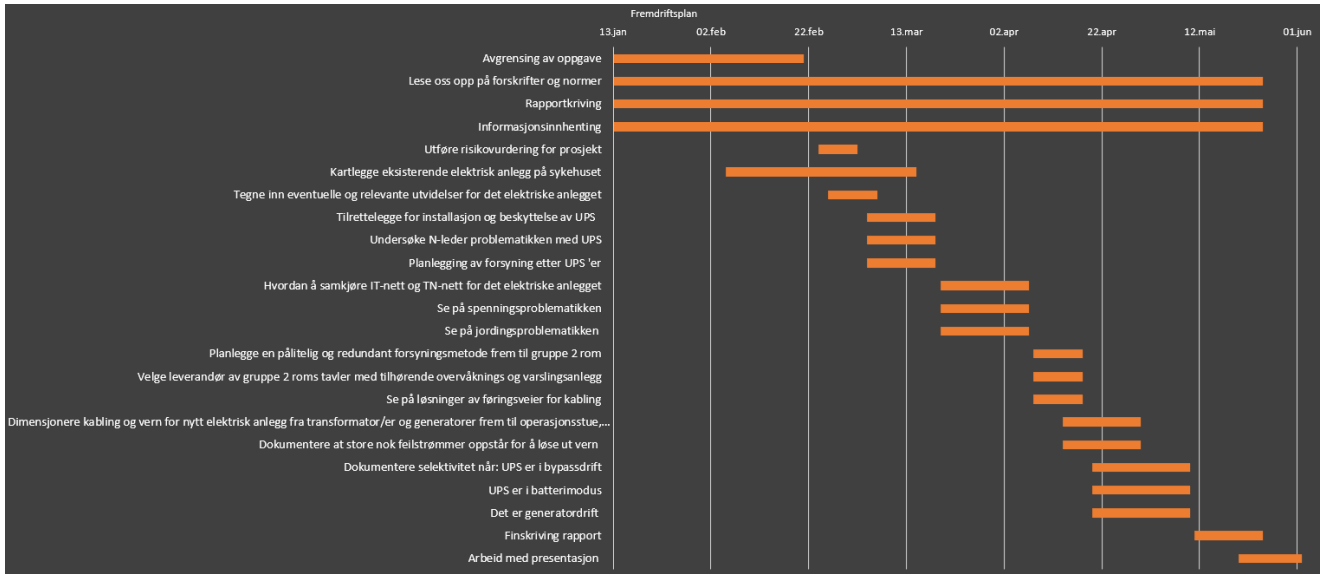
Leverte nytt utkast før møtet, og gikk gjennom kommentarer. Ble intervjuet av mediaansvarlig for Helse Førde.

Til stede: Mathias, Eirik, Runar og Tom

Tabell 6: Møteplan med kontaktperson

Dato	Ukedag	Klokkeslett	Hovedtema for møte
11.03	Onsdag	15:00	Struktur av anlegget og risikovurdering
18.03	Onsdag	15:00	UPS(N-leder problematikken, Installasjon og beskyttelse, forsyning)
25.03	Onsdag	15:00	Gjennomgang av rapporten
1.04	Onsdag	15:00	Presentasjon(Gå gjennom slides og idèer)
15.04	Onsdag	15:00	Spenningsproblematikk og Jordingsproblematikk
22.04	Onsdag	15:00	Føringsveier og ledningssystem
29.04	Onsdag	15:00	Dimensjonering (Kabler og vern)
6.05	Onsdag	15:00	Gjennomgang av selektivitetsberegninger
13.05	Onsdag	15:00	Pressemelding(Dato 15.05) og rapportskrivning
20.05	Onsdag	15:00	Rapportskrivning
28.05	Torsdag	15:00	Generalprøve for presentasjon

3 Gantt diagram og fremdriftsplan



Oppgave	Start	Avslutning	Antall Dager
Avgrensning av oppgave	13.jan	21.feb	39
Lese oss opp på forskrifter og normer	13.jan	25.mai	133
Rapportkriving	13.jan	25.mai	133
Informasjonsinnhenting	13.jan	25.mai	133
Utføre risikovurdering for prosjekt	24.feb	03.mar	8
Kartlegge eksisterende elektrisk anlegg på sykehuset	05.feb	15.mar	39
Tegne inn eventuelle og relevante utvidelser for det elektriske anlegget	26.feb	07.mar	10
Tilrettelegge for installasjon og beskyttelse av UPS	05.mar	19.mar	14
Undersøke N-leder problematikken med UPS	05.mar	19.mar	14
Planlegging av forsyning etter UPS 'er	05.mar	19.mar	14
Hvordan å samkjøre IT-nett og TN-nett for det elektriske anlegget	20.mar	07.apr	18
Se på spenningsproblematikken	20.mar	07.apr	18
Se på jordingsproblematikken	20.mar	07.apr	18
Planlegge en pålitelig og redundant forsyningsmetode frem til gruppe 2 rom	08.apr	18.apr	10
Velge leverandør av gruppe 2 roms tavler med tilhørende overvåknings og varslingsanlegg	08.apr	18.apr	10
Se på løsninger av føringsveier for kabling	08.apr	18.apr	10
Dimensjonere kabling og vern for nytt elektrisk anlegg fra transformator/er og generatorer frem til operasjonsstue, herunder også UPS	14.apr	30.apr	16
Dokumentere at store nok feilstømmer oppstår for å løse ut vern	14.apr	30.apr	16
Dokumentere selektivitet når: UPS er i bypassdrift	20.apr	10.mai	20
UPS er i batterimodus	20.apr	10.mai	20
Det er generatordrift	20.apr	10.mai	20
Finskriving rapport	11.mai	25.mai	14
Arbeid med presentasjon	20.mai	02.jun	13

4 Timelister for studenter

Mathias Moss						
Ukenr.	Dato	Beskrivelse	Fra	Til (inkludert pausetid)	Sum	
Uke 3	13.jan	forelesning, generell info om bachelor	10.00	12.00	2 timer	
	16.jan	Møte	15.00	16.00	1 time	
	17.jan	Informasjonsinnhenting og prosjektpåleggning	10.00	18.00	7 timer	
	18.jan	Informasjonsinnhenting	13.00	18.00	4,5 timer	
					14,5 timer	
Uke 4	21.jan	møte	14.00	16.00	2 timer	
	22.jan	Informasjonsinnhenting	14.00	18.00	4 timer	
	23.jan	Informasjonsinnhenting	13.00	18.00	4 timer	
					10 timer	
Uke 5	27.jan	Autocadkurs	15.00	20.00	4,5 timer	
	29.jan	FebDokkurs	10.00	15.00	4,5 timer	
	30.jan	Autocadkurs	10.00	17.00	6,5 timer	
					15,5 timer	
Uke 6	03.feb	forprosjektrapport	12.30	21.00	4,5 timer	
	05.feb	Informasjonsinnhenting og møte	14.00	16.00	2 timer	
	06.feb	Autocadkurs	10.00	16.00	5,5 timer	
	07.feb	forprosjekt og Informasjonsinnhenting	12.00	20.00	3 timer	
	08.feb	Informasjonsinnhenting og forprosjekt	13.00	15.00	2 timer	
					17 timer	
Uke 7	10.feb	autocadkurs	12.30	16.00	3,5 time	
	11.feb	Informasjonsinnhenting og møte	10.00	16.00	5 timer	
	12.feb	forprosjektrapport og avgrensning av oppgave	10.30	16.00	3,5 timer	
	13.feb	Informasjonsinnhenting og forprosjektrapport	14.00	17.00	2,5 timer	
	14.feb	Informasjonsinnhenting og forprosjektrapport	12.00	18.00	3 timer	
	15.feb	Informasjonsinnhenting og forprosjektrapport	15.00	18.00	2,5 timer	
					20 timer	
Uke 8	17.feb	forprosjektrapport, laget felles timeliste i Excel	12.00	16.00	3,5 timer	
	18.feb	forprosjektrapport	14.00	18.00	4 timer	
	19.feb	forprosjektrapport	11.00	17.00	6 timer	
	20.feb	Forprosjektrapport	11.00	16.30	5,5 timer	
	21.feb	Forprosjektrapport	12.30	17.00	4 timer	
					Forprosjektrapport ferdig	
					23 timer	
					100 timer	
Uke 9	24.feb	Informasjonsinnhenting		12.00	16.00	4 timer
	25.feb	Møte, generell Informasjonsinnhenting		14.00	20.00	5 timer
	27.feb	Generell Informasjonsinnhenting		15.30	17.30	2 timer
	28.feb	Generell Informasjonsinnhenting				5 timer
	29.feb	Generell Informasjonsinnhenting				5 timer
					21 timer	
Uke 10	02.mar	Jobbet med strukturen for installasjonen		12.00	17.00	5 timer
	03.mar	Utført risikovurdering for 'utkast' av anlegg		13.30	17.00	3,5 timer
	04.mar	Møte med veiledere		10.00	11.00	1 time
	05.mar	Reise til Bergen		14.45	18.30	3,5 timer
	06.mar	Befaring Haukeland/rapportskriving om Haukeland		13.30	19.00	5 timer
					18 timer	
Uke 11	10.mar	Rapportskriving		20.00	22.30	3,5 timer
	13.mar	Rapportskriving, sett på krav til ledningssystemer		20.00	23.00	3 timer
	14.mar	Rapportskriving og infohenting om ledningssystem for nødstrøm (forskjellige type kabling)		20.00	23.30	3,5 timer
	15.mar	Rapportskriving og infohenting om ledningssystem for nødstrøm		15.00	21.00	5,5 timer
					15,5 timer	
Uke 12	17.mar	Rapportskriving og infohenting om N-leder problematikken og flytende nullpunkt		15.00	21.00	4 timer
	18.mar	Febdok, rapport, skrevet om N-leder probelamtkken og flytende nullpunkt		18.00	23.00	3 timer
	19.mar	Febdok, rapport, skrevet om ledningssystemer og valg av kabling for nødstrømskurser		16.00	21.00	3 timer
	20.mar	Skypemøte med kontaktperson		15.30	16.30	1 time
22.mar	Rapport og infohenting		15.00	21.00	4 timer	
					15 timer	
Uke 13	23.mar	Informasjonsinnhenting om N-leder problematik og flytende nullpunkt		12.30	19.00	5,5 timer
	24.mar	Rapportskriving, tegnet revidert struktur på anlegget		15.00	19.00	3 timer
	25.mar	Skypemøte, rapport, febdok		14.00	21.00	5 timer
	26.mar	Blitt enig om struktur, rapport, skrevet om kortslutningsytelse fra UPS		14.30	19.30	4 timer
	27.mar	Skypemøte med Ernst om UPS, skypemøte med gruppe		13.00	15.30	2,5 timer
29.mar	Rapportskriving om sprinkleranlegg og brannenergi langs rømningsveier		14.00	18.30	4 timer	
					24 timer	

