

Ombygging av 230 V IT-installasjoner til 230/400 V TN-installasjoner

Eirik Kvinge Skogseth

Master i energi og miljø

Innlevert: mai 2017

Hovedveileder: Eilif Hugo Hansen, IEL

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet
Institutt for elkraftteknikk

NORGES TEKNISK-NATURVITENSKAPELIGE UNIVERSITET
NTNU



Masteroppgave

Kandidatens navn: Eirik Kvinge Skogseth

Emne: TET4900 Elektrisk energiteknikk og smarte nett, masteroppgave

Oppgavens tittel (no.): **Ombygging av 230 V IT-installasjoner til 230/400 V TN-installasjoner**

Oppgavens tittel (eng.): Conversion of 230 V IT installations to 230/400 V TN installations

Oppgavens tekst: Fra flere bransje-/fagorganer og myndigheter er det et ønske om en nasjonal overgang til TN-nett i Norge. En nasjonal overgang vil innebære en ombygging av eksisterende elektriske installasjoner. Før eventuelle nasjonale investeringer er det viktig å gjøre rede for omfanget av en ombygging. Det må vurderes hvilke utbedringer som må gjøres for å ivareta ønsket sikkerhetsnivå. Sentrale momenter som må undersøkes er i hvilken grad eksisterende installasjonsmateriell kan brukes og hva som eventuelt mangler for å tilfredsstillere dagens krav til utførelse.

Kandidaten skal

- Gjøre rede for hvilke tiltak som må utføres i ulike IT-installasjoner for ombygging til TN-installasjoner.
- Vurdere hvilke installasjonsmateriell og metoder som fortsatt kan brukes etter en ombygging.
- Vurdere i hvilken grad elsikkerheten blir ivaretatt som følge av en ombygging og brukte metoder.

Oppgaven gitt: 15.01.17
Besvarelsen leveres innen: 11.06.17
Besvarelsen levert: 30.05.17
Utført ved (institusjon, bedrift): NTNU
Kandidatens veileder: Eilif H. Hansen, NTNU

Trondheim, 15.01.17

faglærer

Forord

Høsten 2016 skrev jeg en 15 studiepoengs prosjektoppgave med tittelen "Nasjonal overgang fra 230V IT- til 230/400V TN-C-S-nett". Gjennom arbeidet ble jeg gjort oppmerksom på tilstanden i det norske lavspennings fordelingsnett og tilhørende svakheter. Det ble da naturlig for meg å fortsette på prosjektet med fokus rettet mot elektriske installasjoner.

Problemstillinger knyttet til hvordan lavspenningsnett er bygget opp, appellerer til meg siden det er i dette leddet energien tas ut av vanlige forbrukere. Med 2,7 millioner tilknyttede elektriske anlegg er utforming av nett og anlegg viktig og har en samfunnsmessig betydning. Dette er for meg meningsfull og nyttig forskning og det er da inspirerende å forsøke å finne den beste tekniske løsningen. I januar 2017 satte NVE og DSB i gang et prosjekt som har som mål å klargjøre tekniske utfordringer knyttet til en nasjonal ombygging av lavspenningsnett. Med det prosjektet ser jeg at resultatene mine kan få en direkte nytteverdi. Dette har vært motiverende i arbeidsprosessen.

Oppgaven har ikke vært et tungt teoretisk studium, men har sett på praktiske løsninger med fokus på elsikkerhet. Siden jeg ikke innehar erfaring som elektriker har en stor del av arbeidet bestått i å sette seg inn i fagbegreper, normer og forskrifter, praksis, hvilke utstyr som brukes, hva som er kostnadmessig fornuftig og en hel del andre praktisk rettede utfordringer man ikke automatisk ser gjennom det teoretiske sivilingeniørstudiet på NTNU.

Jeg vil rette en spesiell takk til veileder på NTNU, Eilif Hugo Hansen, for hjelp til oppgaveformulering og for å dele sin kunnskap om krav og praksis for utforming av elektriske installasjoner i Norge, Bendik Nybakk Torsæter i SINTEF Energi for faglige diskusjoner rundt innholdet i NEK400 og Leif Aanensen for inspirasjon og motivasjon til å se resultatene fra oppgaven i et større perspektiv.

Trondheim 30.05.2017

Eirik Kvinge Skogseth

Sammendrag

På grunn av forventede endringer i bruksmønster og behov er det fra norske myndigheters side et ønske om å tilpasse seg den europeiske modellen for utforming av lavspenningsnett. I Norge i dag er størstedelen av lavspenningsnettet bygget opp som IT-nett og det er ønsket en overgang til TN-systemet. Som del av nasjonal overgang til TN-systemet er det interessant å se på hvordan eksisterende installasjoner bygget opp med IT-systemet kan la seg bygge om til TN-systemet.

Denne oppgaven har sett på hvordan eksisterende installasjoner i eneboliger, flermannsboliger og næringsbygg kan bygges om fra IT-system til TN-system. Da forskrifter for utforming av elektriske installasjoner ikke har hatt tilbakevirkende kraft, har det blitt lagt spesiell fokus på eldre installasjoner. Det har vist seg at eldre IT-installasjoner avviker mest fra dagens standard for utforming av TN-installasjoner. Hovedfokus i oppgaven har vært hvorvidt eksisterende installasjonsmateriell i IT-installasjoner fortsatt kan brukes etter en ombygging, hvilket som ikke kan brukes og hvilke ekstra tiltak som må utføres.

I vurderingen av hvilket installasjonsmateriell som kan brukes og ikke kan brukes, har det vært diskutert hvorvidt utstyret opprettholder beskyttelse mot elektrisk sjokk og brann, og hvorvidt gjeldende utstyr følger siste versjon av forskrift og norm. Hva man legger i begrepet elsikkerhet og myndigheters tilhørende ansvar i å kontrollere har vist seg å være viktig. En presisering av elsikkerhetsbegrepet vil i enkelte tilfeller avgjøre hvilke installasjonsmateriell og metoder som fortsatt kan brukes etter en ombygging. I oppgaven er det vurdert hvilke tiltak som går på tradisjonell elsikkerhet og hvilke som blir en kostnad og funksjonsvurdering.

Ved bruk av eksempler har det blitt vist hvilke tiltak som må gjennomføres ved ombygging av IT-installasjoner etter nevnte vurderingskriterier. Med enkelte dispensasjoner fra å følge NEK400 vil en ombygging av de installasjoner som fraviker mest fra NEK400 2014 kunne ombygges med enkle metoder. Blant annet vil tillatelse til å fortsatt bruke ikke-ledende omgivelser gi en mindre kompleks og kostbar ombyggingsprosess. Generelt kan det sies at mye installasjonsmateriell fortsatt kan brukes og mange tiltak er enkle og kan utføres i sikringsskapet. Omfanget av en ombygging vil variere for hver installasjon avhengig av når installasjonen først ble installert og eventuelt modifisert. De samme anleggsdelene må kontrolleres ved hver ombygging, men behovet for tiltak varierer avhengig av hva som er installert. Dette henger sammen med at en moderne IT-installasjon bruker mye av det samme

installasjonsmateriellet som en moderne TN-installasjon. Det er liten variasjon i nødvendige tiltak mellom de ulike typer installasjoner.

Abstract

Due to expected changes in usage patterns and needs, Norwegian authorities have a desire to adapt to the European model for low voltage network design. In Norway, most of the low voltage network is built up as an IT-network and a transition to the TN-system is desired. As part of national transition to the TN-system, it is interesting to look at how existing installations built with the IT-system can be converted to the TN-system.

This report has looked at how existing electrical installations in residential houses, apartment building and commercial buildings can be converted from the IT-system to the TN-systems. As regulations for the design of electrical installations have not had retroactive effect, particular attention has been paid to older installations. It has been shown that older IT-installations differ most from today's standard for designing TN-installations. The main focus of the assignment has been whether existing installation materials in IT-installations can still be used after a rebuilding, which can not and what additional measures must be taken.

In the assessment of which installation material may be used and not used, a discussion has been made as to whether the apparatus maintains protection from electric shock and fire and whether the current apparatus complies with the latest version of the Norwegian standards and regulations. A precise definition of the concept of electrical safety and the authority's responsibility in controlling has proved important. A clarification of the concept of electrical safety will in some cases determine which installation materials and methods that can still be used after a rebuilding. The report has considered which measures are in place for traditional electrical safety and which are cost and functional assessment.

By using examples, the report has shown what measures must be taken when reconstructing IT installations in detached houses, multi-family homes and commercial buildings according to the assessment criteria. With some exemptions from following NEK400, a rebuilding of the installations that deviate most from NEK400 2014 could be rebuilt with simple methods. Among other things, permission to continue using non-conductive environments will give a less complex and costly conversion process. In general, it can be said that a lot of installation materials can still be used and many measures are simple and can be carried out in the fuse box. The extent of a rebuilding will vary for each installation depending on when the installation was installed and possibly refurbished. The same parts must be checked for each conversion, but the need for action varies depending on what is installed. This is because a modern IT

installation uses much of the same installation material as a modern TN installation. Variation in necessary measures is small between the different types of installations.

Forkortelser

Forkortelser som brukes i oppgaven:

DSB – Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap

NVE – Norges vassdrags- og energidirektorat

REN – Rasjonell elektrisk nettvirksomhet

NEK – Norsk Elektroteknisk Komité

NK64 – Normkomité 64

IEC – International Electrotechnical Commission

FEL – Forskrift om elektriske lavspenningsanlegg

FEB – Forskrift for elektriske bygningsinstallasjoner

N-leder – Nøytralleder

PE – Protective Earth

PEN – Protective Earth Neutral

Innholdsfortegnelse

OPPGAVETEKST	I
FORORD	III
SAMMENDRAG	V
ABSTRACT	VII
FORKORTELSER	IX
1 INNLEDNING	1
2 METODE	3
2.1 BESKRIVELSE AV METODE.....	3
2.2 DOKUMENTASJON OG DIMENSJONERING VED BRUK AV FEBDOK	3
2.3 ENDRINGER I GAMLE ELEKTRISKE INSTALLASJONER	3
3 UTVIKLING AV LOVER OG FORSKRIFTER	5
3.1 FORSKRIFTER FOR ELEKTRISKE ANLEGG AV 5. DESEMBER 1963 – IKRAFTTREDEN 1. FEBRUAR 1964 (RØDBOKEN)[3].....	5
3.2 FORSKRIFTER FOR ELEKTRISKE BYGNINGSINSTALLASJONER 1988 (FEB-88)[4].....	5
3.3 FORSKRIFTER FOR ELEKTRISKE BYGNINGSINSTALLASJONER 1991 (FEB-91)[5].....	5
3.4 FORSKRIFT OM ELEKTRISKE LAVSPENNINGSIINSTALLASJONER (FEL), NEK400 OG NEK399[6-8].....	6
4 FORSKJELLER PÅ GAMLE OG NYE KRAV TIL ELEKTRISKE INSTALLASJONER	7
4.1 AUTOMATISK UTKOBLING VED FEIL	7
4.2 OVERSTRØMSVERN	7
4.3 BESKYTTELSE MOT OVERSPENNINGER	10
4.4 JORDING OG UTJEVNING	11
4.5 JORDFEILVERN	14
4.6 LEDERTVERRSNITT.....	15
5 ENEBOLIG	17
5.1 OVERSIKT OVER EKSEMPELBYGG OG INSTALLASJON – ENEBOLIG	17
5.2 MULIGE LØSNINGER - ENEBOLIG	20
5.2.1 <i>Generelle forhold</i>	20
5.2.2 <i>Overstrømsvern</i>	22
5.2.3 <i>Overspenningsvern</i>	25
5.2.4 <i>Jordfeilvern, jording og utjevning</i>	27
5.2.5 <i>Ledertverrsnitt</i>	33
5.2.6 <i>Trefasefordeling til garasje</i>	35
5.3 TILTAK VED OMBYGGING AV ENEBOLIG	35
6 FLERMANNSBOLIG	39