Uke 14	30.mar Rapport og infohenting om kortslutningsbeskyttelse og overbelastningsbeskyttelse	14.00	18.00	3 timer	
	31.mar Rapport og infohenting om overbelastningsbeskyttelse	14.30	21.00	5 timer	
	01.apr Rapport, skrevet om kortslutningsbeskyttelse	13.30	17.00	3,5 timer	
	02.apr Infohenting, rapport, skrevet om kortslutningsbeskyttelse og møte med Tom	12.30	20.00	6 timer	
	03.apr Møte om Batterier med Ernst og rapport, skrev om N-leder problematikk	13.00	18.00	4,5 timer	
	04.apr planlegging for videre jobbing	21.00	23.00	2 timer	
	05.apr Rapport og infohenting om batterityper, VRLA og litium	14.00	19.00	4,5 timer	
					28,5 timer
Uke 15	06.apr Febdokberegninger, så på selektivitet og tidsforsinkelser på vern. Oppdatert møtelogg	13.30	20.30	5,5 timer	
	07.apr informasjonsinnhenting, biblioteket til HVL har gjort mange av sine bøker tilgjengelig online	17.00	20.00	4 timer	
	08.apr informasjonsinnhenting om vern fra schneider, febdok, selektivitetsanalyse	15.00	22.30	6 timer	
	09.apr Sett på kildehenvisning og søkemotode	15.00	17.00	2 timer	
	12.apr informasjonsinnhenting om selektivitet, skrevet om søkemotode	13.30	19.00	5 timer	
					22,5 timer
Uke 16	13.apr gått gjennom foreløpig rapport med prosjektgruppen	14.00	19.00	5 timer	
	14.apr gått gjennom foreløpig rapport med prosjektgruppen, informasjonsinnhenting transformator, vært i kontakt med representanter fra Møre trafo og Febdok	14.00	20.00	5 timer	
	15.apr rapportskrivning og Febdok. har prøvd å inkorporere generatoranlegg med tilhørende transformator i Febdok i eksisterende anlegg	14.00	20.00	5 timer	
	16.apr Febdokberegninger, drøfting i rapport ang febdok	13.30	20.00	6 timer	
	19.apr Drøfting ang IT-tavler	15.00	17.00	2 timer	
					23 timer
Uke 17	20.apr Infohenting og rapportskrivning om selektivitet	19.00	23.00	3 timer	
	21.apr Febdokberegninger	14.30	20.00	5 timer	
	22.apr Møte med kontaktperson, selektivitetsanalyser i Febdok, skrevet om utfordringer i Febdok	14.00	21.00	6 timer	
	23.apr Skrevet om transformatoranlegg i generatorkurs, skrevet utkast til 'forord', fortsatte å se på problemstillinger knyttet til Febdok	14.00	20.00	5 timer	
	24.apr Skrevet om føringsveier	18.00	21.30	3 timer	
					22 timer
Uke 18	27.apr Skrevet om føringsveier og strømføringsveier	14.00	20.00	5 timer	
	28.apr gått gjennom rapport med prosjektgruppe	14.00	20.00	6 timer	
	29.apr Møte med kontaktperson og prosjektgruppen, diskutert selektivitet i febdok, skrevet om febdokberegninger i rapport	13.30	23.00	7 timer	
	30.apr Skypemøte med Ernst, ang. Batteridimensjonering, dimensjonert batterikapasitet	12.30	22.30	6 timer	
	01.mai Sett på anleggets arkitektur, gjort småendringer i rapport	18.00	21.00	3 timer	
					27 timer
Uke 19	04.mai gått gjennom kommentarer fra veileder om rapport, diskutert plakater	13.00	15.00	2 timer	
	05.mai Gått gjennom rapport, gjort småendringer	19.00	21.00	3 timer	
	06.mai Oppdatert møtelogg. Arbeid i Febdok, gjort endringer i rapport, drøftet ang Febdok, sett nærmere på spenningsfall og hvorfor det er så høyt	12.00	23.00	7 timer	
	07.mai Møte med foreleser, skrevet mer om spenningsfall i rapport, gått gjennom kommentarer fra veileder med prosjektgruppen, møte med Tom	10.00	22.00	7 timer	
	08.mai Gått gjennom rapport, diskutert ledningssystemer og gjort endringer i rapport	12.00	20.00	7 timer	
	10.mai Ryddet opp i kilder	12.30	13.30	1 time	
					27 timer
Uke 20	11.mai Revidering av forprosjektrapport, begynt på arbeid med sammendrag og konklusjon	19.00	23.00	3,5 timer	
	12.mai skrevet om litt på ledningssystemer, Febdok	12.00	21.00	7 timer	
	13.mai Skrevet pressemelding, gjort endringer i rapport, møte med kontaktperson	12.00	21.30	7 timer	
	14.mai fått inn figurtekster og figurtabell, skrevet utkast for konklusjon	12.30	21.00	6 timer	
	15.mai gjort endringer i rapport, Febdok og drøftet ang febdok	12.30	20.00	6 timer	
	16.mai gjort endringer i rapport, sett på innledning, kildehenvisning	13.30	20.00	6 timer	
	17.mai Kildehenvisning	17.00	18.30	1,5 timer	
					37 timer
Uke 21	18.mai Sendt nytt utkast av rapport til veileder på skolen og kontaktperson, gjort generelle endringer i rapport, lagt inn vedlegg	12.30	21.00	7,5 timer	
	19.mai Rapportendringer, intervju, skrevet om pressemelding,	01.30	21.30	8 timer	
	20.mai Gjør endringer i rapport, gått gjennom kommentarer fra veileder	12.30	18.30	6 timer	
	21.mai Gått gjennom rapport, lagt inn vedlegg, gjort småendringer	12.00	19.00	6,5 timer	
	22.mai Møte med veileder, gått gjennom rapport, gjort småendringer, Febdok	12.30	21.00	8 timer	
	23.mai Prosjektadministrasjon, korrekturlesing	12.30	20.00	7 timer	
	24.mai Korrekturlesing	12.30	19.30	5 timer	
					48 timer
Uke 22	25.mai Levert rapport	12.00	14.00	2 timer	prosjektperiode timer
	26.mai For arbeid med plakater og presentasjon setter prosjektgruppen av 40-50 timer per person frem til 2 juni				330,5 timer
					arbeid med presentasjon
					50 timer
					Totalt timebruk
					480,5 timer

5/23/2020

ProResult - Timelister Eirik

Timelister Eirik



103 Bachelor

Uke	Dato	Timer
03	16.01.2020	1,00
03	17.01.2020	3,50
uke 03:		4,50
05	27.01.2020	5,00
05	29.01.2020	4,50
05	30.01.2020	6,50
uke 05:		16,00
06	03.02.2020	6,00
06	06.02.2020	6,50
uke 06:		12,50
07	10.02.2020	6,00
07	11.02.2020	3,75
07	12.02.2020	4,50
07	12.02.2020	0,75
07	13.02.2020	4,00
07	15.02.2020	2,50
uke 07:		21,50
08	19.02.2020	5,75
08	20.02.2020	6,00
uke 08:		11,75
09	24.02.2020	5,00
uke 09:		5,00
10	02.03.2020	3,08
10	02.03.2020	2,75
10	06.03.2020	3,50
10	08.03.2020	8,50
uke 10:		17,83
11	09.03.2020	4,00
11	10.03.2020	6,00
11	11.03.2020	6,00
11	13.03.2020	1,50
11	14.03.2020	5,50
11	15.03.2020	9,50
uke 11:		32,50
12	16.03.2020	7,00
12	20.03.2020	9,50
12	22.03.2020	5,00
uke 12:		21,50
13	23.03.2020	5,00
13	24.03.2020	5,00
uke 13:		10,00
14	02.04.2020	6,00
14	05.04.2020	7,00
uke 14:		13,00

https://proresult.no/adm/Rtimeravs.php?rapport_tittel=Timelister%20Eirik&fra=01.12.2019&til=31.05.2020.. 1/2

5/23/2020

ProResult - Timelister Eirik

Uke	Dato	Timer
15	12.04.2020	7,50
uke 15:		7,50
16	13.04.2020	2,00
16	14.04.2020	6,00
16	16.04.2020	4,00
16	17.04.2020	10,00
uke 16:		22,00
17	20.04.2020	7,50
17	21.04.2020	8,50
17	22.04.2020	8,50
17	23.04.2020	6,50
17	24.04.2020	8,50
17	25.04.2020	7,00
uke 17:		46,50
18	28.04.2020	7,00
18	29.04.2020	8,00
18	30.04.2020	8,00
18	01.05.2020	6,00
uke 18:		29,00
19	04.05.2020	8,00
19	05.05.2020	7,75
19	06.05.2020	8,00
19	08.05.2020	8,00
uke 19:		31,75
20	11.05.2020	9,50
20	12.05.2020	8,50
20	13.05.2020	9,00
20	14.05.2020	7,50
20	15.05.2020	9,00
20	16.05.2020	7,00
uke 20:		50,50
21	18.05.2020	9,00
21	19.05.2020	10,00
21	22.05.2020	8,50
21	24.05.2020	8,50
uke 21:		36,00
prosjekt 103 Bachelor:		389,33

https://proresult.no/adm/Rtimeravs.php?rapport_tittel=Timelister%20Eirik&fra=01.12.2019&til=31.05.2020.. 2/2

5/23/2020

ProResult - Timelister Runar

Timelister Runar



103 Bachelor

Uke	Dato	Timer
03	17.01.2020	3,50
uke 03:		3,50
04	22.01.2020	4,75
04	24.01.2020	8,00
uke 04:		12,75
05	01.02.2020	4,42
uke 05:		4,42
06	03.02.2020	4,75
06	04.02.2020	6,67
06	06.02.2020	3,75
06	07.02.2020	4,75
uke 06:		19,92
07	10.02.2020	4,00
07	11.02.2020	3,50
07	11.02.2020	1,50
07	12.02.2020	2,42
07	12.02.2020	1,75
07	12.02.2020	1,67
07	13.02.2020	4,00
07	15.02.2020	2,67
07	16.02.2020	8,00
uke 07:		29,51
08	17.02.2020	4,58
08	18.02.2020	2,00
08	19.02.2020	6,75
08	20.02.2020	3,92
08	20.02.2020	0,83
08	20.02.2020	0,75
08	21.02.2020	4,67
08	23.02.2020	0,50
uke 08:		24,00
09	24.02.2020	3,75
09	25.02.2020	1,42
09	25.02.2020	1,08
uke 09:		6,25
10	02.03.2020	4,92
10	03.03.2020	1,37
10	04.03.2020	1,42
10	04.03.2020	2,00
10	06.03.2020	2,17
uke 10:		11,88
11	09.03.2020	0,58
uke 11:		0,58
13	24.03.2020	1,08

5/23/2020

ProResult - Timelister Runar

Uke	Dato	Timer
13	24.03.2020	4,50
13	25.03.2020	6,00
13	25.03.2020	0,75
13	25.03.2020	0,33
13	26.03.2020	5,67
13	27.03.2020	1,50
13	27.03.2020	1,42
13	28.03.2020	0,92
13	28.03.2020	0,25
13	28.03.2020	0,75
13	29.03.2020	0,83
uke 13:		24,00
14	30.03.2020	3,17
14	30.03.2020	1,50
14	31.03.2020	5,83
14	31.03.2020	2,50
14	01.04.2020	1,17
14	01.04.2020	1,00
14	02.04.2020	1,00
14	03.04.2020	1,58
uke 14:		17,75
15	06.04.2020	0,50
15	07.04.2020	1,17
15	07.04.2020	0,75
15	07.04.2020	1,75
15	08.04.2020	6,83
15	09.04.2020	0,83
15	11.04.2020	2,92
uke 15:		14,75
16	13.04.2020	3,25
16	14.04.2020	1,25
16	15.04.2020	1,42
16	16.04.2020	1,08
16	16.04.2020	5,17
16	18.04.2020	0,42
16	18.04.2020	3,50
16	19.04.2020	2,33
16	19.04.2020	0,58
uke 16:		19,00
17	21.04.2020	9,08
17	22.04.2020	0,42
17	22.04.2020	0,92
17	23.04.2020	1,00
17	24.04.2020	4,00
uke 17:		15,42
18	27.04.2020	5,50
18	28.04.2020	5,33
18	29.04.2020	0,83
18	29.04.2020	6,33
18	30.04.2020	1,00
18	30.04.2020	5,58
18	02.05.2020	3,50