6.1	OVERSIKT OVER EKSEMPELBYGG OG INSTALLASJON – FLERMANNSBOLIG	39
6.2	MULIGE LØSNINGER – FLERMANNSBOLIG.....	40
6.2.1	Generelle forhold	40
6.2.2	Overstrømsvern	41
6.2.3	Overspenningsvern.....	42
6.2.4	Jordfeilvern, jording og utjevning.....	43
6.2.5	Ledertverrsnitt.....	43
6.3	TILTAK VED OMBYGGING AV FLERMANNSBOLIG	44
7	NÆRINGSBYGG.....	46
7.1	OVERSIKT OVER EKSEMPELBYGG OG INSTALLASJON – NÆRINGSBYGG.....	46
7.2	MULIGE LØSNINGER – NÆRINGSBYGG.....	47
7.2.1	Generelle forhold	47
7.2.2	Overstrømsvern	48
7.2.3	Overspenningsvern.....	48
7.2.4	Jordfeilvern, jording og utjevning.....	49
7.2.5	Trefaseapparater.....	49
7.2.6	Ledertverrsnitt.....	50
7.3	TILTAK VED OMBYGGING AV NÆRINGSBYGG	50
8	DISKUSJON	52
8.1	GENERELT OM Å STILLE KRAV	52
8.2	NYE METODER TIL SIKKER BRUK OG UTFØRELSE AV INSTALLASJONER I NEK400 SAMMENLIGNET MED ELDRE NORMER OG FORSKRIFTER	52
8.2.1	Jordfeilbryter.....	53
8.2.2	Overspenningsvern.....	53
8.2.3	Ikke-ledende omgivelser.....	53
8.2.4	Lokal jordelektrode i TN-nett.....	54
8.3	TREFASEINSTALLASJONER OG TREFASEKURSER	54
8.4	INSTALLASJONENS ALDER	55
8.5	VURDERING AV KOSTNADER	55
8.6	DISPENSASJON FRA DSB	56
8.7	BRUK AV KOMPONENTER BEREGNET FOR IT-INSTALLASJONER I TN-INSTALLASJONER.....	56
8.8	OPPSUMMERING AV DISKUSJON.....	57
9	KONKLUSJON.....	59
	REFERANSER	61
	VEDLEGG.....	A
	STRØM-TID-KARAKTERISTIKKER FOR VERN BRUKT I EKSEMPELINSTALLASJON	A
	SMELTEINTEGRAL ($I^2 * t$) FOR VERN BRUKT I EKSEMPELINSTALLASJON	D

1 Innledning

Det norske kraftsystemet står overfor store endringer i årene som kommer og lavspenningsnettet er intet unntak. Måten man bruker lavspenningsnettet er forventet å endre seg vesentlig. Fra å ha en stor andel rent omhøstede laster som elektriske varmeovner, varmtvannstanker og tradisjonelle komfyrtopper er det forventet at normale¹ apparater vil bli mer energieffektive og mer effektkrevende. Dette kan forklares med et marked som tilpasser seg økte energipriser og ventede klimaendringer.

For å kunne være med på denne endringen av lavspenningsnettet vil det være en fordel for Norge å tilpasse seg den europeiske modellen for lavspenningsnett. Norge er i Europa så å si alene om å bruke IT-systemet som lavspent fordelingsystem. Dette har vist seg å være et problem og det er med tanke på at de fleste elektriske apparater som selges i Norge designes og produseres i Europa. Der brukes nemlig TN-system og apparater som lages er ikke nødvendigvis beregnet for IT-nett.

Blant myndigheter, nettselskap, fagmiljøer og elektrobransjen generelt er det et ønske om å bygge om store deler av det norske IT-nettet til å fungere som TN-nett. Teknisk sett er dette en prosess som avhenger av hvordan det eksisterende IT-nettet er bygget opp. Man finner utfordringer både i nettselskapets anlegg og i installasjonseiers anlegg. Denne oppgaven vil fokusere på elektriske installasjoner.

Krav til hvordan en elektrisk installasjon skal utføres har endret seg vesentlig de siste 50 årene. Kravene har normalt ikke hatt tilbakevirkende kraft og av den grunn finnes det nå en stor andel eldre elektriske installasjoner. For ombygging av elektriske installasjoner forventes det at den største utfordringen ligger i de eldre installasjonene. Her finner man anlegg som avviker stort fra dagens krav til personsikker og funksjonstrygg utførelse. Det er også usikkert hvor komplekse nødvendige tiltak blir ved ombygging til TN-systemet.

Ved en ombygging til TN-systemet er det et ønske å legge seg så nært dagens krav til sikkerhet som mulig. En begrensende faktor er i denne sammenheng kostnader for ombygging. For installasjoner med store avvik fra dagens norm, kan det bli svært kostbart å legge seg på dagens sikkerhetsnivå. Denne oppgaven vil undersøke og drøfte hvordan eksisterende elektriske IT-installasjoner kan ombygges til TN-installasjoner. Det vil bli sett på ombygging etter metoder

¹ Vanlige apparater som husholdninger tar i bruk.

i NEK400 og om det i noen tilfeller er mulig å fravike fra normverkets forslag til utførelse og likevel opprettholde ønsket sikkerhetsnivå.

Små installasjoner som eneboliger med kun én fordeling gir ikke nødvendigvis de samme utfordringene som større bygg med flere underfordelinger. I tillegg representerer en elektrisk installasjon i bolig ekstra krav til beskyttelse. Det vil derfor bli sett på både små installasjoner og større installasjoner. Et av de overordnede målene for en ombygging er å tilfredsstille/holde ønsket sikkerhetsnivå. For å ivareta sikkerhetsnivået vil det bli gitt spesiell fokus på beskyttelse mot overstrømmer og overspenning, krav om jordfeilvern og sikker bruk av jording og utjevning. Oppgaven vil peke på hvordan eldre IT-installasjoner generelt kan bygges om til TN-installasjoner. Dette vil være et nyttig tilskudd til arbeidet med å bestemme kompleksiteten av en nasjonal ombygging av det lavspente fordelingssystemet.

2 Metode

2.1 Beskrivelse av metode

For å gi et tydeligere og mer praktisk rettet bilde av utfordringene knyttet til ombygging blir ombygging av IT-installasjoner presentert som caseoppgaver for gitte installasjoner. De aktuelle installasjonene som blir presentert er tenkte og skal samlet sett representere så mange som mulig av utfordringene man kan møte på ved ombygging av IT-installasjoner til TN-installasjoner. IT-anlegg bygget etter gamle standarder er de anleggene som avviker mest fra TN-anlegg etter siste norm. Derfor blir det tatt utgangspunkt i gamle standarder og praksiser ved prosjektering av caseinstallasjonene. I hovedsak blir Rødboken² brukt som standard for utforming av caseinstallasjonenes starttilstand.

2.2 Dokumentasjon og dimensjonering ved bruk av FEBDOK

Som analyseverktøy blir dataprogrammet FEBDOK brukt i oppgaven. FEBDOK er et beregnings og dokumenteringsprogram for elektriske installasjoner. Programmet støtter dimensjonering i henhold FEB-91, FEL og/eller NEK400³. I oppgaven brukes FEBDOK som en tilleggsressurs for å analysere strømmer i og gjennom vern og kabler. I tillegg har FEBDOK sin database med informasjon om vern og kabler blitt brukt i oppgaven.

2.3 Endringer i gamle elektriske installasjoner

Et gammelt anlegg er et anlegg som bygget etter en standard som avviker sterkt fra dagens standard. Selv om anlegget avviker fra dagens standard er det tillatt å drifte anlegget. Dette er på grunn av at forskrifter normalt ikke har tilbakevirkende kraft. I tillegg til å være bygget etter en gammel standard er det heller ikke gjort store endringer i anlegget i ettertid. Dersom man skal gjøre endringer i et anlegg må man påse at sikkerhetsnivået ikke reduseres. Den viktige forutsetningen er § 16 i FEL, med utdyping og forklaring fra DSB i Elsikkerhet nummer 62 og 78. Ved endringer er det nødvendig å vurdere sikkerhetsrisikoen sånn at man ikke reduserer sikkerhetsnivået eller endrer premisene den opprinnelige installasjonen ble bygget ut ifra. Der hvor det ikke er samsvar mellom anlegget og føringer i siste reviderte norm må det foretas en risikovurdering dersom man skal endre anlegget. Utvikling av reglene vises i kapittel 3. Det som er verdt å legge merke til er at FEB-91 introduserte vesentlige endringer. Endringene hevet kravene til sikkerhetsnivå og har ført til at anlegg bygget etter FEB-91 eller senere normer ikke

² Se kapittel om utvikling av lover og forskrifter for beskrivelse av Rødboken.

³ Se kapittel om utvikling av lover og forskrifter for beskrivelse av FEB-91, FEL og NEK400.

avviker stort fra dagens norm i NEK400. Dermed vil anlegg utført etter standard før FEB-91 referert til som gamle anlegg i denne teksten. [1] [2]

3 Utvikling av lover og forskrifter

Utførelse og bruk av et elektrisk anlegg er forbundet med en fare og er av den grunn regulert av staten. Overordnet finner man tilsynsloven av 1929. I 2017 er det "Forskrift om elektriske lavspenningsanlegg" som setter krav til hvilket sikkerhetsnivå som gjelder for elektriske lavspenningsanlegg. Forskriften referer til normen NEK400 som gir praktiske retningslinjer for hvordan forskriftens krav kan følges. Formatet med lov, forskrift og normverk har vært praksis i Norge siden 1998. I de følgende underkapitler blir utviklingen fram til dagens format presentert.

3.1 Forskrifter for elektriske anlegg av 5. desember 1963 – ikrafttreden 1. februar 1964 (Rødboken)[3]

Forskrifter for elektriske anlegg er en samling av forskrifter for ulike elektriske anlegg. Der i blant "Forskrifter for lavspenningsanlegg". Rødboken er mer omfattende enn tidligere forskrifter gjeldende for elektriske lavspenningsanlegg. I tillegg kan det sees på som en finskriving og grundig oppdatering av tidligere forskrifter. Boken er bygd opp som ringperm med løsblad. Løsblad har blitt fortløpende skiftet ut og lagt til etter hvert som regler har endret seg. Forskriften beskriver ønsket sikkerhetsnivå i tillegg til å komme med føringer for alternative metoder som kan brukes for å oppnå ønsket sikkerhetsnivå.

3.2 Forskrifter for elektriske bygningsinstallasjoner 1988 (FEB-88)[4]

I 1988 ble forskriftene i Rødboken delt opp og gitt ut som separate forskrifter. For lavspenningsanlegg i bygninger ble "Forskrifter for lavspenningsanlegg" erstattet av "Forskrifter for elektriske bygningsinstallasjoner". FEB-88 skulle i utgangspunktet være basert på internasjonale normer, men dette ble ikke gjeldende før oppdateringen som kom i 1991. FEB-88 er på mange måter en finskriving av siste versjon "Forskrifter for lavspenningsanlegg" fra Rødboken. FEB-88 hadde ny inndeling og oppdeling uten at innholdet fikk vesentlige endringer.

3.3 Forskrifter for elektriske bygningsinstallasjoner 1991 (FEB-91)[5]

FEB-91 baserer seg på internasjonale IEC-normer og har dermed en del avvik fra FEB-88. Den trådte i kraft 1.1.1991, men ble gitt ut et år i forveien og var fra da tillatt å bruke. FEB-91 ligner på det som i dag er NEK400. I forhold til FEB-88 er oppdelingen av kapitler endret i tillegg til at en del av innholdet er endret.

3.4 Forskrift om elektriske lavspenningsinstallasjoner (FEL), NEK400 og NEK399[6-8]

Fra 1.1.1999 trådte FEL i kraft og erstattet samtidig FEB-91. Dette var en ny måte å bygge opp forskriften på. FEL er vesentlig mer generell enn forgjengeren FEB-91. FEL er vesentlig kortere og fokuserer på å defineres hvilket sikkerhetsnivå som kreves og regler for blant annet ansvarsfordeling. FEL § 10 refererer til NEK400 som et normverk som kan brukes for å oppfylle forskriftens sikkerhetskrav i praksis. NEK400 baserer seg på den internasjonale normserien IEC 60 364 og CENELEC HD 384. Fra 1998 har normen NEK400 kommet i oppdatert utgave hvert fjerde år. Neste utgave kommer i 2018. I 2014 kom også normen NEK399 som spesifiserer krav til grensesnittet mellom el- og ekominstallasjoner i nye boligbygg og allment el- og ekomnett.

4 Forskjeller på gamle og nye krav til elektriske installasjoner

Dette kapitlet vil beskrive relevante endringer i krav fra Rødboken og til NEK400 2014. Det blir også lagt frem når ulike krav ble endret. I enkelte tilfeller blir det også sagt noe om praksis. Spesielt der hvor praksis avviker fra minstekrav i forskriftene.

4.1 Automatisk utkobling ved feil

Med FEB-91 ble det innført maksimalgrenser for varighet av forventet berøringsspenning, og maksimal utkoblingstid for gitte feilstrømmer måtte regnes ut deretter.

Med NEK400 1998 ble grenseverdiene for maksimal utkoblingstid endret til å ta utgangspunkt i nominell spenning for installasjonen. For hovedkurser i TN-installasjoner ble det samtidig tillatt med en utkoblingstid etter maksimalt 5 sekunder. For IT-systemet har forsyningssikkerhet blitt satt høyt og automatisk utkobling av første jordfeil for forbrukerkurser i IT-installasjoner tilknyttet et allment fordelingsnett ble først påkrevd gjennom NEK400 2002 413.1.5.

4.2 Overstrømsvern

Kortslutningsvern

§ 431 i Rødboken stilte krav om kortslutningsvern i hovedinntak såfremt at ledning eller kabel ikke var forlagt kortslutningstrygt eller brannsikkert. Det eventuelle kortslutningsvernet skulle ha merkestrøm høyst to ganger lederens strømføringsevne og skulle være plassert i egen boks eller skap. Rødboken spesifiserte ikke krav til utløsertid for kortslutningsvern. I NEK400 434 stilles det krav til bruk av kortslutningsvern med visse unntak. Som hovedregel skal det monteres kortslutningsvern foran alle ledere og normalt der hvor det skjer en reduksjon i lederens strømføringsevne. Dersom det foranliggende verns karakteristikk gir beskyttelse for det reduserte tverrsnittet kan man utelate vern ved nedtrapping av tverrsnitt.

Kravet til kortslutningsvern i NEK400 2014 434 er spesifisert til å bryte før leder eller kabelens isolasjon tar skade. For utløsertider under 0,1 sekunder må vernets gjennomslupne energi kontrolleres mot kabelens $K^2 * S^2$ etter formelen:

$$I^2 * t \leq k^2 S^2$$

der

S = ledertverrsnitt [mm^2]

I = beregnet feilstrøm [A] som flyter gjennom vernet

t = vernets utkoblingstid [s]

k = tillatt strømtetthet i 1 sekund [$\frac{A}{mm^2}$]

Selv om det i NEK400 er oppgitt formler med effektivverdier er det viktig å være klar over at når man har feilstrømmer med ned mot én periode (0,02 sekunder) gir ikke nødvendigvis effektivverdier mening. Det er den fysiske gjennomslupne energien og kabelens tåleevne som er tellende.

For lengre kortslutninger opp til 5 sekunder kan tiden det tar før kabelen tar skade forenklet beregnes til

$$t \leq \frac{k^2 S^2}{I^2}$$

Omlegging til TN-systemet vil endre størrelse på kortslutninger. Det må dermed undersøkes om kortslutningsvernet beskytter tilstrekkelig etter en ombygging. Det vil også være nødvendig for å følge NEK400.

Overbelastningsvern

I Rødboken stilte §431, §448 og §457 krav om bruk av overbelastningsvern på hovedfordeling og kursledninger. Merkestrømmen på sikringene ble gitt ut i fra tabell avhengig av isolasjonstype og strømføringssevne på lederen. Utdrag fra "tabell 1" i §448 er gitt i tabell 1.

Tabell 1: Utdrag fra tabell 1 §448 i Rødboken. Verdiene gjelder for fast opplagt, gummiisolert eller plastisolert ledning eller kabel.

Tverrsnitt		Høyeste tillatte strøm		Sikring	
Kobber [mm ²]	Aluminium [mm ²]	Kobber [A]	Aluminium [A]	Kobber [A]	Aluminium [A]
1,5		14		10	
2,5		20		16	
4		25		20	
6		31		25	
10		43		35	
16	16	65	43	63	35

Kravene til vern for beskyttelse mot overstrømmer ble endret til FEB-91 og ligner veldig på de som er gjeldende i dag. Det som ikke kom med i NEK400 før i 2002 er nasjonal tilpasning ved avsnitt 533.2 som gir føringer for ledere med små tverrsnitt. Det kom derimot med som nasjonal tilpasning i FEL i 1999. Siste oppdatering i NEK400 avsnitt 433 gir føringer for beskyttelse mot overbelastningsstrøm. Normens generelle krav sier at overbelastningsvern skal være plassert foran enhver endring som gir reduksjon av lederens strømføringsevne. Figur 4.1 gir en grafisk framstilling av det generelle kravet. Overbelastningsvern skal følge krav som avhenger av strømføringsevne på leder og vernets strøm/tid karakteristikk. Normkravet er at utløserkarakteristikken til vernet skal være etter følgende formler:

$$I_b \leq I_n \leq I_z$$

$$I_2 \leq 1,45 * I_z$$

der

I_b = dimensjonerende laststrøm

I_n = vernets merkestrøm

I_z = lederens strømføringsevne

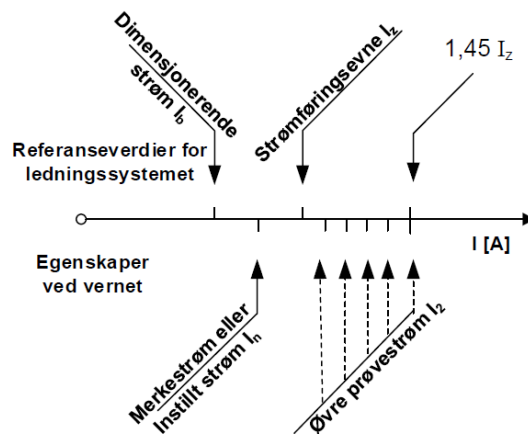
I_2 = er strømmen som sikrer utkobling innen en viss tid.⁴

For boliger gjelder nasjonal tilpasning for kabler med ledertverrsnitt $\leq 4mm^2$ (NEK400 823.433.1):

$$I_2 \leq I_z$$

Kravet ble innført i 2010.

⁴ For automatsikringer er normalt I_2 den strømmen som sikrer utkobling innen en time



Figur 4.1 Figuren viser koordinering mellom belastningsstrøm overbelastningsvernets karakteristikk og strømføringssevne til ledere. [7]

4.3 Beskyttelse mot overspenninger

I Rødboken §437 var det krav om bruk av overspenningsvern dersom man hadde utstrakt luftnett eller var erfaringsmessig "særlig" utsatt for atmosfæriske overspenning. Grenseverdien for tennspenning var ikke definert.

I dag er det normkrav om at alle lavspenningsinstallasjoner, både i IT- og TN-nett, skal beskyttes av overspenningsvern. Kravet finnes i NEK400 avsnitt 443.3.1 og kom først i NEK400 2010. Krav til tennspenning finnes i NEK400 kapittel 534 og skal være minst 350 V for 230 V IT og minst $1,1 U$ for 230/400 V TN. Der U er henholdsvis fasespenning eller linjespenning avhengig av hva man kobler vernet mellom. Fra 2002 var kravet for IT-nett minst fasespenning og i NEK400 2010 minst 360 V. Før 2002 var det ikke krav til minste varige driftsspenning for overspenningsvern. I FEB-91 var kravet at avleder skal ha merkestrøm minst 5kA og vernenivå ikke over 2,5 kV. I NEK400 2014 er vernenivået for forbrukerutstyr satt til 2,5 kV.

I TN nett er det ikke direkte krav om at overspenningsvern har tilgang til lokal jord[9]. Det er likevel viktig at ved installasjon av overspenningsvern kontrolleres det at kvalitet på lokal jordelektrode er tilfredsstillende. Ved lynnedslag og andre temporære overspenninger er frekvensen på spenningsbølgen svært høy. Dette gir en høy bølgeimpedans på PEN-leder tilbake til nettselskapets nullpunkt i motsetning til bølgeimpedansen til lokal jordelektrode. Uten lokal jordelektrode risikerer man ukontrollert overslag fra lokal jord til sann jord.

4.4 Jording og utjevning

Jording av utsatte anleggsdeler og bruk av ikke ledende omgivelser

Etter Rødboken skulle utsatte anleggsdeler som ikke var isolert fra underlaget og ikke beskyttet mot tilfeldig berøring jordes (§408). Samtidig ble det understreket at jording skulle begrenses til steder hvor det virkelig var nødvendig. Ikke-ledende omgivelser som beskyttelse var tillatt og var i høy grad vanlig beskyttelsesmetode på forbrukerkurser for tørre rom uten spesielle apparater.

I NEK400 410.3.6 spesifiseres det at ikke-ledende omgivelser som beskyttelsestiltak **kun** er tillatt for spesielle installasjoner for instruert personell. Endringen kom først i 2006-utgaven av NEK400.

NEK400 411.3.1 omhandler "beskyttelsesjording og utjevningsforbindelse for beskyttelsesformål". Avsnittet sier at utsatte deler og alle metalliske deler i bygningskonstruksjonen som er tilgjengelig for berøring skal være koblet til installasjonens utjevningssystem. I tillegg er det normkrav om at alle kurser skal ha beskyttelsesleder som er koblet til det samme jordingssystemet.

Typer beskyttelsesleder

Rødboken §409 satte med visse unntak krav til at jordledninger skulle være av kopper. Med FEB-91 ble det åpnet for bruk av andre metalltyper. Ved bruk av annet metall enn i faseleder skal tverrsnitt for beskyttelsesleder regnes ut ved hjelp av tilhørende k-faktor. Avsnittet gjelder fortsatt i dag (NEK400 543).

NEK400 543.8 fastslår at PE-ledere for kurser beskyttet med overstrømsvern, skal føres i umiddelbar nærhet til spenningsførende ledere. Det er altså ikke noe forbud i normen om å legge separat PE-leder der hvor eksisterende kurs mangler PE-leder eller at eksisterende PE-leder har for lavt tverrsnitt.

Tverrsnitt på beskyttelsesleder

I eldre installasjoner kan man finne ledninger og kabler uten beskyttelsesleder eller med redusert tverrsnitt på beskyttelsesleder, da dette var tillatt. I Rødboken ga §409 reglene for jordledningers utførelse og tverrsnitt. Jordleder i rør, isolert jordleder og kopperskjerm skulle ha tverrsnitt $\geq \frac{1}{3}$ av tilhørende spenningsførende leders ekvivalente koppertverrsnitt. For uisolert jordledere gjaldt verdiene i tabell 2

Tabell 2: Minstekrav til tverrsnitt på beskyttelsesleder for uisolert jordleder i kontakt med ledende kappe Rødboken.

Tverrsnitt for leder [mm^2]	Tverrsnitt for PE-leder [mm^2]
1,5	1 (1,5 vanlig for ledning(PN))
2,5	1 (1,25 var praksis for kabler og 1,5 for ledning (PN))
4	1,5
6	1,5
10	2,5
16	4
25	6
35	6
50	10

Med FEB-91 ble reglene for tverrsnitt på beskyttelsesleder endret og de er veldig like de som gjelder i NEK400 2014 543.1. Normen sier at man enten kan følge tabell 54 B gjengitt i Figur 4.2 eller formelen:

$$S \geq \sqrt{\frac{I^2 * T}{k^2}}$$

der:

S = ledertverrsnitt [mm^2]

I = beregnet feilstrøm [A] som flyter gjennom vernet

t = vernets utkoblingstid [s]

k = tillatt strømtetthet i 1 sekund [$\frac{A}{mm^2}$]

Ledertverrsnitt for faseleder i installasjonen – S mm ²	Minste ledertverrsnitt for tilhørende beskyttelsesleder mm ²	
	Dersom beskyttelsesleder er av samme materiale som faseleder	Dersom beskyttelsesleder ikke er av samme materiale som faseleder
$S \leq 16$	S	$\frac{k_1}{k_2} \times S$
$16 < S \leq 35$	16 ^a	$\frac{k_1}{k_2} \times 16$
$S > 35$	$\frac{S^a}{2}$	$\frac{k_1}{k_2} \times \frac{S}{2}$
hvor k ₁ er verdien k for faseleder, valgt fra Tabell 54A-1 i Tillegg 54A eller fra tabellene i NEK 400-4-43, i samsvar med ledermateriale og isolasjon. K ₂ er verdien k for beskyttelsesleder valgt fra Tabell 54A-2 til Tabell 54A-6 i Tillegg 54A.		
^a Reduksjon av ledertverrsnittet for en PEN-leder er kun tillatt dersom dette gjøres i henhold til kravene i NEK 400-5-52 vedrørende dimensjonering av nøytralleder.		

Figur 4.2: Tabell 54B fra NEK400 - Minimums ledertverrsnitt for beskyttelsesledere.[7]

For små tverrsnitt vil bruken av formelen tillatte et lavere tverrsnitt enn tabellen. Det betyr at dersom man har en eksisterende beskyttelsesleder med et redusert tverrsnitt kan formelen brukes for å kontrollere tverrsnittet opp imot forventet kortslutningsstrøm og utløsertid til vernet.