5/23/2020

ProResult - Timelister Runar

Uke	Dato	Timer
18	02.05.2020	8,00
18	03.05.2020	5,00
uke 18:		41,07
19	04.05.2020	8,00
19	05.05.2020	4,67
19	06.05.2020	5,50
19	06.05.2020	2,50
19	07.05.2020	0,50
19	07.05.2020	4,33
19	07.05.2020	1,17
19	07.05.2020	4,00
19	08.05.2020	6,00
19	09.05.2020	5,00
19	10.05.2020	6,68
uke 19:		48,35
20	11.05.2020	7,50
20	12.05.2020	5,00
20	13.05.2020	8,00
20	13.05.2020	0,58
20	14.05.2020	3,17
20	15.05.2020	3,50
20	16.05.2020	1,00
20	17.05.2020	6,10
uke 20:		34,85
21	18.05.2020	6,90
21	19.05.2020	1,25
21	19.05.2020	3,17
21	20.05.2020	7,00
21	21.05.2020	8,00
21	22.05.2020	8,00
21	23.05.2020	8,25
uke 21:		42,57
prosjekt 103 Bachelor:		370,57

Sannsynligheten for jordfeil blir større, da det blir et større IT-system (større areal, flere kurser). Det vil også kunne bli vanskeligere å lokalisere eventuelle jordfeil. Det kan oppstå jordfeil i ett rom, og jordfeilen kan da vandre videre til det andre rommet. Andre konsekvenser vi tar hensyn til er blant annet nettutfall, kortslutninger, overbelastning på kretsen og brannfare (Se tabell 2 for fullstendig risikovurdering). Hvis det skulle forekomme at IT-systemet mister strømtilførsel på grunn av dette vil to rom bli strømløse, istedenfor ett.

Selv med god overvåkning, god varsling og ett trygt dimensjonert elektrisk anlegg ser vi på nevnte problemer som for store til å sammenslå gruppe 2 rom. Vi prioriterer sikkerhet fremfor alt, og denne løsningen vil kunne gå ut over sikkerheten for pasienter. Arbeidsgruppen anbefaler derfor ett rom for ett medisinsk IT-system.

Transformator

Eksisterende tre-fas 10kVA transformatorer må byttes ut til en-fas transformatorer. «*Det skal benyttes minst en enfasetransformator pr. rom eller funksjonelle gruppe av rom for å etablere det medisinske IT-systemet*» [1]. Transformatorer som blir brukt i medisinske IT-system «*skal ha en merkeytelse på $> 0,5\text{KVA}$ og skal være $< 10\text{KVA}$* » [1].

De fleste transformatorene som produseres av tidligere nevnte produsenter (Medsys, Bendar, Noratel) har typisk en effektfaktor på 0,9 - 1,0. det medfører at man får ut en aktiv effekt på 9 - 10KW. Noratel sin 10KVA transformator har tomgangstap på 29W, og fullasttap på 346W [5].

Man kan gå frem for å velge størrelse på transformatoren på forskjellige måter. Størrelse kan velges ved å finne ut nøyaktig total effektforbruk for hvert rom, og legge til 20% for sikkerhet og utvidelse. Istedenfor å bruke tid og ressurser på dette, kom vi frem til at den mest effektive og beste løsningen vil være å ta i bruk en 10KVA transformator for hvert medisinsk IT-system. Dermed vil man ha tilgang på nok effekt, også med tanke på fremtidige utvidelser. Som referanse, trekker en typisk operasjonssal i dag 4,5kW [6].

6 Datablad for UPS

Technical data									
DELPHYS GP									
Sn [kVA]	160	200	250	300	400	500	600	800	1000
Pn [kW]	160	200	250	300	400	500	600	800	1000
Input/output	3/3								
Parallel configuration	up to 4 MW								
INPUT									
Rated voltage	400 V 3ph								
Voltage tolerance	200 V to 480 V ⁽¹⁾								
Rated frequency	50/60 Hz								
Frequency tolerance	± 10 Hz								
Power factor / THDI	> 0.99 / < 2.5% ⁽²⁾								
OUTPUT									
Power factor	1 (according to IEC/EN 62040-3)								
Rated voltage	3ph + N 400 V								
Voltage tolerance static load	± 1% dynamic load in accordance with VFI-SS-111								
Rated frequency	50/60 Hz								
Frequency tolerance	± 2% (configurable for GenSet compatibility)								
Total output voltage distortion linear load	ThdU < 1.5%								
Total output voltage distortion non-linear load (IEC 62043-3)	ThdU < 3%								
Short-circuit current ⁽³⁾	up to 3.4 x In								
BYPASS									
Rated voltage	rated output voltage								
Voltage tolerance	± 15% (configurable from 10% to 20%)								
Rated frequency	50/60 Hz								
Frequency tolerance	± 2% (configurable for GenSet compatibility)								
EFFICIENCY									
Online mode @ 40% of load	up to 96%								
Online mode @ 75% of load	up to 96%								
Online mode @ 100% of load	up to 96%								
Fast EcoMode	up to 99%								
ENVIRONMENT									
Operating ambient temperature	from 0 °C up to +40 ⁽¹⁾ °C (from 15 °C to 25 °C for maximum battery life)								
Relative humidity	0% - 95% without condensation								
Maximum altitude	1000 m without derating (max. 3000 m)								
Acoustic level at 1 m (ISO 3746)	< 65 dBA	< 67 dBA	< 70 dBA	< 72 dBA	< 74 dBA				
UPS CABINET									
Dimensions	W	700 mm	1000 mm	1400 mm	1600 mm	2800 mm	3510 mm	3910 mm	
	D	800 mm	950 mm	800 mm	950 mm	950 mm			
	H	1930 mm						2060 mm	
Weight	470 kg	490 kg	850 kg	900 kg	1000 kg	1500 kg	2300 kg	2800 kg	3850 kg
Degree of protection	IP20 (other IP as option)								
Colours	cabinet: RAL 7012, door: silver grey								
STANDARDS									
Safety	IEC/EN 62040-1, AS 62040.1.1, AS 62040.1.2								
EMC	IEC/EN 62040-2, AS 62040.2								
Performance	IEC/EN 62040-3, AS 62040.3								
Seismic compliance ⁽⁴⁾	Uniform Building Code UBC-1997, EN 60068-3-3/1993 (seismic), EN 60068-2-6/2008 (sinusoidal), EN 60068-2-47/2005 (mounting).								
Product declaration	CE, RCM (E2376)								

(1) Conditions apply. (2) Worst condition (Auxiliary Mains not available). (3) With input THDI < 1%. (4) 160, 200 and 500 kVA/kW models.

Figur 45: Datablad for Delphys GP UPS

7 Teknisk data Load Transfer Modules fra Socomec

TECHNICAL DATA

ELECTRICAL CHARACTERISTICS	
Single-phase voltage + N	220/230/240 V
Three-phase voltage + N	380/400/415 V
Input voltage tolerance	configurable up to $\pm 20\%$
Frequency	50 or 60 Hz
Frequency tolerance	configurable up to $\pm 10\%$
Admissible overload	
10 sec	200 %
2 mn	150 %
Short circuit capability	20 to 60 In*
Three-phase non linear loads capability	neutral rating 1.7 In*
Transfer mode	synchronous / asynchronous with open transition type transfer
Compatibility with neutral systems	with/without neutral switching
UPS synchronisation when by-pass mains is absent	ACS function to be integrated in SOCOMECS SICON UPS range
ENVIRONMENT	
Protection index	IP20 (up to IP43)
Colour	RAL 9001
Operating ambient temperature	10°C to 40 °C

* according to rating

8 Socomec medisinske IT-tavler

MEDSYS range

MEDSYS range complies with all class level for group 0, 1 and 2 as define in IEC 60364-7-710 standard.

Basic configuration **MEDSYS 20**

Including all necessary components to protect people against direct and indirect contact. Supplied by UPS or raw mains.

Intermediate configuration **MEDSYS 30 CD**

Including all necessary components to protect people against direct and indirect contact. Supplied by 2 normal/safety incomers.

Complete configuration **MEDSYS 40**





Including all necessary components to protect people against direct and indirect contact. Supplied by 2 UPS incomers.

Complete configuration **MEDSYS 60**

Including all necessary components to protect people against direct and indirect contact. Supplied by one or by 2 normal/safety incomers.

Selection guide

Four versions and eight configurations are available to allow you to find the perfect solution adapted to your application.

	Basic configuration		Intermediate configuration	Complete configuration				
								
	MEDSYS 20		MEDSYS 30 CD	MEDSYS 40		MEDSYS 60		
	A	B	A	A	B	A	B	C
Incomers								
1 Incomer from UPS/ normal	*	*						
1 UPS Incomer and 1 safety Incomer			*					
2 UPS Incomers				*	*			
1 normal Incomer						*		
2 normal/safety Incomers							*	*
Insulation transformer								
Power (kVA)	4	6.3	10	10	2 x 6.3	10	10	2 x 10
Covered (stand-alone)	*	*						
Integrated			*	*	*	*	*	*
Incomer Switching Type								
Tripping Load break switch	*	*				*		
Static transfer switch STATYS				*	*			
Automatic transfer switch ATYS M			*				*	*
Integrated UPS								
Uninterruptible power supply (UPS) MÔDULYS or NETYS RT						*	*	*
Distribution								
TN-S		*	*	*	*	*	*	*
IT-M (ISOM K-40h)	*	*	*	*	*	*	*	*
Remote Alarm Panel								
Alarm visualisation ISOM D-15h	*	*	*	*	*	*	*	*
Options								
Surge protection device (SURGYS D40)	*	*	*	*	*	*	*	*
Earth fault location device ISOM DigIware	Consult us	Consult us	*	*	*	*	*	*
Dimensions								
H x W x D (mm)	630 x 403 x 129		1800 x 400 x 400	2000 x 800 x 800		2200 x 800 x 800		

9 Noratel medisinske IT-tavler

IMED Secure® system components

IMED Secure® cabinet

The IMED Secure® cabinet contains all described modules, completely wired together and pre-configured. Only the cables for the supply lines and supply circuits have to be connected to the terminals.