Kvalitet på jordelektrode

Fra Rødboken var kravet til jordelektrode sådan at overgangsmotstanden mot jord var lav nok til å gi en berøringspenning på maksimalt 50 V. For IT-nett i dag gir NEK400 411.6.2.01 tilsvarende krav:

$$R_A I_d \leq 50 \text{ V}$$

der:

R_A = summen av overgangsresistansen i jordelektroden og resistansen i beskyttelsesleder frem til utsatt ledende del.

I_d = feilstrøm (A) ved første veil med neglisjerbar impedans mellom faseleder og utsatt del.

For TN-systemer er det ikke generelt krav til lokal jordelektrode i NEK400, men det anbefales at beskyttelsesledere jordes der hvor de føres inn i en bygning. Avsnitt 411.4.1 i NEK400 gir krav til pålitelig jordtilkobling:

$$\frac{R_B}{R_E} \leq \frac{50}{U_o - 50}$$

der

R_B = resistansen i ohm for alle jordelektroder i parallell

R_E = minste overgangsresistans til jord, i ohm, mellom andre ledende deler som ikke er forbundet til beskyttelsesleder og jord, hvor en feil mellom fase og jord kan inntreffe.

U_0 = den nominelle spenningen (AC) til jord i volt (V)

Ved installasjon av overspenningsvern vil det være nødvendig med lokal jordelektrode.⁵

Vannrør som jordleder/jordelektrode

I forskrifter før FEB-91 var det ikke generelt forbud mot å bruke vannledningsnettet som jordelektrode. I Rødboken var dette tillatt dersom vannledningsnettet var metallisk sammenhengende og hadde tilstrekkelig god jordforbindelse (§411). En jordforbindelse ble regnet tilstrekkelig dersom berøringsspenning $\leq 50 V$ ble opprettholdt (§406). I NEK400 2014 543.2.3 gjelder fortsatt kravet fra FEB-91 om at metalliske vannrør som jordelektroder ikke er tillatt.

Røranlegg og bruk av stålrør og stålrør som ikke er koblet sammen.

§ 455 i Rødboken omhandler røranlegg i lavspenningsanlegg. Stålrør var på den tiden tillatt. Det som kan være verdt å merke seg er at det ikke var tillatt med flere kurser per rør. Fra Rødboken var det ikke krav til beskyttelsesjording av metallrør. Dette er derimot i dag et krav under nasjonal tilpasning for NEK400 i FEL.

NEK400 2014 512.6 henviser til NEK EN 61386 som norm for rørsystemer. EN 61386 sier at rør av metall må være mulig å jorde. Altså er metallrør fortsatt lovlig selv om plastikkør er blitt vanlig. NEK400 2014 512.6 sier at det er tillatt med flere kurser i samme rør, så lenge alle ledere er isolert.

4.5 Jordfeilvern

Rødboken ga ikke generelt krav til bruk av jordfeilvern i lavspenningsinstallasjoner, men henviste til jordfeilbryter for hurtig og automatisk utkobling der hvor grensen for berøringspenning på 50 V ikke kunne overholdes. Det var derimot påbudt med jordfeilbryter for noen kurser som varmekabelkurser og andre spesielle installasjoner.

Med FEB-91 ble det innført krav til isolasjonsovervåkning (jordfeilvarsler) i IT-installasjoner og krav til jordfeilbryter ble utvidet til spesielle installasjoner som baderom,

⁵ Se kapittel 4.3 om beskyttelse mot overspenninger for utfyllende forklaring.

landbruksinstallasjoner og campingplasser. Med NEK400 2002 413.1.5 ble det for IT-installasjoner innført krav til bruk av jordfeilbryter for å koble ut første jordfeilstrom for anlegg galvanisk tilknyttet et allment distribusjonsnett. Kravet gjaldt ikke ved bruk av utstyr klasse 2.

I 2006 kom det med NEK400 411.3.3 krav om at i alle AC-systemer skal stikkontakter utendørs og innendørs være beskyttet av strømstyrt jordfeilvern dersom de har merkestrøm ikke over henholdsvis 32 A og 20 A. For andre kurser i TN-systemet regnes jordfeilvern som en tilleggsbeskyttelse og må brukes dersom kravet til maksimal utkoblingstid ikke oppfylles. Maksimal utkoblingstid for forbrukerkurser er gitt i tabell 41A i NEK400.

For IT installasjoner som er galvanisk tilknyttet et allment fordelingsnett er det i NEK400 krav om beskyttelse mot elektrisk sjokk ved bruk av jordfeilvern (NEK400 411.6.1.01.01). Hver kurs må beskyttes, men ikke nødvendigvis med et eget vern. For boligkurser er derimot kravene litt strengere. I NEK400 2014 823.411.3.3 er det krav om at alle boligkurser skal være beskyttet av eget strømstyrt jordfeilvern. Merkeutløserstrøm skal være ≤ 30 mA og kravet gjelder for både IT og TN-nett. Kravet ble lagt til i NEK400 i 2010-utgaven.

4.6 Ledertverrsnitt

Strømføringssevne og tverrsnitt for ledere

Strømføringssevne for ledere er avhengig av hvor mye varme leder og gjeldene isolasjon tåler og hvor mye varme som transporteres vekk gjennom isolasjonen. Strømføringssevnen til et bestemt tverrsnitt etter Rødboken er gjengitt i Tabell 1 under kapittel 4.2 om overstrømsvern. I NEK400 tillegg 52B får ledere ulik strømføringssevne avhengig av kabeltype og forlegningsmetode. Endringen kom med FEB-91.

Korreksjonsfaktor

Kabler og ledningers strømføringssevne er avhengig av kabelens evne til å avgi varme grunnet tap i kabelens ledere. Av den grunn brukes det korreksjonsfaktor for omgivelsestemperaturer som avviker fra normert verdi. I tillegg brukes det en korreksjonsfaktor for kabler som er lagt parallelt tett inntil andre kabler. Ved bruk av korreksjonsfaktor for omgivelsestemperatur og korreksjonsfaktor for parallelt førte kabler kan man da finne reel strømføringssevne ut i fra normert strømføringssevne for valgt kabel etter forlegningsmåte.

I Rødboken var tabellene som ble gitt for korreksjonsfaktor generelle og korte. Det var kun for papirisolerte kabler at det ble gitt korreksjonsfaktor for temperatur (Tabell 3). Det kan være verdt å legge merke til at referansetemperaturen er endret fra 25°C til 30°C etter FEB-91.

Tabell 3: Korreksjonsfaktor for papirisolerte kabler etter Rødboken.

Omgivelsestemperatur [°C]	5	10	15	20	25	30
Korreksjonsfaktor	1,2	1,15	1,1	1,05	1	0,95

Korreksjonsfaktor for parallelle ledere finnes i §448 og §457 og er lik for både plast-, gummi- og papirisolerte kabler. De er gjengitt i Tabell 4.

Tabell 4: Korreksjonsfaktor for parallelle ledere etter Rødboken.

Antall rør eller kabler	2	3	4	5	6	7 el. Flere
Korreksjonsfaktor	0,9	0,8	0,75	0,7	0,65	0,6

Vesentlig endring kom med FEB-91 og i dag dekker NEK400 523 fastsetting av strømføringssevne for ledere. De tilhørende tabellene er langt mer omfattende og detaljerte. I sammenheng med at verdiene nå er mer detaljerte, altså spesifisert for flere forskjellige forlegningsmåter, er korreksjonsfaktor i enkelte tilfeller redusert. Dermed kan det være nødvendig å kontrollere strømføringssevne for kabel ved en ombygging av et anlegg dersom man skal følge NEK400.

Nedtrapping av tverrsnitt på faseleder

I Rødboken var nedtrapping av tverrsnitt fra fast opplagt ledning tillatt etter tabell 2 §448. For vannvarmere var grenledningen begrenset til maksimalt 10 meter.

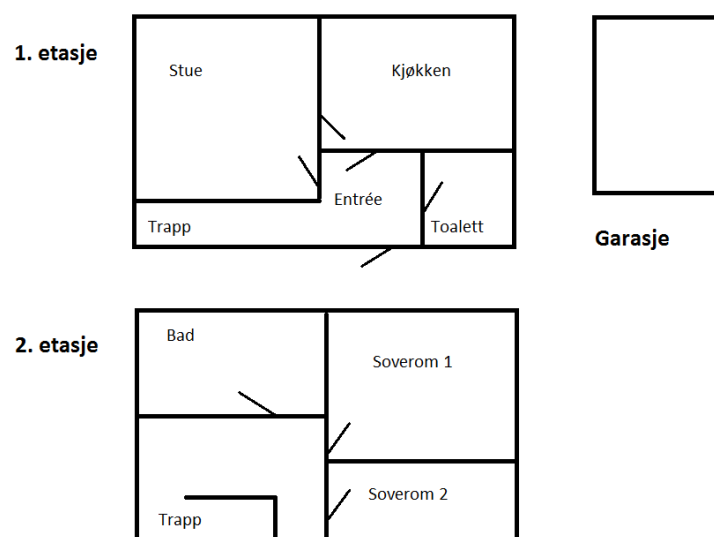
Etter NEK400 433.3.1 kan man utelate bruk av overbelastningsvern dersom sannsynlighet for overbelastning ikke er til stede og at lederen er beskyttet mot kortslutning. Lengdebegrensingen fra Rødboken er ikke med. Dette ble justert i FEB-91 473.1.2

5 Enebolig

Elektriske installasjoner i eneboliger representerer en stor andel av elektriske IT-installasjoner. Ved en nasjonal ombygging vil dette være sentralt i og med at det er svært sjeldent at eneboliger ikke er koblet på en offentlig transformatornett. Med en enebolig som eksempel vil det bli presentert mange forskjellige metoder som har vært brukt for eldre elektriske IT-installasjoner. Kapittelet beskriver hvilke vurderinger som må gjøres ved ombygging av IT-installasjoner i eneboliger. Eksempelbygget har en større blanding av ulike installasjonsmetoder enn det som forventes at er vanlig og blir på den måten et ekstremtilfelle for ombygging.

5.1 Oversikt over eksempelbygg og installasjon – enebolig

Eksempelanlegget for enebolig består av et bygg med to etasjer, i tillegg til en garasje. Det er trefase fordeling inn til huset med inntak på loftet. Alle kursene innad i huset er enfasekurser og garasjekursen er trefase. Rødboken ble brukt som standard ved bygging av installasjonen og installasjonen er ikke endret siden. Kursene er jordet med forskjellige metoder og enkelte kurser har ikke noen form for jording da det tidligere ikke var krav om dette. Som jording er det blant annet brukt vannrør og PE-leder med redusert tverrsnitt. Vannrøret fungerer som jordelektrode med kobling til jordskrue i sikringskapet. Installasjonen har overspenningsvern og det er ikke montert jordfeilvern på anlegget. Det er brukt smeltesikringer både som kurssikringer og som hoved overbelastningsvern og kortslutningsvern. Kablene er forlagt på forskjellige måter. Både åpent og lukket og med installasjonsrør av plast og stål. Skisse av eksempelbyggets romfordeling kan ses i Figur 5.1



Figur 5.1: Planskisse over eksempel-enebolig..

Kursfordeling

Installasjonen har et hovedinntak på 63 A med 7 underliggende kurser. Kursen til garasje er en trefasekurs og de resterende er enfasekurser. Oversikt over hver kurs finnes i Tabell 5.

Tabell 5: Kursoversikt for case-enebolig.

Kurs	Vern	Kabel (installasjons metode)	Laster	Lengde [m]
Kortslutningsvern	SIBA NH 2000113_GG_500V_00 125 A			
Overbelastningsvern	IFÖ SNABB_SNABB 63 A	PN 3 x 25 mm ² (B1)		8
Garasje	IFÖ SNABB_SNABB 16 A	PFSP 3x2,5 mm ² (D2)	Lys og stikkontakt	30
Entré + toalett	IFÖ SNABB_SNABB 10 A	PN 2x1,5 mm ² (A1)	Lys og stikkontakter	10
Komfyr og varmtvann	IFÖ SNABB_SNABB 20 A	PR 2x4 -> 1,5 (C)	Komfyr 4000 W = 10 A 10m Varmtvannstan k 1950 W = 8,49A	20+10
Kjøkken	IFÖ SNABB_SNABB 10 A	PN 2x1,5 mm ² (A1)	Kjøleskap, oppvaskmaski n, lys og stikkontakter	20
Stue	IFÖ SNABB_SNABB 16 A	PN 2x2,5 mm ² (A1)	Lys og stikkontakter	20
Bad	IFÖ SNABB_SNABB 10 A	PR 2x1,5 mm ² (C)	Lys og klasse II apparater	20
Soverom 1 + 2 og gang 2. etasje	IFÖ SNABB_SNABB 10 A	PR 2x1,5 mm ² (C)	Lys og stikkontakter	20

Installasjonens sikringer er fra den svenske vernprodusenten Ifö Electric. I FEBDOK har vern fra Ifö Electric en definert temperatur på 45°C . Ved bruk av 30°C som omgivelsestemperatur korrigerer FEBDOK vernets merkestrøm. En følge av dette er at FEBDOK gir Ifö 10 A diazed sikring en merkestrøm på 10,8 A. På grunn av manglende utvalg av diazed smeltesikringer i FEBDOK er det i oppgaven valgt å se vekk i fra denne informasjonen da det antas at den gjengse montør ikke har tatt hensyn til dette. Det er derfor regnet med en definert temperatur på 30°C og **ingen korreksjon** av merkestrøm på sikringene.

Installasjonens spesielle forhold

Listen nedenfor viser en oversikt over hvilke spesielle installasjonsmetoder som er brukt i denne installasjonen. Den gir også noe informasjon om spesielle momenter som må vurderes eller undersøkes ved en overgang fra IT-system til TN-system.

- Kortslutningsvern
 - Kortslutningsvern er installer i egen boks ved inntaket på loftet. Vernet har en $I_n = 125\text{ A}$ som er mindre enn $2 * I_z$ for inntakskabelen, som går videre til sikringsskapet i 1. etasje.
- Overspenningsvern
 - Installasjonen har et trepolt overspenningsvern.
- Skrusikringer
 - Alle overstrømsvern i installasjonen er skrusikringer.
- Jordfeilvern
 - Anlegget har ikke montert jordfeilvern på noen kurser da dette ikke var krav da det ble bygget.
- Jordelektrode.
 - Det eksisterende vannrøret er av metall og har en sånn utstrekning at det også er brukt som lokal jordelektrode.
- Jording av utsatte anleggsdeler via vannledningsnettet
 - Kursen til toalett og kjøkken og entré er jordet direkte på vannledningsnettet via stikkontaktene. Det er ikke jordleder i kurskablene som er ført fram til disse to kursene.
- Redusert tverrsnitt på jordleder
 - Kursene til badet, komfyr og varmtvannstank og garasje har jordleder ført fram, dog med redusert tverrsnitt.
- Ikke ledende omgivelser som beskyttelsestiltak
 - Kursen til soverommene og kursen til stuen har ikke jordleder da ikke-ledende omgivelser ble brukt som beskyttelsestiltak.
- Stålrør
 - På kursene til 2. etasje er det brukt stålrør som ikke henger sammen.
- Nedtrapping av tverrsnitt på samme kurs
 - Komfyr og varmtvannstank er på samme kurs med nedtrappet tverrsnitt fra komfyren og til varmtvannstanken.
- Brudd i N-leder

- Ved bruk av TN-systemet kan brudd i N-leder skape farlige situasjoner.
- Korreksjonsfaktor for parallelle kabler.
 - Kurs til soverom og badet er ført parallelt et stykke. Det samme gjelder for toalett og kjøkken.
- Trefaseforsyning til garasjen
 - Garasjen er forsynt med en trefasekabel.
- PE-skrue
 - Sikringsskapet har en PE-skrue hvor jordledere er koblet på.

Dimensjonerende feilstrømmer

Når det gjelder kortslutningsstrømmer er det to situasjoner som kan være farlige. Svært store kortslutningsstrømmer kan overskride tåleevnen til vern og små kortslutningsstrømmer kan være så lave at vern ikke løser ut fort nok. Alle vern i denne installasjonen har en tåleevne på 120 kA. Det er langt over normale verdier for forventede kortslutningsstrømmer. Det vil derfor være interessant å se hvordan eksisterende vern takler lave kortslutningsstrømmer. Av den grunn er det blitt satt svært lave verdier for forventede kortslutningsstrømmer for denne installasjonen.

Maks trepolt kortslutning $I_{k3p} = 2 \text{ kA}$ og $\cos(\phi) = 0,8$

Min topolt kortslutning $I_{k2p} = 1 \text{ kA}$ og $\cos(\phi) = 0,9$

Maks Jordfeilstrom $I_{j1p_maks} = 0,5 \text{ kA}$ og $\cos(\phi) = 0,8$

Min Jordfeilstrom $I_{j1p_min} = 0,223 \text{ kA}$ og $\cos(\phi) = 0,9$

5.2 Mulige løsninger - enebolig

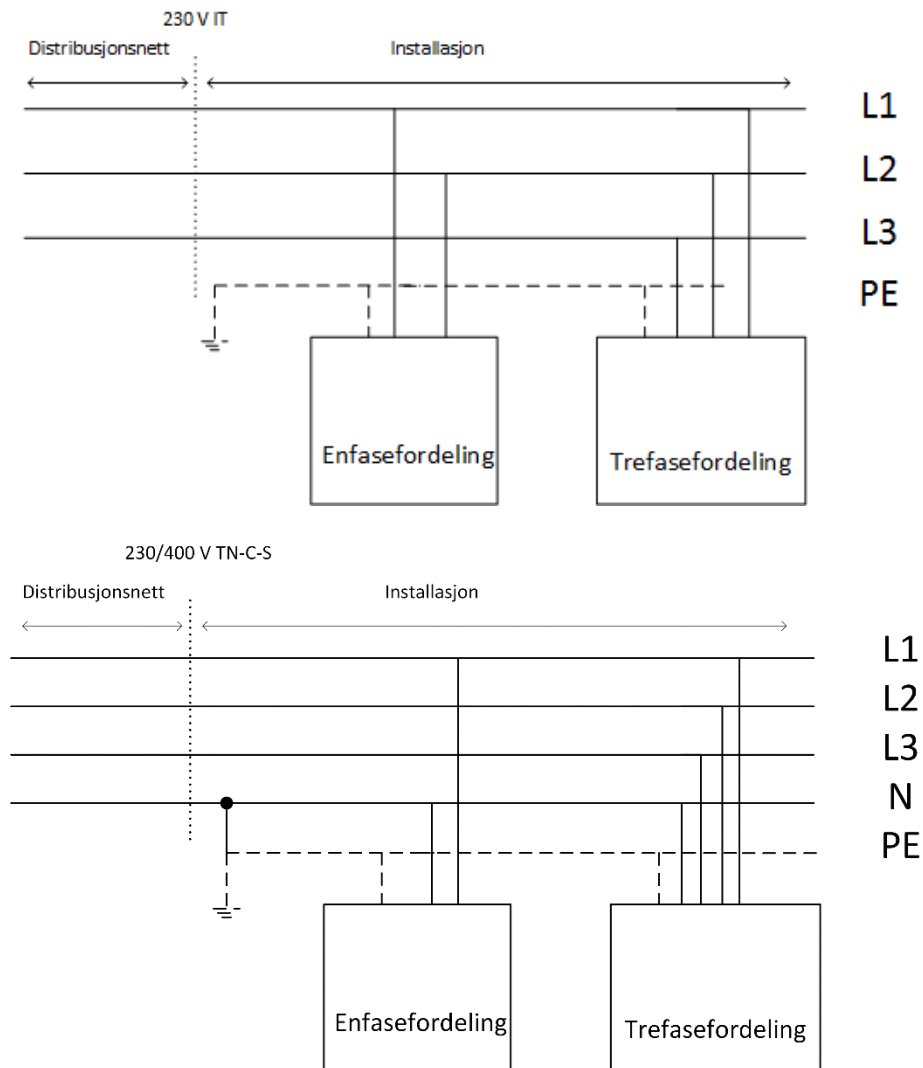
De følgende underkapitler presenterer ulike deler av installasjonen og hvilke følger en omlegging fra IT-system til TN-system vil gi. Det blir presentert hvilke tiltak som er helt nødvendig etter prinsippet om å ikke redusere sikkerhetsnivået ved en ombygging. I tillegg presenteres det hva som må gjøres om man skal legge seg på et sikkerhetsnivå etter nyeste versjon av NEK400. Hvilket nivå av sikkerhet man skal eller bør legge seg på i ulike situasjoner blir diskutert ytterligere i diskusjonskapittelet.

5.2.1 Generelle forhold

Omkobling og merking

I IT-systemet er enfasekurser koblet mellom to faser. Ved overgang til TN-systemet må alle enfasekurser kobles om på den måten at de er koblet mellom én faseleder og nøytralleder. Se figur Figur 5.2 for illustrasjon. I tillegg til omkobling må nøytral- og beskyttelsesledere merkes

i farger i henhold til NEK400: 514.3.1. Etter § 32 i FEL er det tilstrekkelig med merking i endepunkt for fast opplagte kabler.



Figur 5.2: Figurene viser hvilke ledere som er nødvendig til enfase- og trefasefordeling for 230 V IT-system og 230/400 V TN-system. N-leder er ikke nødvendig for alle trefaselaster.

Stikkontakter og brytere

For kurser som har ikke-jordet stikkontakt må man bytte til jordet stikkontakt der hvor man skal koble på en jordleder. Det samme gjelder for brytere.

AMS-måler

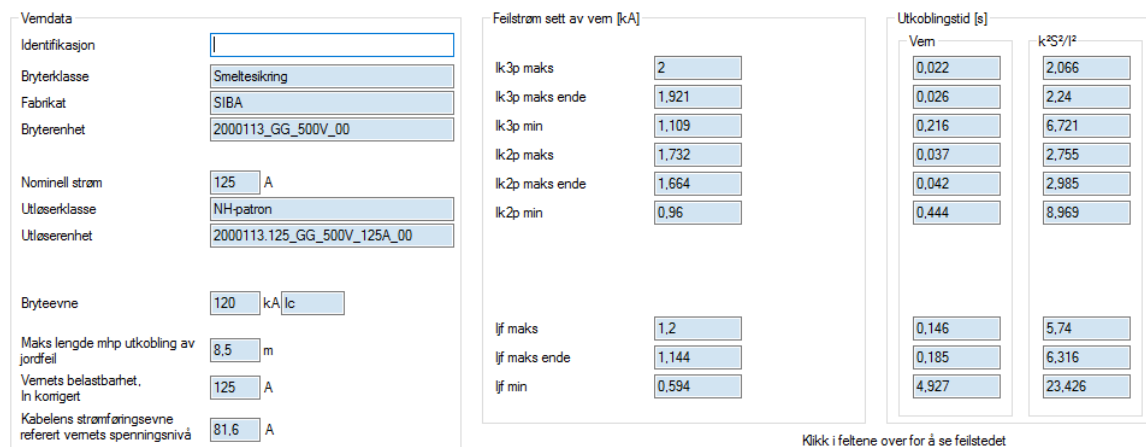
I eksempelinstallasjonen er opprinnelig kWh-måler byttet ut med en AMS-måler. Om man må bytte måler beregnet for 230 V IT-system ved en overgang til 230/400 V TN-system varierer avhengig av målertype og leverandør.[10]

5.2.2 Overstrømsvern

Kortslutningsvern

Ved installasjonens inntak på loftet er det plassert en NH smeltesikring som fungerer som kortslutningsvern. Det installerte kortslutningsvernet er en trepolt 125 A NH smeltesikring. En overgang til TN-systemet vil øke forventede kortslutningsstrømmer sammenlignet med IT-systemet. Derfor er det viktig å kontrollere vernets bryterevne i tillegg til vernets evne til å bryte små kortslutningsstrømmer. Det aktuelle kortslutningsvernet har en bryterevne på 120 kA og er dermed godt innenfor forventet største kortslutning.

NEK400 411.3.2 gir krav om utkoblingstid på maksimalt 5 sekunder for hovedkurs og 0,4 sekunder for forbrukerkurser. For å kontrollere at kortslutningsvernet tilfredsstillende NEK400 må forventet kortslutningsstrøm kontrolleres opp mot vernets utkoblingstid og kabelens tåleevne. Ved metoden "prøving og feiling" i FEBDOK viser det seg at det brukte vernet holder seg innenfor 5 sekunder for strømmer større enn 620 A. Se Figur 5.3.



Figur 5.3: FEBDOK-beregninger av utkoblingstid for kortslutningsvern med minste enpolt jordfeilstrøm på 620 A.