Features:

Switchboard cabinet Cubic AS or Stiebel Eltron
SwitchoverUnit SU-0109
TrafoGuard TG-0109
IsoLocator IL-0109
GateWay GW-0109
Isolating transformer IMED _s
Load contactors for supply lines
Circuit breakers and load switches for supply lines and output circuits
Sensors and signaling devices
AlarmPanel APO or API

Dimensions:

W x H x D 1008 x 2040 x 240 mm (standard)
wiring area on the side



New in the product range:

Slim-line version

W x H x D 579 x 2018 x 220 mm
wiring area on the top




10 Datablad for batteri

PRODUKTARK BATTERI

NorBat Standard Serie

LFP12180EUT11 - 12V 180Ah



Mellomforbindelser:

Varenummer	MFS60-80-8 MFS60-70-8
Boltdiameter	8 mm
Tiltrekningsmoment	12 Nm

Polbeskytter:

Varenummer	Ikke nødvendig
------------	----------------

Nominell spenning	12 V	
Kapasitet (10 timer, 25°C)	180 Ah	
Design life	13 -15 års	
Tiltrekningsmoment	12 Nm	
Dimensjon	Lengde	546 ±3 mm
	Bredde	125 ±2 mm
	Hayde	317 ±2 mm
	Total høyde	323 ±2 mm
Ca. vekt	56 kg ±4%	

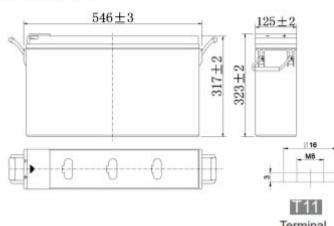
Utladekarakteristikk (A, 25 °C):

F.V/TID	15 min	30 min	60 min	2 t	3 t	4 t	5 t	6 t	8 t	10 t	20 t
9.60 V	297	176	112	65.8	45.9	37.6	32.1	28.1	22.0	18.3	9.62
9.90 V	290	173	110	65.4	45.6	37.4	31.9	27.9	21.9	18.3	9.60
10.2 V	279	168	107	64.8	45.3	37.2	31.7	27.7	21.8	18.2	9.57
10.5 V	270	164	105	63.8	45.0	36.9	31.5	27.5	21.6	18.1	9.52
10.8 V	255	158	102	62.2	43.7	35.8	30.6	26.7	21.0	18.0	9.45


Utladekarakteristikk (Watt, 25 °C):

F.V/TID	15 min	30 min	60 min	2 t	3 t	4 t	5 t	6 t	8 t	10 t	20 t
9.60 V	3 261	1 979	1 272	762	540	443	380	332	262	219	115
9.90 V	3 183	1 940	1 253	757	537	440	378	330	260	218	115
10.2 V	3 065	1 880	1 221	750	533	437	375	328	258	218	115
10.5 V	2 961	1 835	1 197	739	529	434	372	326	257	216	114
10.8 V	2 805	1 767	1 160	720	513	421	361	316	249	215	113

Dimensjon (mm):




Indre motstand (Fullt ladet 25 °C)	Ca. 3.8 mΩ	
Kapasitet influert av temperatur (10 timer)	40 °C	102 %
	25 °C	100 %
	0 °C	85 %
	-15 °C	65 %
Selvutladning (25 °C)	3 måneder	Restkapasitet: 91 %
	6 måneder	Restkapasitet: 82 %
	12 måneder	Restkapasitet: 65 %
Nominell driftstemperatur	25 °C ±3 °C	
Driftstemperatur intervall	-15 °C - +50 °C	
Ladespenning (float)	13.50 til 13.80 V	
Ladespenning (cyklisk)	14.50 til 14.90 V	
Maks ladestrom	54 A	
Terminalmaterialet	kobber	
Maks utladestrom	1300 A (5 sek.)	



Coromatic ensures that organizations can keep their business operations running without disruptions. As the leading provider of Critical Facilities Solutions, such as data centers, we safeguard power and data communications supply.

COROMATIC.no Phone: 22 76 40 00 salg@coromatic.no



11 Eksempel på Funksjonssikker og halogenfri kabel

BFSI og BFSI-EMC 0,6/1 kV ALSECURE PLUS med kobberleder

BFSI 0,6/1kV 3x16/16

Kontakt
Installasjonskabel
firmapost@nexans.com

Internasjonal betegnelse: BFSI 0,6/1kV 3x16/16

Nexans ref.: 10021867

EL nummer: 1067286

GTIN (EAN 13): 7045210009309

Funksjonssikker, halogenfri installasjonskabel

BESKRIVELSE

Anbefalt brukt i alle slags typer rom inndørs, samt utendørs. Kan forlegges direkte i jord uten ekstra beskyttelse. Brukes der det er krav om at kabelens funksjon skal opprettholdes ved brann, f.eks. som tilførselskabel til heis. Produktet er konstruert og testet for funksjonssikkerhet i minst 90 minutter og temperaturer opp til 1000 grader Celsius under brann.

Kobberskjermen er dimensjonert slik at den tilfredstiller kravene til jordleder (PE).

Mindre tverrsnitt leveres i EMC utførelse, som fremgår av "-EMC" i det enkelte produktnavn. Standard BFSI har skjerm av kobbertråder i spiral og kobberbånd i motspiral. EMC variantene har skjerm av langsgående aluminiumsbånd (med åpning/ glippe ikke større enn 4 mm) i kontakt med jordleder. Ytre kappe lar seg avmantle/ skilles fra alu-tape(sjerm).

Produktet tilfredstiller krav satt i NEK-HD 604-5D, som inkluderer spesifikke krav til kuldebestandighet og vanninntrenging, tilpasset for norske forhold.

BFSI 0,6/1 kV er en halogenfri og funksjonssikker utgave av kabeltypen PFSP 0,6/1 kV.



Lifemark™

STANDARDS

Internasjonal IEC 60228;
IEC 60331-21 ; IEC 60332-1-2;
IEC 60332-3 Cat C;
IEC 60754-1; IEC 60754-2;
IEC 61034

Norsk NEK HD 604-5D



Blyfri
Ja



Halogenfri
Ja



Leder fuktkabilt
Flærådet, klasse
2



Normert spenning i
3 fase systemer U_n
0,6/1 kV



Kabelfuktkabilt
For fast
installasjon



Max conductor
temp in service
90 °C



Brannbeskyttet
IEC 60331



Flammeharmonisert
IEC 60332-3,
kategori C

All teknisk design, spesifikasjon, priser og størrelser er vist. Alle data og dimensjoner i Nexans tekniske eller kommerisielle dokumenter er
gjenstand for endring uten forvarsel. Nexans er ikke ansvarlig for feil i tekniske data.

Generert 18.05.2023 www.nexans.no Side 1 / 2

BFSI og BFSI-EMC 0,6/1 kV ALSECURE PLUS med kobberleder

BFSI 0.6/1kV 3x16/16

Kontakt
Installasjonskabel
firmapost@nexans.com

EGENSKAPER

Konstruksjonsegenskaper	
Ledertype	Flertrådet, rund
Blyfri	Ja
Halogenfri	Ja
Med gul/grønn leder	Nei
Leder fleksibilitet	Flertrådet, klasse 2
Kappefarge	Orange
Isolasjon	PEX + micabånd
Ytre kappe	Polyetylen - PE
Ledermateriale	Glødd kobber
Redusert tverrsnitt nøytralleder	Nei
Dimensjonsegenskaper	
Antall ledere	3
Lederdiameter	4,8 mm
Antall enkelttråder i leder	7
Ledertverrsnitt	16 mm ²
Skjermtverrsnitt	16 mm ²
Nominell ytre diameter	22,4 mm
Vekt (ca.)	100,0 kg/100m
Vekt (ca.)	1000 kg/km
Elektriske egenskaper	
Normert spenning i 3 fase systemer UoU	0.6/1 kV
Mekaniske egenskaper	
Kabelfleksibilitet	For fast installasjon
Bruksegenskaper	
Maks. tillatt ledertemperatur	90 °C
Brannbeskyttet	IEC 60331
Flammehemmende	IEC 60332-3, kategori C
Forpakning	Trommel

INFORMASJON

Kabelen er merket med LIFEMARK™.



12 Noen beregningsentraler fra Febdok og verninnstillinger (nettdrift inkludert UPS)

Hoveddata

DATA FOR FØRSTE FORDELING (leveringspunkt, tilknytningspunkt)			
Identifikasjon	LVNET		
Lastbeskrivelse			
Antall faser	3		
Fasekobling	L1-L2-L3-N		
Dimensjonerende laststrøm	2309,40 A		
Temperatur i fordeling	30,00 °C		
Jording/utjevning	/ Utjevning		
Fordelingstype	TN-S		
Sammenlagret strøm [A]	L1: 54,0 L2: 54,0 L3: 54,0 N: 0,0		
Totale tap [kW]	16,200		
Kommentarer			
DATA FOR FORANLIGGENDE NETT			
I_{k3pmax}	: 20,7 kA	R_{+max}	: 0,0105 Ω
$\cos \phi$: 0,9	X_{+max}	: 0,0063 Ω
I_{k3pmin}	: 17,9 kA	R_{+min}	: 0,0086 Ω
$\cos \phi$: 0,9	X_{+min}	: 0,0052 Ω
I_{k1pmax}	: 17,9 kA	R_{0Nmax}	: 0,0154 Ω
$\cos \phi$: 0,9	X_{0Nmax}	: 0,0092 Ω
I_{k1pmin}	: 15,9 kA	R_{0Nmin}	: 0,0163 Ω
$\cos \phi$: 0,9	X_{0Nmin}	: 0,0098 Ω
I_{jPEmax}	: 22,4 kA	R_{jPEmax}	: 0,0078 Ω
$\cos \phi$: 0,9	X_{jPEmax}	: 0,0054 Ω
I_{jPEmin}	: 20,0 kA	R_{jPEmin}	: 0,0092 Ω
$\cos \phi$: 0,9	X_{jPEmin}	: 0,0061 Ω
		Z_{br}	: 0,0104 Ω
Referanse nettleier	:	Dato oppgitt	:
Kommentarer			

DEFINISJON AV ANLEGGET	
Fordelingssystem	TN-S
Systemspenning	400 V
Beregningene starter fra	Beregne fra fordeling
Nettfrekvens	50 Hz
Spenningsfall beregnes fra fordeling	LVNET
Varslingsgrense spenningsfall totalt	5 %
Varslingsgrense spenningsfall til "siste" fordeling	3 %
Spenningsfall til fordelinger beregnes med basis i dimensjonerende belastningsstrøm i fordelingen	
C-faktorer iht EN 60909-0:2016	±10%

Beregningsresultater

Kurs nr.	1		
Det er angitt at kursen ikke behøver å være beskyttet av et strømstyrt jordfeilvern			
Fordeling	: SOMATISK HF	Fordelingstype	: TN-S
Beskrivelse	:		
Merkespenning	: 400 V	Antall faser	: 3
Laststrøm	: 1924,5 A	Fasekobling	: L1-L2-L3-N
Cos phi	: 0,9	Temperatur i fordeling	: 30 °C
Merkeseffekt, Pn	: 1200,0 kW	Kurs nr innmating	:
Merkelytebe, Sn	: 1333,3 kVA		
Sammenlagret strøm	: L1: 54,0 A L2: 54,0 A L3: 54,0 A N: 0,0 A		
Sum nedstrøms tap	: 13,0 [kW]		
	:		
Spenningsfall totalt	: 0,5 V 0,21 %	Klemmespenning	: 399,1 V
...til siste fordeling	: 0,0 V 0,00 %		
...over Kabel	: 0,6 V 0,24 %	Maksimal lengde	: 168,4 m
Kabel	: HOVEDBRYTER		
Kabeltype/-lederløsning	: Canalis KTA25 4P		
Ref. inst. mat.	: S		
Omgivelsestemperatur	: 35,0 °C	Ingen parallelle kuser	
Kabellengde	: 12,0 m	Annen korreksjonsfaktor	1
Tap i kabel	: 3179,25 W 264,94 W/m		
Strømføringsevne	: 2500,00 A	Laststrøm i kabel	1924,50 A
Kombinert vern, merking	:		
Fabrikkat	: SCHNEIDER	Artikkelnummer	:
Bryterenhet	: MTZ2 2D	EAN-nummer	:
Utløserenhet	: MICROLOGIC 5.0 X	Bryteevne	: 66,00 kA Ics
Merkestrøm	: 2000,00 A	I2-verdi	: 2400,00 A
		I5-(I_m-) verdi	: 33000,00 A
Kabel, største lengde som vil gi elektromagnetisk utkobling av alle felstrømmer			: 224,0 m
	Min tillatt	Max tillatt	Instillt verdi
I_r	: 0,962 / 1924,0 A	1,000 / 2000,0 A	1,000 / 2000,0 A
t_r	: 0,500 s	24,000 s	24,000 s
	Min tillatt	Max tillatt	Instillt verdi
I_{sd}	: 1,500 / 3000,0 A	6,000 / 12000,0 A	6,000 / 12000,0 A
t_{sd}	: 0,05 s	0,40 s	0,40 s