NEK400 431.2 stiller krav til at nøytralleder skal beskyttes mot kortslutning. Beskyttelsen anses som tilfredsstillende når alle faseledere har overstrømsvern. Av den grunn følger eksisterende kortslutningsvern kravene i NEK400 2014. Dette gjelder såfremt at man ikke forventer større strømmer i nøytralleder enn faselederne. Dette vil være tilfelle såfremt anlegget ikke har høye verdier av harmoniske strømmer. For andre typer kortslutningsvern enn NH smeltesikring må tilsvarende vurderinger gjøres.

Hoved overbelastningsvern og kurssikringer

Installasjonens hoved overbelastningsvern er en diazed smeltesikring på 3 x 63 A. Hovedsikringen påser at inntakskabelen ikke blir overbelastet. I fra inntaket til sikringsskapet

går det 3 x 25 mm² Cu PN med strømføringssevne $I_z = 89 A$ forlagt i rør på vegg. Inntakskabelen har tre faser og vil dermed oppleve en reduksjon av belastningsstrøm ved omlegging til TN-systemet. Den mangler derimot en leder til bruk som PEN-leder og dermed må det trekkes en PE-leder. Hovedsikringen kan beholdes etter prinsippet om å ikke redusere sikkerhetsnivået.

Enfasekurser vil verken få endret spenning eller strøm ved omlegging til 230/400 V TN-system. Av den grunn vil eksisterende smeltesikringer gi uendret beskyttelse mot overbelastning. Som nevnt vil forventede kortslutningsstrømmer endre seg ved omlegging til TN-systemet da kortslutningsstrømmene vil øke må vernets bryterevne kontrolleres.

Siden Rødboken er det kommet en del strengere krav til verns egenskaper. I henhold til NEK400 537.2.1.1 skal nøytralleder frakobles samtidig som faseledere. Dette vil i praksis medføre at om man beholder smeltesikringer i en installasjon følger man ikke NEK400 2014. Dette kravet kan tilfredsstilles ved å installere forankobret firepolt jordfeilbryter som muliggjør frakopling av alle faseledere i tillegg til nøytralleder. Spesielt for boliger gjelder NEK400 8-823 at for ledertverrsnitt $\leq 4mm^2$ skal følgende formler være tilfredsstillt for å redusere fare for overbelastning av kurser.

$$I_b \leq I_n$$

$$I_2 \leq I_z$$

Alle kursene i installasjonen har ledertverrsnitt $\leq 4mm^2$ og dermed må det for alle kurser kontrolleres at vernets I_2 ikke er større enn lederens I_z for å følge NEK400 2014.

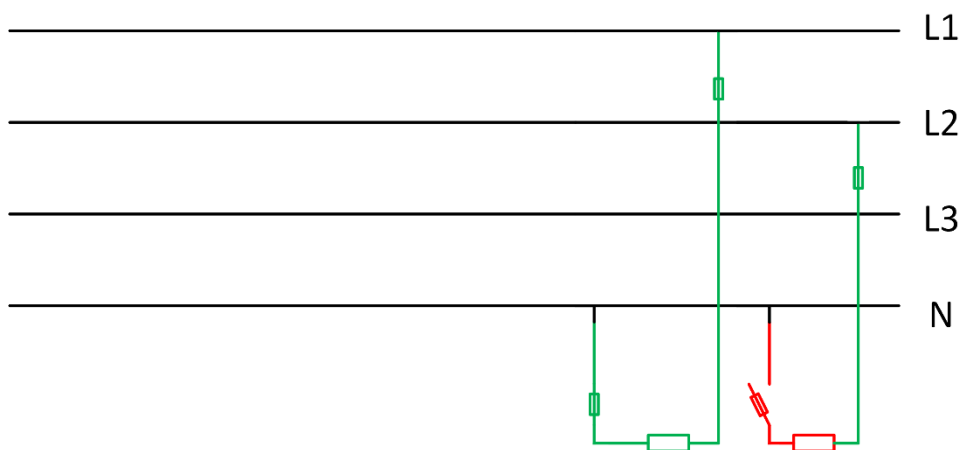
Tabell 6: Sammenligning av I_2 med I_z for kurser i eneboligcase.

Kurs	$I_n[A]$	$I_2[x * I_n]$	$I_2[A]$	$I_z[A]$
Garasje	16	1,72	27,52	24
Komfyr og varmtvann	20	1,78	35,6	36 og 19,5
Stue	16	1,72	27,52	19,5
Bad	10	1,59	15,9	16,6
Toalett og entré	10	1,59	15,9	11,6
Kjøkken	10	1,59	15,9	11,6
Soverom og gang 2. etasje	10	1,59	15,9	16,6

Av Tabell 6 kan man se at kursene til badet og soverom og gang 2. etasje overholder kravet om $I_2 \leq I_z$ og at kursen til komfyr og varmtvann gir godkjent beskyttelse av kabel til komfyr, men ikke videre til vannvarmeren. For å overholde kravet kan man bytte ut eksisterende vern med vern som har lavere I_2 eller velge vern med lavere merkestrøm.

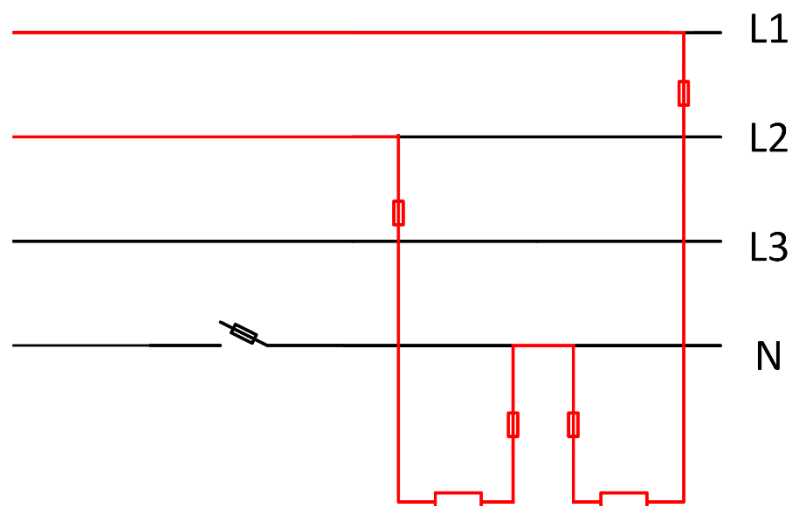
Brudd i N-leder

For trefasekurser og fordelinger er brudd i N-leder et potensielt faremoment. For enfasekurser eksisterer ikke det samme problemet. Ved omlegging til TN-systemet kan man dermed trygt beholde begge skrusikringer på både fase- og nøytralleder. Figur 5.4 viser hvordan et brudd i N-leder på en enfase forbrukerkurs ikke fører til økt spenning over tilkoblede komponenter.



Figur 5.4: Figuren viser at brudd i N-leder for enfase-laster ikke påvirker andre deler av kretsen enn der hvor bruddet har oppstått.

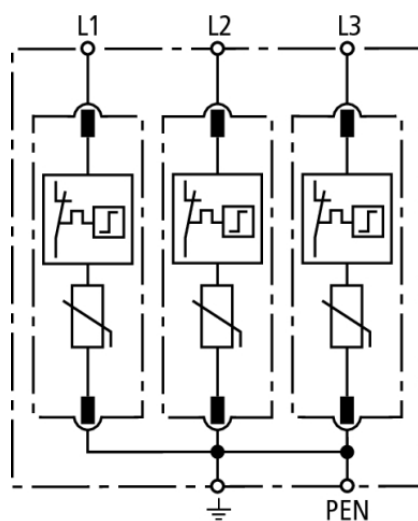
Dette må ikke forveksles med faren forbundet med brudd i N-leder før siste fordeling eller i trefasefordelinger. Figur 5.5 viser hvordan man da kan få opp mot 400 V over forbrukerutstyr avhengig av impedansen til de aktuelle apparatene.



Figur 5.5: Brudd i N-leder før fordeling til kurser fører til linjespenning over seriekoblede laster.

5.2.3 Overspenningsvern

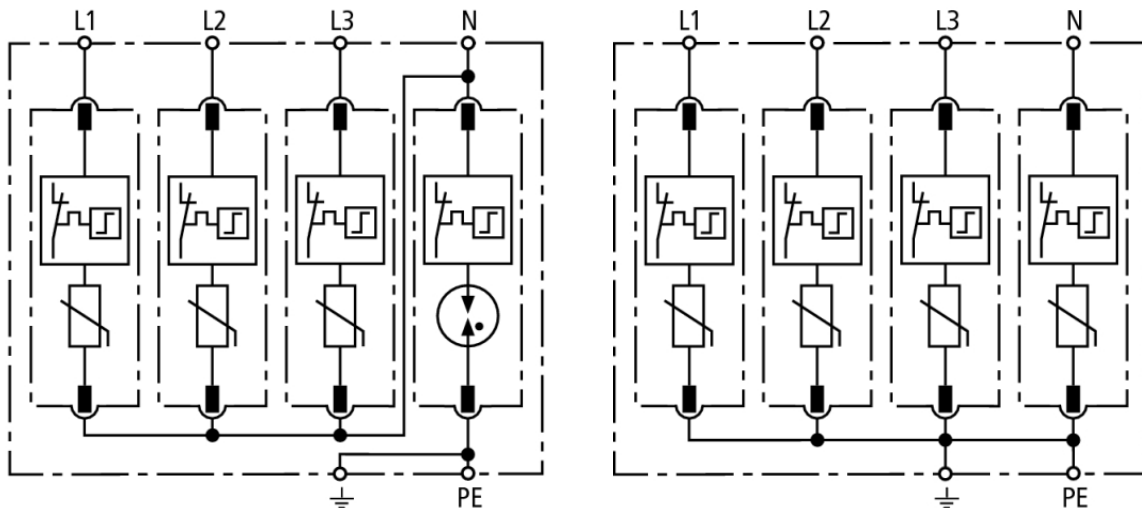
Det aktuelle huset ligger øde til og det er ut ifra erfaring med skade som følge av overspenning vurdert som hensiktsmessig med overspenningsvern. Overspenningsvernet som er montert fra før er et trepolt kombinert type 1 og type 2 vern med tennspenning lik 385 V.



Figur 5.6: Prinsippkisse av trepolt overspenningsvern.[11]

Montasje av overspenningsvern kan finnes i NEK400 tillegg 53. For IT-system skal det brukes trepolt vern der alle faser er koblet til vernet som så er koblet til hovedjordskinnen eller PE-leder. For TN-nett finnes det overspenningsvern med både 3 og 4 poler. I TN-nett der splitten fra TN-C til TN-C-S er i nærheten av overspenningsvernets tilkoblingspunkt skal overspenningsvernet kobles fra alle faser og til hovedjordskinne eller PEN-leder. Med andre ord er det tilstrekkelig med trepolt vern i denne installasjonen og man kan beholde det

eksisterende overspenningsvernet. I NEK400 kom det i 2010 ekstra krav til beskyttelse av overspenningsvern i IT-nett uten utstrakt PE-leder. Normkravet (534.2.4 punkt 3) tilfredsstilles ved å plassere et gnistgap i serie med varistorene. Dersom installasjonen hadde hatt vern av denne typen kunne det også blitt brukt videre etter omlegging til TN-systemet. Dersom man har en installasjon med krav om firepolt TN-vern kan man ikke bruke et "firepolt" IT-vern med varistor i serie. Dersom det er tilkoblet utstyr i overspenningskategori 1 må spenningsbeskyttelsesnivået kontrolleres og installasjon av finvern (type 3) må vurderes.



Figur 5.7: Prinsippkisse av trepolt overspenningsvern med gnistgap i serie og firepolt vern for TN. [11]

Kravet til minste tennspenning for IT-nett og TN-nett er henholdsvis minst 350 V og minst 253 V (NEK400 2014 534). I IT-nett er kravet til minste tennspenning høyere enn for TN-nett. Det vil si at dersom man beholder det eksisterende vernet vil man være innenfor kravene i NEK400 og nivået av beskyttelse mot virkninger av overspenninger vil være uendret. Det må bemerkes at bruk et vern med minste tennspenning 385 V i et TN-system vil gi unødvendig dårlig beskyttelse mot overspenninger sammenlignet med vern som har lavere minste tennspenning.

Etter NEK400 823.534.01 skal overspenningsvern i boliger være plassert i henhold til NEK399. I NEK399 er plassering av overspenningsvern lagt til tilknytningsskap. Da den aktuelle installasjonen ikke har eget tilknytningsskap er det greit at overspenningsvernet beholder plassen i sikringsskapet.

5.2.4 Jordfeilvern, jording og utjevning

Jordskrue til PEN-skinne

Jordledninger er i installasjonen festet på en felles skrue i bakenden av sikringsskapet. Dagens krav i NEK400 524.4 sier at hver leder tilknyttet hovedjordklemme/hovedjordskinne skal kunne kobles fra individuelt. Dette løses ved bruk av hovedjordklemme/hovedjordskinne og ikke et enkelt skruepunkt som har vært brukt i gamle installasjoner. I denne installasjonen vil dette punktet også være der hvor PEN-leder splittes til PE- og N-leder. Strømmer i installasjonens N-ledere vil summeres i dette punktet. Derfor velges det å sette inn en ny hovedjordskinne for å sikre at koblingspunktet tåler varig strømbelastning. Dersom det først skal gjøres arbeid i sikringsskapet er det ønskelig å legge inn en hovedjordskinne. Dette vil forenkle senere arbeid og koblinger til jord. I enkelte installasjoner kan dette være en omstendelig jobb på grunn av dårlig plass i sikringsskapet ved at jordskruen er plassert bak sikringene.

Jordelektrode

I denne installasjonen er vannrøret brukt som jordelektrode. Etter nasjonale tilpasninger i FEL og NEK400 543.2.3 er det ikke tillatt å bruke vannrør som jordelektrode. Det er derimot normkrav (NEK400 2014 411.3.1.2) om at metalliske vannrør skal ha en utjevningsforbindelse til hovedjordskinnen for beskyttelsesformål. I eksempelinstallasjonen er utjevningsforbindelsen mellom vannrøret og hovedjordklemme i sikringsskapet allerede opprettet.

I TN-nett er det anbefalt men ikke krav om lokal jordelektrode for installasjoner da beskyttelsesleder er distribuert. Av den grunn kan distribuert jordforbindelse fra transformatorens nøytralpunkt brukes. I offentlig fordelingsnett er netteier ansvarlig påliteligheten til PEN-lederen (NEK400 411.4.1). Men på grunn av at eksempelinstallasjonen har installert overspenningsvern anses ikke PEN-leder som tilstrekkelig, og på grunn av nevnte punkter i kapittel 4.3 må lokal jordelektrode installeres.

Beskyttelsesjording via vannledningsnett

På kursen til toalett og kjøkken er utsatte anleggsdeler direkte jordet via vannledningsnett. Kabelen som er ført fram har ikke jordleder. Beskyttelsesjording via vannledningsnett er ikke lenger tillatt og en annen leder må dermed brukes som beskyttelsesleder. Det er tillatt å legge felles beskyttelsesleder for flere kurser og da skal tverrsnitt velges ut i fra den største faselederen (NEK400 2014 543.1.4). Begge de aktuelle kursene er 1,5 mm². Dermed er nødvendig tverrsnitt på beskyttelsesleder 1,5 mm² etter NEK400 tabell 54B. Etter avsnitt 543.1.3 må tverrsnitt være minst 2,5 mm² eller 4 mm² CU når det antas at det henholdsvis er

plass eller ikke plass til PE-lederen i det samme installasjonsrøret. Altså 2,5 mm² Cu felles PE-leder eller en 1,5 mm² Cu-leder til hver kurs i dette tilfellet.

Jordfeilvern

Jordfeilvernet er til for å hindre høy berøringspenning ved jordfeil i tillegg til å hindre varmgang i overgangsmotstander eller i beskyttelsesleder. Med TN-system vil jordfeil vanligvis gi så høye strømmer at overstrømsvernet løser ut. Jordfeilvern anses dermed som en tilleggsbeskyttelse og vil sikre rask utkobling av høy-ohmige små jordfeilstrømmer. Med en felles jordfeilbryter for hele installasjonen vil sikkerheten være ivaretatt. Dette kan derimot gi funksjonsmessige ulemper da hele installasjonen vil kobles ut ved en jordfeil. Etter § 16 i FEL skal elektriske anlegg utføres etter det forutsattes bruk og mange vil mene at én jordfeilbryter ikke gir tilstrekkelig funksjonalitet for en så stor installasjon. For å sikre god funksjonalitet velges det å installere eget strømstyrt jordfeilbryter med merkeutløserstrøm $\leq 30 \text{ mA}$ på de mest utsatte kursene og et felles på de mindre utsatte kursene. Kurser til komfyr, varmtvannsbereder, kjøleskap med fryser, badrom og garasje anses som ekstra utsatte anleggsdeler og får dermed egne jordfeilvern. Kursen til stue, soverom og toalett og entré blir plassert under et felles strømstyrt jordfeilvern.

Denne løsningen vil midlertidig ikke tilfredsstillende siste utgave av NEK400. NEK400 823.411.3.3 fastslår at det skal være montert eget strømstyrt jordfeilvern for alle forbrukerkurser i boliger. Vernet skal ha merkeutløserstrøm $\leq 30 \text{ mA}$.

Dersom det viser seg at installasjonen har et veldig trangt sikringsskap og det ikke er plass til jordfeilbrytere må man vurdere å bytte ut skrusikringer med jordfeilautomater.

Tverrsnitt på beskyttelsesleder

Kursene med PE-leder i eksempelbygget har redusert tverrsnitt på PE-leder. Full oversikt over tverrsnitt på PE-ledere kan ses i Tabell 7. Som vist i kapittel 4.4 så kan godkjent tverrsnitt på PE-leder bestemmes ut i fra lederens egenskaper, størrelse på feilstrøm og utløsertid for vern. Dette er beregninger FEBDOK kan gjøre. I dette tilfellet er det avgjørende om overstrømsvernet eller eventuelt installert jordfeilvern bryter feilstrømmen raskt nok til å løse ut før en beskyttelsesleder eventuelt tar skade av feilstrømmen.

Tabell 7: Oversikt over kurser i eksempelinstallasjonen med tilhørende tverrsnitt på PE-leder.

Kurs	Vern	Ledere	Tverrsnitt faseleder [mm ²]	Len gde [m]	Tverrsnitt PE-leder[mm ²]
Inntakskabel	IFÖ SNABB_SNABB 63 A	3	3x25	8	0
Garasje	IFÖ SNABB_SNABB 16 A	3	2,5	30	1,25
Entré + toalett	IFÖ SNABB_SNABB 10 A	2	1,5	10	0
Komfyr og varmtvann	IFÖ SNABB_SNABB 20 A	2	4 -> 1,5	20+ 10	1,5 -> 1,0
Kjøkken	IFÖ SNABB_SNABB 10 A	2	1,5	20	0
Stue	IFÖ SNABB_SNABB 16 A	2	2,5	20	0
Bad	IFÖ SNABB_SNABB 10 A	2	1,5	20	1
Soverom 1 + 2 og gang 2. etasje	IFÖ SNABB_SNABB 10 A	2	1,5	20	0 - klippet

Med valgte vern er det feilstrømmen som blir dimensjonerende for om installert beskyttelsesleder har tilstrekkelig tverrsnitt. For å vurdere om tverrsnittet på faseleder eller PE-leder er stort nok i forhold til bryterevnen til vernet må man for utløsertider under 0,1 sekunder kontrollere at vernets gjennomslupne energi er lavere enn tålegrensen for lederen som beskrevet i kapittel 4.2. $k^2 * S^2$ – verdier for enkelte tverrsnitt vises i tabell Tabell 8. Forenklet med effektivverdier er uttrykket: $I^2 * t \leq k^2 * S^2$

Tabell 8: Tabell med verdier for $k^2 * S^2$ som uttrykker energimengden en leder tåler for ulike tverrsnitt. K-verdien er en materialavhengig verdi som i dette tilfellet er for kobber.

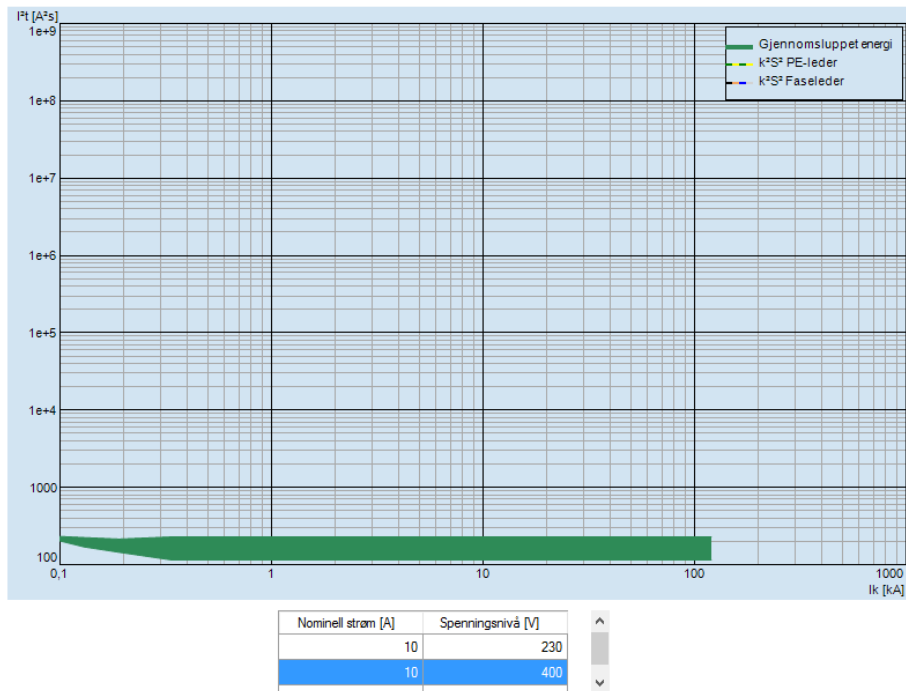
Tverrsnitt[mm ²]	K-verdi [$\frac{A}{mm^2}$]	$k^2 * S^2$ [A ² * s]
1	115	13225
1,25	115	20665
1,5	115	29756
2,5	115	82656
4	115	211600
6	115	476100

Alle vern har tilhørende diagrammer for gjennomsluppet energi i forhold til størrelse på kortslutningsstrømmen. I figur 5.8 kan man se smeltdiagrammet til en 10 A sikring. Ut ifra grafen kan man se at sikringen aldri vil slippe gjennom mer energi enn ca. 230 A²s for kortslutningsstrømmer over 0,1 kA.

Strøm-tid karakteristikken i Figur 5.9 viser at 10 A Ifö diazed smeltesikring bryter strømmer på over 0,1 kA etter 0,02 sekunder. Strømmer på over ca. 55 A brytes på under 0,1 sekunder. På grunn av at smelteintegralet til vernet ikke viser gjennomsluppet energi for kortslutningsstrømmer mellom 55 A og 100 A kan det ikke vises at vernet tilfredsstillers NEK400. Med bakgrunn i at gjennomsluppet energi (ca. 230) er langt under en leder på 1 mm² sin tåleevne ($k^2 * S^2 = 13225$) kan det med høy sikkerhet antas at vernet tilfredsstillers $I^2 * t \leq k^2 * S^2$ for alle kortslutningsstrømmer under 0,1 sekunder. Samme argumentering kan brukes for å vise at 16 A smeltesikring ikke slipper gjennom for mye energi på lave tverrsnitt. For 20 A Ifö diazed smeltesikring er smeltdiagrammet og strøm-tid karakteristikken overlappende med hensyn på størrelsen på feilstrøm og viser at kravene holdes. Grafer for gjennomsluppet energi og strøm-tid karakteristik for alle vern i installasjonen finnes i oppgavens vedlegg.