Figur 46: Beregningsresultater fra Febdok, kurs til hovedfordeling fra nettransformator, samt verninnstillinger

Beregningsresultater

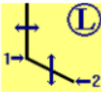
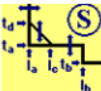
Kurs nr.		7	
Kabel, Inngang	: UPS A LIKERETTER		
Kabeltype/-lederløsning	: Canalis KTA124P		
Ref. inst. met.	: S		
Omgivelsestemperatur	: 35,0 °C	Ingen parallelle kurser	
Kabellengde	: 15,0 m	Annen korreksjonsfaktor	1
Tap i kabel	: 1070,09 W	71,34 W/m	
Strømføringssevne	: 1000,00 A	Laststrøm i kabel	721,69 A
Kabel, Utgang	: UTGANGSKURS UPS A		
Kabeltype/-lederløsning	: TFSI 5G300 Cu		
Ref. inst. met.	: G		
Omgivelsestemperatur	: 30,0 °C	Ingen parallelle kurser	
Kabellengde	: 20,0 m	Annen korreksjonsfaktor	1
Tap i kabel	: 2470,51 W	123,53 W/m	
Strømføringssevne	: 902,00 A	Laststrøm i kabel	721,69 A
Kabel Switch	: BYPASS UPS A		
Kabeltype/-lederløsning	: Canalis KTA164p.		
Ref. inst. met.	: S		
Omgivelsestemperatur	: 35,0 °C	Ingen parallelle kurser	
Kabellengde	: 15,0 m	Annen korreksjonsfaktor	1
Tap i kabel	: 0,00 W	0,00 W/m	
Strømføringssevne	: 1600,00 A	Laststrøm i kabel	721,69 A

Figur 47: Beregningsresultater UPS A

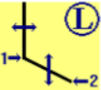

Beregningsresultater

Kurs nr.		9	
Kabel, Inngang	: LIKERETTER UPS B		
Kabeltype/-lederløsning	: Canalis KTA12 4P		
Ref. inst. met.	: S		
Omgivelsestemperatur	: 35,0 °C	Ingen parallelle kurser	
Kabellengde	: 15,0 m	Annen korreksjonsfaktor	1
Tap i kabel	: 1070,09 W	71,34 W/m	
Strømføringssevne	: 1000,00 A	Laststrøm i kabel	721,69 A
Kabel, Utgang	: UTGANGSKURS UPS B		
Kabeltype/-lederløsning	: TFSI 5G300 Cu		
Ref. inst. met.	: G		
Omgivelsestemperatur	: 30,0 °C	Ingen parallelle kurser	
Kabellengde	: 20,0 m	Annen korreksjonsfaktor	1
Tap i kabel	: 2470,51 W	123,53 W/m	
Strømføringssevne	: 902,00 A	Laststrøm i kabel	721,69 A
Kabel Switch	: BYPASS UPS B		
Kabeltype/-lederløsning	: Canalis KTA16 4p.		
Ref. inst. met.	: S		
Omgivelsestemperatur	: 35,0 °C	Ingen parallelle kurser	
Kabellengde	: 15,0 m	Annen korreksjonsfaktor	1
Tap i kabel	: 0,00 W	0,00 W/m	
Strømføringssevne	: 1600,00 A	Laststrøm i kabel	721,69 A

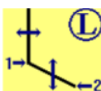
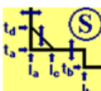
Figur 48: Beregningsresultater UPB B

Vern inngang, merking	:		
Fabrikat	:	SCHNEIDER	Artikkel nummer :
Bryterenhet	:	MTZ1 10	EAN-nummer :
Utløserenhet	:	MICROLOGIC 5.0 X	Bryteevne : 42,00 kA Ics
Merkestrøm	:	1000,00 A	I2-verdi : 1200,00 A
			I5-(Im-) verdi : 16500,00 A
Kabel, Inngang, største lengde som vil gi elektromagnetisk utkobling av alle feilstrømmer			: 500,1 m
	Min tillatt	Max tillatt	Instilt verdi
Ir	: 0,722 / 722,0 A	1,000 / 1000,0 A	1,000 / 1000,0 A
tr	: 0,500 s	24,000 s	24,000 s
	Min tillatt	Max tillatt	Instilt verdi
I _{sd}	: 1,500 / 1500,0 A	10,000 / 10000,0 A	5,500 / 5500,0 A
I _{sd}	: 0,05 s	0,40 s	0,05 s

Figur 49: Inngangsvern til UPS A og B sine verninnstillinger

Vern utgang, merking	:		
Fabrikat	:	SCHNEIDER	Artikkel nummer :
Bryterenhet	:	MTZ1 08	EAN-nummer :
Utløserenhet	:	MICROLOGIC 5.0 X	Bryteevne : 42,00 kA Ics
Merkestrøm	:	800,00 A	I2-verdi : 960,00 A
			I5-(Im-) verdi : 13200,00 A
	Min tillatt	Max tillatt	Instilt verdi
Ir	: 0,902 / 721,6 A	1,000 / 800,0 A	1,000 / 800,0 A
tr	: 0,500 s	24,000 s	24,000 s
	Min tillatt	Max tillatt	Instilt verdi
I _{sd}	: 1,500 / 1200,0 A	2,000 / 1600,0 A	2,000 / 1600,0 A
I _{sd}	: 0,05 s	0,40 s	0,20 s

Figur 50: Vern i utgangskurs fra UPS A og B sine verninnstillinger

Vern switch, merking	:		
Fabrikat	:	SCHNEIDER	Artikkel nummer :
Bryterenhet	:	MTZ2 10	EAN-nummer :
Utløserenhet	:	MICROLOGIC 5.0 X	Bryteevne : 42,00 kA Ics
Merkestrøm	:	1000,00 A	I2-verdi : 1200,00 A
			I5-(Im-) verdi : 16500,00 A
Kabel, Utgang, største lengde som vil gi elektromagnetisk utkobling av alle feilstrømmer			: 190,9 m
	Min tillatt	Max tillatt	Instilt verdi
Ir	: 0,722 / 722,0 A	1,000 / 1000,0 A	1,000 / 1000,0 A
tr	: 0,500 s	24,000 s	24,000 s
	Min tillatt	Max tillatt	Instilt verdi
I _{sd}	: 1,500 / 1500,0 A	7,000 / 7000,0 A	7,000 / 7000,0 A
I _{sd}	: 0,05 s	0,40 s	0,05 s

Figur 51: Vern i bypasskurs til UPS A og B sine verninnstillinger

Beregningsresultater

Kurs nr.		7	
Det er angitt at kursen ikke behøver å være beskyttet av et strømstyrt jordfeilvern			
Gruppering	: NØDSTRØM SENTRAL A	Fordelingstype	: TN-S
Beskrivelse	:		
Merkespenning	: 400 V	Antall faser	: 3
Laststrøm	: 721,7 A	Fasekobling	: L1-L2-L3-N
Cos phi	: 0,96	Temperatur i fordeling	: 30 °C
Merkeeffekt, Pn	: 480,0 kW	Kurs nr innmåling	: 0
Merkeytelse, Sn	: 500,0 kVA		
Sammenlagret strøm	: L1: 39,0 A L2: 20,0 A L3: 22,0 A N: 18,1 A		
Sum nedstrøms tap	: 1,7 [kW]		
	:		
UPS identifikasjon	:	Fabrikant	: Socomec
Merkeytelse, Sn	: 500,0 kVA	Typebetegnelse	: Delphys GP 200 500 kVA
Merkespenning primær	: 400,0 V	Kortslutningsytelse, kort tid	: 2200,0 A
Merkespenning sekundær	: 400,0 V	Maksimal tid, kort tid	: 0,1 s
Merkestrøm primær	: 721,7 A	Kortslutningsytelse, lang tid	: 2200,0 A
Merkestrøm sekundær	: 721,7 A	Maksimal tid, lang tid	: 0,1 s
Cos phi	: 0,99	Maksimal termisk overlast	: 1154,7 A
Kurs nr statisk switch	: 8	Maksimal tillatt Pt statisk switch	: 1843200 A2s
Spenningsfall totalt	: 1,9 V	0,81 %	Klemmespenning : 396,8 V
...til siste fordeling	:		
...over Kabel, Utgang	: 3,0 V	1,30 %	Maksimal lengde : 75,8 m

Figur 52: Beregningsresultater nødstrømsentral A = nødstrømsentral B

Kabel, Primær	: PRIMÆR IT TAVLE		
Kabeltype/-lederløsning	: BFXI 3G16 Cu		
Ref. inst. met.	: E		
Omgivelsestemperatur	: 30,0 °C	8 Parallele kurser	
Kabellengde	: 15,0 m	Annen korreksjonsfaktor	0,8
Tap i kabel	: 83,24 W 5,55 W/m		
Strømføringsevne	: 71,80 A	Laststrøm i kabel	43,50 A
Kombinert vern, merking	:		
Fabrikat	: SCHNEIDER	Artikkel nummer	: 24993
Bryterenhet	: C60H_C	EAN-nummer	:
Utløserenhet	: C60_C	Bryteevne	: 7,50 kA Ics
Merkestrøm	: 63,00 A	I2-verdi	: 91,40 A
		I5-(Im-) verdi	: 630,00 A
Kabel, Primær, største lengde som vil gi elektromagnetisk utkobling av alle feilstrømmer	: 79,9 m		

Figur 53: Beregningsresultater av tilførsler til IT-tavler

Beregningsresultater

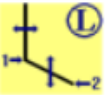
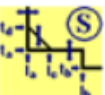
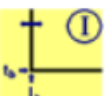
Kurs nr. 4.1

Det er angitt at kursen ikke behøver å være beskyttet av et strømstyrt jordfeilvern

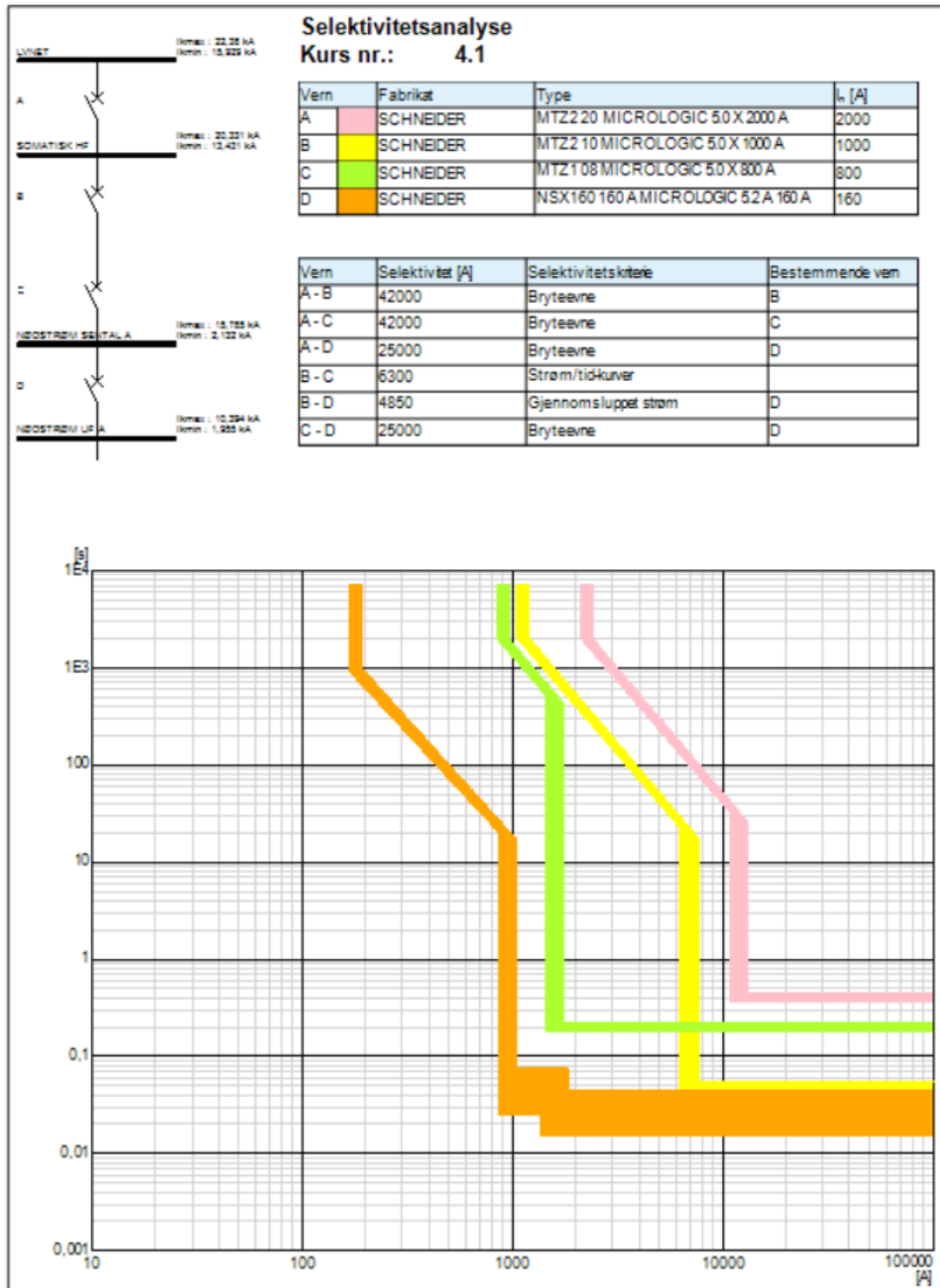
Fordeling	: NØDSTRØM UF B	Fordelingstype	: TN-S
Beskrivelse	: Nødstrøm uf		
Utjevningsforbindelser			
Merkespenning	: 400 V	Antall faser	: 3
Laststrøm	: 160,0 A	Fasekobling	: L1-L2-L3-N
Cos phi	: 0,9	Temperatur i fordeling	: 30 °C
Merkeeffekt, Pn	: 99,8 kW	Kurs nr innmating	: 0
Merkeytelse, Sn	: 110,9 kVA		
Sammenlagret strøm	: L1: 39,0 A L2: 20,0 A L3: 22,0 A N: 18,1 A		
Sum nedstrøms tap	: 3,4 [kW]		
	:		

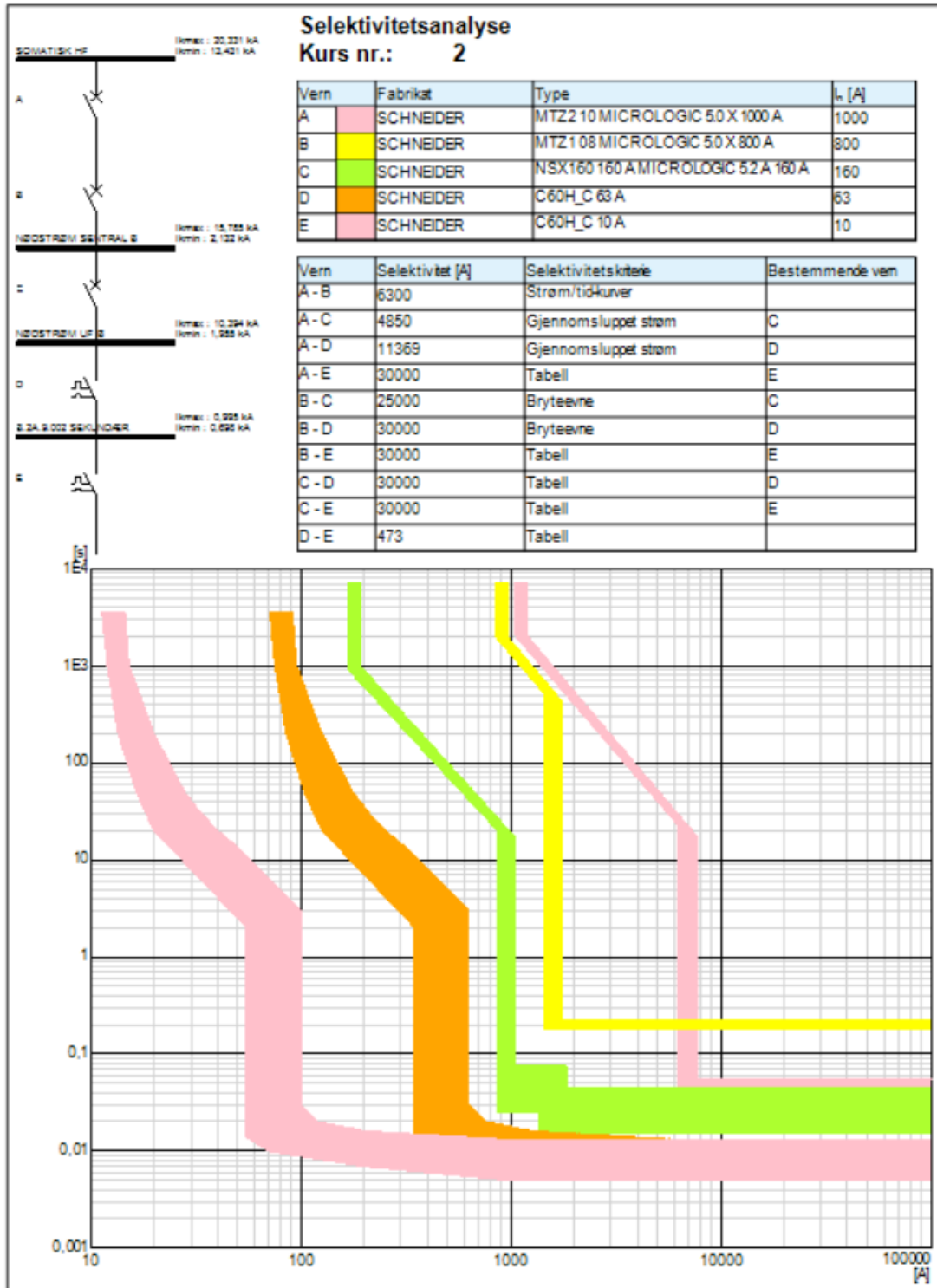
Spenningsfall totalt	: 3,6 V	1,54 %	Klemmespenning	: 393,8 V
...til siste fordeling	: 1,9 V	0,81 %		
...over Kabel	: 1,7 V	0,74 %	Maksimal lengde	: 89,6 m

Kabel	: TIL UF B		
Kabeltype/-lederløsning	: BFSI 4x7035 Cu		
Ref. inst. met.	: E		
Omgivelsestemperatur	: 35,0 °C	8 Parallele kurser	
Kabellengde	: 30,0 m	Annen korreksjonsfaktor	1
Tap i kabel	: 787,34 W 26,24 W/m		
Strømføringsevne	: 183,70 A	Laststrøm i kabel	160,00 A

Kombinert vern, merking	:		
Fabrikkat	: SCHNEIDER	Artikkelnummer	:
Bryterenhet	: NSX160	EAN-nummer	:
Utløserenhet	: MICROLOGIC 52 A	Bryteevne	: 25,00 kA Ics
Merkestrøm	: 160,00 A	I2-verdi	: 192,00 A
		I5-(Im-) verdi	: 2760,00 A
	lr	Min tillatt	Max tillatt
		: 1,000 / 160,0 A	1,000 / 160,0 A
	tr	: 0,500 s	16,000 s
	lsd	Min tillatt	Max tillatt
		: 1,500 / 240,0 A	10,000 / 1600,0 A
	tsd	: 0,05 s	0,40 s
	li	Min tillatt	Max tillatt
		: 6,000 / 960,0 A	15,000 / 2400,0 A
			Instilt verdi
			1,000 / 160,0 A
			16,000 s
			6,000 / 960,0 A
			0,05 s
			10,000 / 1600,0 A

Figur 54: Beregningsresultater i nødstrøm underfordeling, samt bryterinnstillinger for NSX160 vern





13 Kortslutningsstrømmer i anlegget (nettdrift)

Kombinert vern					
	Ik [kA]	cos phi	i [kA]	Kabel $t=k^2S^2/I^2$ [s]	$t_{\text{utkobling}}$ [s]
Ik3p max	20,670	0,86	30,007	14,980	0,440
Ik3p max ende	20,331	0,86	29,495	15,483	0,440
Ik3p min	20,176	0,86	29,265	15,722	0,440
Ik2p max	17,901	0,86	25,987	19,972	0,440
Ik2p max ende	17,607	0,86	25,543	20,645	0,440
Ik2p min	17,473	0,86	25,344	20,963	0,440
Ik1p max	17,901	0,86	25,987	19,972	0,440
Ik1p max ende	15,679	0,89	22,674	26,034	0,440
Ik1p min	13,431	0,90	19,411	35,478	0,440
Ij max	22,380	0,85	32,533	0,172	0,440
Ij max ende	19,024	0,89	27,510	0,237	0,440
Ij min	16,224	0,90	23,443	0,326	0,440

Beregningsresultater

Kurs nr. 7										
Vern inngang	Kabel, Inngang					Kabel, Utgang				
	Ik [kA]	cos phi	i [kA]	Kabel $t=k^2S^2/I^2$ [s]	$t_{\text{utkobling}}$ [s]	Ik [kA]	cos phi	i [kA]	Kabel $t=k^2S^2/I^2$ [s]	$t_{\text{utkobling}}$ [s]
Ik3p max	20,331	0,86	29,495	6,048	0,055					
Ik3p maxende	19,391	0,87	28,118	6,649	0,055					
Ik3p min	18,882	0,87	27,365	7,012	0,055					
Ik2p max	17,607	0,86	25,543	8,064	0,055					
Ik2p maxende	16,793	0,87	24,351	8,865	0,055					
Ik2p min	16,352	0,87	23,699	9,350	0,055					
Ik1p max	15,679	0,89	22,674	10,170	0,055					
Ik1p maxende	13,328	0,86	19,335	14,074	0,055					
Ik1p min	11,135	0,87	16,132	20,163	0,055					
Ij max	19,024	0,89	27,510	0,267	0,055					
Ij max ende	15,664	0,86	22,741	0,394	0,055					
Ij min	12,990	0,87	18,823	0,573	0,055					

@ = Vernettilfredsstiller ikke alle krav i forskrift/nom
= Ikke forskriftsstridig, men vær oppmerksom på løsningen

Vern utgang	Kabel, Inngang					Kabel, Utgang				
	Ik [kA]	cos phi	i [kA]	Kabel $t=k^2S^2/I^2$ [s]	$t_{\text{utkobling}}$ [s]	Ik [kA]	cos phi	i [kA]	Kabel $t=k^2S^2/I^2$ [s]	$t_{\text{utkobling}}$ [s]
Ik3p maxende						15,785	0,77	23,324	7,386	0,220
Ik3p min						2,191			383,380	0,220
Ik2p maxende						13,670	0,77	20,199	9,849	0,220
Ik2p min						2,190			383,731	0,220
Ik1p maxende						2,188			384,432	0,220
Ik1p min						2,182			386,549	0,220
Ij max ende						10,669	0,93	15,396	0,680	0,220
Ij min						2,134			17,005	0,220
UPS						2,200			380,250	0,220

Beregningsresultater

Kurs nr. 7										
Vern switch	Kabel, Inngang					Kabel, Utgang				
	Ik [kA]	cos phi	i [kA]	Kabel $t=k^2 S^2 / I^2$ [s]	$t_{utkobling}$ [s]	Ik [kA]	cos phi	i [kA]	Kabel $t=k^2 S^2 / I^2$ [s]	$t_{utkobling}$ [s]
Ik3p max						19,721	0,87	28,580	4,732	0,055
Ik3p maxende						15,785	0,77	23,324	7,386	0,055
Ik3p min						14,580	0,77	21,553	8,658	0,055
Ik2p max						17,079	0,87	24,751	6,309	0,055
Ik2p maxende						13,670	0,77	20,199	9,849	0,055
Ik2p min						12,626	0,77	18,666	11,545	0,055
Ik1p max						14,601	0,91	21,092	8,633	0,055
Ik1p maxende						10,852	0,78	16,007	15,628	0,055
Ik1p min						8,885	0,80	13,044	23,313	0,055
Ij max						17,457	0,91	25,213	0,254	0,055
Ij max ende						10,669	0,93	15,396	0,680	0,055
Ij min						8,028	0,95	11,582	1,202	0,055

@ = Vernetilfredsstiller ikke alle krav i forskrift/norm

= Ikke forskriftsstridig, men vær oppmerksom på løsningen

Kabel Switch					
Vern switch	Ik [kA]	cos phi	i [kA]	Kabel $t=k^2 S^2 / I^2$ [s]	$t_{utkobling}$ [s]
Ik3p max	20,331	0,86	29,495	8,709	0,055
Ik3p maxende	15,785	0,77	23,324	14,448	0,055
Ik3p min	14,580	0,77	21,553	16,935	0,055
Ik2p max	17,607	0,86	25,543	11,613	0,055
Ik2p maxende	13,670	0,77	20,199	19,265	0,055
Ik2p min	12,626	0,77	18,666	22,582	0,055
Ik1p max	15,679	0,89	22,674	14,644	0,055
Ik1p maxende	10,852	0,78	16,007	30,569	0,055
Ik1p min	8,885	0,80	13,044	45,602	0,055
Ij max	19,024	0,89	27,510	2,529	0,055
Ij max ende	10,669	0,93	15,396	8,040	0,055
Ij min	8,028	0,95	11,582	14,200	0,055

Beregningsresultater

Kurs nr. 4.1

	Kombinert vem				
	Ik [kA]	cos phi	i [kA]	Kabel $t=k^2 S^2/I^2$ [s]	$t_{utkobling}$ [s]
Ik3p max	15,785	0,77	23,324	0,402	0,045
Ik3p max ende	10,394	0,84	15,134	0,927	0,045
Ik3p min	2,120			22,294	0,045
Ik2p max	13,670	0,77	20,199	0,536	0,045
Ik2p max ende	9,001	0,84	13,106	1,237	0,045
Ik2p min	2,108			22,549	0,045
Ik1p max	10,852	0,78	16,007	0,851	0,045
Ik1p max ende	6,367	0,86	9,239	2,472	0,045
Ik1p min	2,043			24,007	0,045
Ij max	10,669	0,93	15,396	0,176	0,045
Ij max ende	5,357	0,97	7,728	0,699	0,045
Ij min	1,955			5,251	0,045
UPS	2,200			20,702	0,045

Beregningsresultater

Kurs nr. 4

	Kombinert vem				
	Ik [kA]	cos phi	i [kA]	Kabel $t=k^2 S^2/I^2$ [s]	$t_{utkobling}$ [s]
Ik1p max	6,367	0,86	9,239	0,129	0,013
Ik1p max ende	0,995	0,92	1,436	5,288	0,018
Ik1p min	0,727	0,93	1,050	9,905	0,022
Ij max	5,357	0,97	7,728	0,182	0,013
Ij max ende	3,104	0,98	4,478	0,543	0,014
Ij min	1,700			1,811	0,015
UPS	2,200			1,082	0,015

Kortslutningsvøm					
	Ik [kA]	cos phi	i [kA]	Kabel $t=k^2 S^2 / I^2$ [s]	t utkobling [s]
Ik 1p max	0,995	0,92	1,436	0,129	0,014
Ik 1p max ende	0,542	0,98	0,781	0,435	0,015
Ik 1p min	0,383	0,98	0,552	0,871	0,016
Ij min	0,354	0,98	0,511	0,817	0,016

@ = Vernet tilfreds stiller ikke alle krav i forskrift/norm

= Ikke forskriftsstridig, men vær oppmerksom på løsningen

Feilstrømmer i fordelinger

Fordelings Id	Ik3pmax		Ik3pmin		Ik2pmax		Ik2pmin		Ik1pmax		Ik1pmin		Ijpmx		Ijpmn		Dobbel jordfeil		Max		
	Ik [kA]	cos phi	Ik [kA]	cos phi	Ik [kA]	cos phi	Ik [kA]	cos phi	Ik [kA]	cos phi	Ik [kA]	cos phi	Ik [kA]	cos phi	Ik [kA]	cos phi	Ik [kA]	cos phi	I [kA]		
B.2A.9.002 PRIMÆR									0,995	0,92	0,727	0,93							0,765	0,92	1,436
B.2A.9.002 SEKUNDÆR									0,995	0,92	0,727	0,93							0,698	0,95	1,436
B.2A.9.003 PRIMÆR									0,995	0,92	0,727	0,93							0,765	0,92	1,436
B.2A.9.003 SEKUNDÆR									0,995	0,92	0,727	0,93							0,698	0,95	1,436
B.2A.9.004 PRIMÆR									0,995	0,92	0,727	0,93							0,765	0,92	1,436
B.2A.9.004 SEKUNDÆR									0,995	0,92	0,727	0,93							0,698	0,95	1,436
B.2A.9.008 PRIMÆR									0,995	0,92	0,727	0,93							0,765	0,92	1,436
B.2A.9.008 SEKUNDÆR									0,995	0,92	0,727	0,93							0,698	0,95	1,436
LVNET	20,670	0,86	20,670	0,86	17,901	0,86	17,901	0,86	17,901	0,86	15,929	0,86	22,380	0,85	20,007	0,85					32,533
NØDSTRØM SENTRAL A	15,785	0,78	2,176	1,00	13,670	0,78	2,172	1,00	10,852	0,78	2,154	1,00	10,669	0,93	2,132	1,00					23,322
NØDSTRØM SENTRAL B	15,785	0,78	2,176	1,00	13,670	0,78	2,172	1,00	10,852	0,78	2,154	1,00	10,669	0,93	2,132	1,00					23,322
NØDSTRØM UFA	10,394	0,84	2,120	1,00	9,001	0,84	2,108	1,00	6,367	0,86	2,043	1,00	5,357	0,97	1,955	1,00					15,134
NØDSTRØM UFB	10,394	0,84	2,120	1,00	9,001	0,84	2,108	1,00	6,367	0,86	2,043	1,00	5,357	0,97	1,955	1,00					15,134
SOMATISKHF	20,331	0,86	20,178	0,86	17,607	0,86	17,473	0,86	15,679	0,89	13,431	0,90	19,024	0,89	16,224	0,90					29,495

14 Kortslutningsstrømmer i anlegget (generator drift, inkludert UPS)

Kombinert vøm					
	Ik [kA]	cos phi	i [kA]	Kabel $t=k^2 S^2 / I^2$ [s]	t utkobling [s]
Ik3p max	21,249	0,83	33,516	17,939	0,022
Ik3p max ende	21,069	0,83	33,149	18,247	0,022
Ik3p min	17,181	0,83	27,005	27,440	0,022
Ik2p max	17,724	0,78	27,908	25,785	0,022
Ik2p max ende	17,586	0,78	27,613	26,191	0,022
Ik2p min	14,344	0,78	22,499	39,368	0,022
Ij min	13,449	0,88	20,652	0,446	0,022

@ = Vernet tilfreds stiller ikke alle krav i forskrift/norm

= Ikke forskriftsstridig, men vær oppmerksom på løsningen

Kombinert vev					
	Ik [kA]	cos phi	i [kA]	Kabel $t=k^2S^2/I^2$ [s]	$t_{utkobling}$ [s]
Ik3p max	18,414	0,83	67,032	195,398	0,330
Ik3p max ende	11,597	0,48	31,223	492,636	0,330
Ik3p min	6,618	0,60	17,114	1512,737	84,444
Ik2p max	15,962	0,78	55,816	260,041	0,330
Ik2p max ende	11,597	0,46	30,693	492,636	0,330
Ik2p min	6,618	0,57	16,734	1512,737	84,444
Ij min	6,269	0,76	15,132	1685,856	97,543

@ = Vemet tilfredsstiller ikke alle krav i forskrift/nom

= Ikke forskriftsstridig, men vær oppmerksom på løsningen

Vern inngang	Kabel, Inngang					Kabel, Utgang				
	Ik [kA]	cos phi	i [kA]	Kabel $t=k^2S^2/I^2$ [s]	$t_{utkobling}$ [s]	Ik [kA]	cos phi	i [kA]	Kabel $t=k^2S^2/I^2$ [s]	$t_{utkobling}$ [s]
Ik3p max	9,199	0,48	17,953	29,543	0,055					
Ik3p max ende	9,056	0,49	17,416	30,484	0,055					
Ik3p min	5,094	0,61	9,613	96,343	0,055					
Ik2p max	7,898	0,46	15,284	40,078	0,055					
Ik2p max ende	7,777	0,48	14,834	41,335	0,055					
Ik2p min	4,366	0,58	8,143	131,151	0,055					
Ik1p max	11,230	0,41	22,192	19,824	0,055					
Ik1p max ende	9,948	0,44	18,828	25,262	0,055					
Ik1p min	6,067	0,54	11,210	67,919	0,055					
Ij max	11,230	0,41	22,192	0,766	0,055					
Ij max ende	9,948	0,44	18,828	0,977	0,055					
Ij min	6,067	0,54	11,210	2,626	0,055					

@ = Vemet tilfredsstiller ikke alle krav i forskrift/nom

= Ikke forskriftsstridig, men vær oppmerksom på løsningen

Vern utgang	Kabel, Inngang					Kabel, Utgang				
	Ik [kA]	cos phi	i [kA]	Kabel $t=k^2S^2/I^2$ [s]	$t_{utkobling}$ [s]	Ik [kA]	cos phi	i [kA]	Kabel $t=k^2S^2/I^2$ [s]	$t_{utkobling}$ [s]
Ik3p max ende						6,603	0,47	15,376	42,212	0,220
Ik3p min						2,191			383,380	0,220
Ik2p max ende						5,720	0,45	13,120	56,250	0,220
Ik2p min						2,190			383,731	0,220
Ik1p max ende						2,188			384,432	0,220
Ik1p min						2,182			386,549	0,220
Ij max ende						7,571	0,67	13,606	1,351	0,220
Ij min						2,134			17,005	0,220
UPS						2,200			380,250	0,220

@ = Vemet tilfredsstiller ikke alle krav i forskrift/nom

= Ikke forskriftsstridig, men vær oppmerksom på løsningen

Vern switch	Kabel, Inngang					Kabel, Utgang				
	Ik [kA]	cos phi	i [kA]	Kabel $t=k^2S^2/I^2$ [s]	$t_{utkobling}$ [s]	Ik [kA]	cos phi	i [kA]	Kabel $t=k^2S^2/I^2$ [s]	$t_{utkobling}$ [s]
Ik3p max						9,139	0,49	17,603	22,035	0,055
Ik3p max ende						7,984	0,47	15,376	28,872	0,055
Ik3p min						4,654	0,58	8,748	84,969	0,055
Ik2p max						7,848	0,48	14,991	29,881	0,055
Ik2p max ende						6,862	0,45	13,120	39,085	0,055
Ik2p min						3,991	0,56	7,425	115,545	0,055
Ik1p max						10,980	0,46	20,677	15,265	0,055
Ik1p max ende						8,235	0,42	15,542	27,139	0,055
Ik1p min						5,224	0,52	9,563	67,439	0,055
Ij max						10,980	0,46	20,677	0,642	0,055
Ij max ende						8,479	0,67	13,606	1,077	0,055
Ij min						5,146	0,73	8,286	2,924	0,055

@ = Vernet tilfredsstillende ikke alle krav i forskrift/nom

= Ikke forskriftsstridig, men vær oppmerksom på løsningen

Vern switch	Kabel Switch				
	Ik [kA]	cos phi	i [kA]	Kabel $t=k^2S^2/I^2$ [s]	$t_{utkobling}$ [s]
Ik3p max	9,199	0,48	17,953	42,542	0,055
Ik3p max ende	7,984	0,47	15,376	56,476	0,055
Ik3p min	4,654	0,58	8,748	166,207	0,055
Ik2p max	7,898	0,46	15,284	57,712	0,055
Ik2p max ende	6,862	0,45	13,120	76,454	0,055
Ik2p min	3,991	0,56	7,425	226,016	0,055
Ik1p max	11,230	0,41	22,192	28,546	0,055
Ik1p max ende	8,235	0,42	15,542	53,085	0,055
Ik1p min	5,224	0,52	9,563	131,916	0,055
Ij max	11,230	0,41	22,192	7,257	0,055
Ij max ende	8,479	0,67	13,606	12,730	0,055
Ij min	5,146	0,73	8,286	34,560	0,055

@ = Vernet tilfredsstillende ikke alle krav i forskrift/nom

= Ikke forskriftsstridig, men vær oppmerksom på løsningen

Kombinert vev					
	Ik [kA]	cos phi	i [kA]	Kabel $t=k^2S^2/I^2$ [s]	$t_{\text{utkobling}}$ [s]
Ik3p max	8,163	0,47	15,376	1,504	0,045
Ik3p max ende	6,728	0,61	11,249	2,214	0,045
Ik3p min	2,120			22,294	0,045
Ik2p max	7,000	0,45	13,120	2,045	0,045
Ik2p max ende	5,782	0,59	9,637	2,997	0,045
Ik2p min	2,108			22,549	0,045
Ik1p max	8,355	0,42	15,542	1,435	0,045
Ik1p max ende	5,800	0,67	9,015	2,979	0,045
Ik1p min	2,043			24,007	0,045
Ij max	8,578	0,67	13,606	0,273	0,045
Ij max ende	5,113	0,87	7,423	0,768	0,045
Ij min	1,955			5,251	0,045
UPS	2,200			20,702	0,045

@ = Vernet tilfredsstillende ikke alle krav i forskrift/nom

= Ikke forskriftsstridig, men vær oppmerksom på løsningen

Kombinert vev					
	Ik [kA]	cos phi	i [kA]	Kabel $t=k^2S^2/I^2$ [s]	$t_{\text{utkobling}}$ [s]
Ik1p max	6,145	0,67	9,015	0,139	0,013
Ik1p max ende	0,974	0,92	1,391	5,518	0,018
Ik1p min	0,749	0,93	1,076	9,331	0,020
Ij max	5,221	0,87	7,423	0,192	0,013
Ij max ende	3,118	0,94	4,416	0,538	0,014
Ij min	1,700			1,811	0,015
UPS	2,200			1,082	0,015

@ = Vernet tilfredsstillende ikke alle krav i forskrift/nom

= Ikke forskriftsstridig, men vær oppmerksom på løsningen

Kortslutningsvev					
	Ik [kA]	cos phi	i [kA]	Kabel $t=k^2S^2/I^2$ [s]	$t_{\text{utkobling}}$ [s]
Ik1p max	0,979	0,92	1,391	0,133	0,014
Ik1p max ende	0,537	0,98	0,762	0,443	0,014
Ik1p min	0,379	0,98	0,537	0,890	0,015
Ij min	0,246	0,99	0,348	1,692	0,018

@ = Vernet tilfredsstillende ikke alle krav i forskrift/nom

= Ikke forskriftsstridig, men vær oppmerksom på løsningen

Fordelings Id	I _{k2} max		I _{k2} min		I _{k2} max		I _{k2} min		I _{k1} max		I _{k1} min		I ₁ max		I ₁ min		Dobbel jordfeil		Max I [kA]	
	I _k [kA]	cos phi	I _k [kA]	cos phi	I _k [kA]	cos phi	I _k [kA]	cos phi	I _k [kA]	cos phi	I _k [kA]	cos phi	I _k [kA]	cos phi	I _k [kA]	cos phi	I _k [kA]	cos phi		
B.2A.9.002 PRIMER									0,995	0,92	0,715	0,91						0,682	0,93	1,436
B.2A.9.003 PRIMER									0,995	0,92	0,715	0,91						0,682	0,93	1,436
B.2A.9.004 PRIMER									0,995	0,92	0,715	0,91						0,682	0,93	1,436
B.2A.9.008 PRIMER									0,995	0,92	0,715	0,91						0,682	0,93	1,436
FEBDOK_1	11,229	0,48	6,768	0,60	9,372	0,46	5,669	0,57	12,926	0,41	8,188	0,51	12,926	0,41	8,188	0,51			23,371	
FEBDOK_11	9,471	0,47	2,176	1,00	7,948	0,45	2,172	1,00	9,102	0,42	2,154	1,00	9,256	0,67	2,132	1,00			16,354	
FEBDOK_12	9,471	0,47	2,176	1,00	7,948	0,45	2,172	1,00	9,102	0,42	2,154	1,00	9,256	0,67	2,132	1,00			16,354	
FEBDOK_13	7,512	0,61	2,120	1,00	6,361	0,60	2,108	1,00	6,099	0,67	2,043	1,00	5,275	0,87	1,955	1,00			11,883	
FEBDOK_14									0,995	0,92	0,715	0,91						0,682	0,93	1,436
FEBDOK_17									0,995	0,92	0,715	0,91						0,682	0,93	1,436
FEBDOK_20									0,995	0,92	0,715	0,91						0,682	0,93	1,436
FEBDOK_21									0,995	0,92	0,715	0,91						0,682	0,93	1,436
LVNET	51,691	0,83	21,097	0,83	41,945	0,78	17,124	0,78										18,270	0,83	75,418
NØDSTRØMUF	7,512	0,61	2,120	1,00	6,361	0,60	2,108	1,00	6,099	0,67	2,043	1,00	5,275	0,87	1,955	1,00			11,883	

15 Kabeltyper, skinnetyper og vern i Febdok anlegget (nettdrift)

Kabeltyper i anlegget

Kabeltype/-Lederløsning	Antall kursmeter	Elnummer
BFSI 2x1,5/1,5 Cu	120,0	
BFSI 2x2,5/2,5 Cu	120,0	
BFSI 4x70/35 Cu	60,0	
BFXI 3G16 Cu	120,0	
TFSI 5G300 Cu	40,0	

Skinnetyper i anlegget

Fabrikkat	Beskrivelse	IP klasse	Antall kursmeter	Elnummer
Canals	KTA12 4P	52	30	ingen
Canals	KTA16 4p.	52	30	Utgått
Canals	KTA25 4P	52	12	ingen

Vern i anlegget

Fabrikkat	Bryterenhet	I _n [A]	Bryteevnenivå	I _n [A]	Utløserenhet	I _{Δn} [mA]	Artikkelnummer	EAN-nummer	Antal
SCHNEIDER	C60H_C	10	B	10	C60_C		2p	24986	8
SCHNEIDER	C60H_C	16	B	16	C60_C		2p	24987	8
SCHNEIDER	C60H_C	63	B	63	C60_C		2p	24993	8
SCHNEIDER	MTZ1 08	800	H1	800	MICROLOGIC 50 X		4p		2
SCHNEIDER	MTZ1 10	1000	H1	1000	MICROLOGIC 50 X		4p		2
SCHNEIDER	MTZ2 10	1000	N1	1000	MICROLOGIC 50 X		4p		2
SCHNEIDER	MTZ2 20	2000	H1	2000	MICROLOGIC 50 X		4p		1
SCHNEIDER	NSX160	160	B	160	MICROLOGIC 52A		4p		2

16 Kabeltyper, skinnetyper og vern i Febdok anlegget (generator drift)

Kabeltyper i anlegget

Kabeltype/-Lederløsning	Antall kursmeter	Elnummer
BFSI 2x1,5/1,5 Cu	44,0	
BFSI 2x2,5/2,5 Cu	78,0	
BFSI 4x70/35 Cu	60,0	
BFXI 3G16 Cu	120,0	
CGF 4G300 Cu	300,0	
TFSI 5G300 Cu	40,0	

Skinntyper i anlegget

Fabrikkat	Beskrivelse	IP klasse	Antall kursmeter	Elnummer
Canalis	KTA12 4P	52	30	ingen
Canalis	KTA16 4p.	52	30	Utgått
Canalis	KTC4000	55	18	

Vern i anlegget

Fabrikkat	Bryterenhet	I_n [A]	Bryteevenivå	I_n [A]	Utløserenhet	$I_{\Delta n}$ [mA]		Artikkel nummer	EAN-nummer	Antall
SCHNEIDER	C60H_C	10	B	10	C60_C		2p	24986		8
SCHNEIDER	C60H_C	16	B	16	C60_C		2p	24987		8
SCHNEIDER	C60H_C	63	B	63	C60_C		2p	24993		8
SCHNEIDER	MTZ1 08	800	H1	800	MICROLOGIC 50 X		4p			2
SCHNEIDER	MTZ1 10	1000	H1	1000	MICROLOGIC 50 X		4p			2
SCHNEIDER	MTZ2 10	1000	N1	1000	MICROLOGIC 50 X		4p			2
SCHNEIDER	MTZ2 20	2000	H1	2000	MICROLOGIC 50 X		3p			1
SCHNEIDER	NSX160	160	B	160	MICROLOGIC 52 A		4p			2
SCHNEIDER	NW40-H1	4000	H1	4000	MICROLOGIC 20A		3p			2



Høgskulen på Vestlandet

Bacheloroppgåve

HO2-300

Predefinert informasjon

Startdato:	14-05-2020 15:00	Termin:	2020 VÅR
Sluttdato:	25-05-2020 14:00	Vurderingsform:	Norsk 6-trinns skala (A-F)
Eksamensform:	Bacheloroppgåve		
SIS-kode:	203 HO2-300 1 O 2020 VÅR		
Intern sensor:	Aleksandrs Mesnajevs		
Intern sensor:	Bjarte Pollen		

Deltaker

Navn:	Mathias Leander Moss
Kandidatnr.:	306
HVL-id:	570912@hvl.no

Informasjon fra deltaker

Antall ord *:	18259	Inneholder besvarelsen konfidentielt materiale?:	Nei	Jeg bekrefter at jeg har registrert oppgavetittelen på norsk og engelsk i StudentWeb og vet at denne vil stå på vitnemålet mitt *:	Ja
Egenerklæring *:	Ja				

Gruppe

Gruppenavn:	Sykehusgruppen
Gruppenummer:	6
Andre medlemmer i gruppen:	Runar Tøsse, Eirik Sletteuold Berge

Jeg godkjenner avtalen om publisering av bacheloroppgaven min *

Ja

Er bacheloroppgaven skrevet som del av et større forskningsprosjekt ved HVL? *

Nei

Er bacheloroppgaven skrevet ved bedrift/virksomhet i næringsliv eller offentlig sektor? *

Ja, Helse Førde