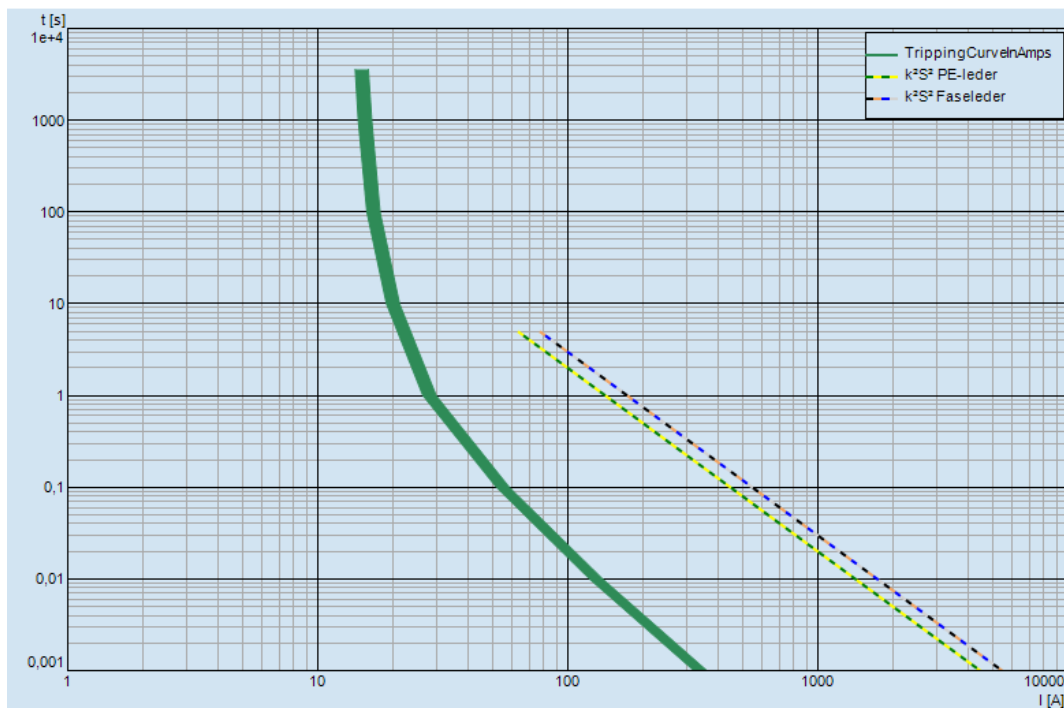
Med bakgrunn i overnevnte argumenter kan det konkluderes med at eksisterende tverrsnitt på PE-ledere kan brukes i tillegg til at de tilfredsstillers kravene i NEK400. På kursene som ikke har PE-leder (stue, kjøkken, toalett og entré og soverom 2. etasje) må det legges ny PE-leder for beskyttelsesjording etter tverrsnitt i NEK400 543.

IFÖ: SNABB_SNABB; 10 A; SNABB_SNABB



Figur 5.8: Gjennomsluppet energi for ulike verdier på kortslutningsstrømmer for 10 A IFÖ diazed smeltesikring.

IFÖ: SNABB_SNABB; 10 A; SNABB_SNABB



Figur 5.9: Strøm/tid-karakteristikk for 10 A IFÖ diazed smeltesikring og $k^2 \cdot S^2$ for 1,5 mm² CU med 1 mm² PE-leder.

Ikke-ledende omgivelser

På kursen til soverommene er det brukt en kabel med to faseleder hvor PE-lederen er klippet.

Kursen til stuen består av PN enledere uten PE-leder. Som nevnt i kapittel 4.4 er det ikke lenger

tillatt å bruke ikke-ledende omgivelser som beskyttelsestiltak. Skal man følge metodene i NEK400 vil det si at man i dette tilfellet må trekke PE-leder til begge kurser. I tillegg må brytere og stikkontakter byttes ut til brytere og stikkontakter som kan jordes.

Enfasekurser i et TN-system fører fram en faseleder og nøytralleder. Det vil si at spenningsdifferansen på de lederne som er ført fram vil være den samme etter en ombygging. Derimot er potensialet mellom to faser økt med faktoren $\sqrt{3}$ til 400 V og potensialet mellom en faseleder og jord er økt med $\sqrt{3}$ til 230 V, sett at nøytralpunktet i IT-nettet har et potensiale lik null. Ved å legge om til TN-system har man i dette rommet redusert sannsynligheten for elektrisk sjokk da bare en leder er spenningsførende. Derimot er det en mulighet for økt berøringsspenning sammenlignet med før ombygging. Dersom de ikke-ledende omgivelser faktisk ikke er ledende, vil beskyttelsesmetoden fortsatt fungere etter ombygging til TN-systemet. Dersom kursene til baderommet og soverommet og gangen ligger på forskjellige faser vil maksimal berøringsspenning i 2. etasje bli 400 V ved 2 samtidige feil. Dersom de legges på samme fase vil maksimal berøringsspenning være 230 V altså den samme som før ombygging. Det må her gjøres en risikovurdering og aller helst isolasjonsmålinger etter metode i NEK400 61.3.5. der man vurderer om en ombygging til TN-systemet vil kreve at man ikke kan bruke ikke-ledende omgivelser som beskyttelsestiltak.

Dersom et rom hadde hatt forsyning av forskjellige faser hadde det vært en klar reduksjon av sikkerhetsnivået ved omlegging til TN-systemet. Ved å beholde bruken av ikke-ledende omgivelser som beskyttelsestiltak må anleggseier være oppmerksom på begrensingen dette gir for tilkobling av apparater.

Installasjonsrør av stål

På kursen til stuen er det brukt stålrør for å legge kablene. Stålrøret består av flere deler som ikke henger sammen og er heller ikke jodet for beskyttelsesformål. For å følge kravene i NEK400 2014 må det opprettes en ledende forbindelse mellom hver rørdel. I tillegg må røret kobles sammen med anleggets jordingssystem.

5.2.5 Ledertverrsnitt

Korreksjon av strømføringssevne etter installasjonsmetode

En ombygging til TN-system medfører ikke at farenivået for overbelastning av kabler øker da belastningsstrømmen enten forblir den samme eller reduseres avhengig av om det er henholdsvis enfase- eller trefasebelastning. Dermed kan det vurderes å beholde kurskablene som de er.

I NEK400 er kravene til strømføringssevnen til en leder stilt opp mot merkeverdier for overstrømsvern. I motsetning til NEK400 skilte ikke Rødboken mellom ulike forlegningsmetoder ved fastsetting av strømføringssevnen til en leder. I tillegg er korreksjonsfaktor for temperatur og parallelt forlagte kabler endret seg. For noen installasjonsmetoder er faktorene blitt strengere og for andre ikke. Dette gir grunn til å tro at flere av kursene ikke tilfredsstiller kravene i NEK400. Spesielt for boliginstallasjoner gjelder i NEK400 2014 823.431.1 at $I_2 \leq I_z$.

For å følge NEK400 må kablene ha minst korrigert strømføringssevne I_z gitt av I_2 i Tabell 9. Strømføringssevne for kablene kan ses i Tabell 10. Etter Tabell 9 og Tabell 10 kan man se at ingen av kursene tilfredsstiller $I_2 \leq I_z$. Dermed må alle kablene byttes ut med kabler med større tverrsnitt for å følge siste norm av NEK400. Et sannsynligvis bedre alternativ til å legge nye kabler, er å installere nye vern med lavere I_2 . Beskrevet metode vil dermed kun være aktuell dersom man av andre grunner skal bytte kabler og ønsker å beholde eksisterende vern.

Tabell 9: Verdier for I_2 for diazed smeltesikringer brukt i eksempelinstallasjonen.

I_n [A]	$I_2[x * I_n]$	I_2 [A]
10	$I_n * 1,59$	15,9
16	$I_n * 1,72$	27,72
20	$I_n * 1,78$	35,6

Tabell 10: Strømføringssevne for kurser i eksempelinstallasjon etter Rødboken og NEK400 2014.

Kurs	Installasjon smetode	Kabel type	Ledere	Tverrsnitt faseleder[mm ²]	Korrigert strømføringssevne I _z	
					Rødboken	NEK400 2014
Garasje	D2	PR	3	2,5	20	24
Entré + toalett	A1, en i parallell.	PN	2	1,5	12,6	11,6
Komfyr og varmtvann	C	PR	2	4 -> 1,5	25 ->14	36 -> 19,5
Kjøkken	A1, en i parallell.	PN	2	1,5	12,6	11,6
Stue	A1	PN	2	2,5	20	19,5
Bad	C, en i parallell.	PR	2	1,5	12,6	16,6
Soverom 1 + 2 og gang 2. etasje	C, en i parallell.	PR	2	1,5	12,6	16,6

Varmtvannstank på nedtrappet tverrsnitt

I installasjonen er komfyr og varmtvannstank fast tilkoblet samme kurs med forankoblet diazed smeltesikring av typen IFÖ SNABB_SNABB 20 A. Kursen har en 4 mm² PR-kabel fram til komfyren og 1,5 mm² fra komfyren til varmtvannstanken. Lengden på kabelen på 1,5 mm² til varmtvannstanken er på 10 meter da dette var maksimal lengde etter Rødboken. Ved en ombygging kan det godtas å bruke eksisterende metode såfremt at dette ikke gir en reduksjon av sikkerheten. Ettersom det er en enfasekurs vil det ikke blir noen økning i spenningsnivået eller belastningsstrømmen på kursen. Siden kursen går til en fast belastning er sannsynligheten for overbelastning liten. Nedtrappet tverrsnitt kan derimot gi utfordringer med tanke på kortslutningsstrømmer. Kortslutningsstrømmene vil endre seg og må dermed kontrolleres.

Beregninger fra FEBDOK viser at eksisterende smeltesikring gir beskyttelse mot forventede kortslutningsstrømmer for denne kursen. Tabellene i Figur 5.10 viser utløsertid og utregnet

nødvendig utløsertid for at kabelen ikke skal ta skade. Dette følger da også kravene i NEK400 som beskrevet i kapittel om forskjeller på gamle og nye krav til elektriske installasjoner.

NEK400 823.55.01 stiller krav om fast tilkobling av varmtvannsberedere med merkeeffekt $> 1500 W$. Eksisterende metode følger dermed kravene i NEK400.

Kurs nr.	1.2.1					Kurs nr.	1.2.2				
	Kabel						Kabel				
	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]
Ik1p max	0,654	0,94	0,943	0,495	0,001	Ik1p max	0,654	0,94	0,943	0,070	0,001
Ik1p max ende	0,639	0,94	0,922	0,518	0,001	Ik1p max ende	0,408	0,98	0,589	0,179	0,002
Ik1p min	0,365	0,96	0,527	1,588	0,002	Ik1p min	0,237	0,98	0,342	0,530	0,010
Ij max	0,478	0,97	0,689	0,196	0,001	Ij max	0,478	0,97	0,689	0,087	0,001
Ij max ende	0,464	0,97	0,669	0,208	0,001	Ij max ende	0,307	0,99	0,443	0,211	0,004
Ij min	0,276	0,98	0,398	0,587	0,006	Ij min	0,183	0,99	0,264	0,594	0,027

Figur 5.10: Beregningsresultater for kurs til komfyr og kurs videre til varmtvannsbereder. Tabellene viser forventet kortslutningsstrømmer og tilhørende utkoblingstider for installert vern.

5.2.6 Trefasefordeling til garasje

I garasjen er det lagt en trefasefordeling og huseier ønsker å beholde muligheten for trefaseuttak til fremtidig lading av EL-bil. Kabelen som er lagt er av typen PR 3x2,5 mm² med en 1,25 mm² PE-leder. Kabelen har ingen N-leder. Da trefase-laderen til EL-bil krever tilgang på nøytralleder kan ikke denne kabelen brukes som den er. Eier av installasjonen kan da velge mellom å legge ny 5-leder kabel, eller legge en separat enleder ledning som fungerer som N-leder i parallell med eksisterende kabel. Med mindre det installeres utstyr hvor man forventer større strømmer i N-leder er det ikke er krav om utkobling av N-leder, og vernet på 3x16 A for trefasefordelingen til garasjen kan beholdes. NEK400 537.2.1.1 med krav om mulighet for samtidig utkobling av N-leder overholdes ved installering av firepolt jordfeilbryter.

Ved å ikke legge ny kabel eller separat N-leder vil kursens bruk begrenses til 400 V trefase motorer og apparater som ikke krever N-leder. Dette vil resultere i at 230 V belysning og stikkontakter ikke vil kunne brukes i garasjen. Det velges dermed å legge ny N-leder.

5.3 Tiltak ved ombygging av enebolig

Ved en ombygging av installasjoner i eneboliger fra IT-system til TN-system er det noen absolutte tiltak og noen tiltak som gjøres avhengig av hvilket nivå av sikkerhet man skal legge seg på. Eller i hvor stor grad normen NEK400 skal følges. Med bakgrunn i prinsipp om å ikke redusere sikkerhetsnivået på installasjonen må tiltak listet opp i Tabell 11 gjennomføres ved en ombygging fra IT-system til TN-system for enebolig.

Tabell 11: Tiltak for enebolig ved ombygging fra IT-system til TN-system etter prinsipp om å ikke redusere sikkerhetsnivået.

Anleggsdel	Tiltak	
Kortslutningsvern	1	Kan ofte beholdes. Kontrollere bryterevne opp mot største og minste kortslutningsstrøm.
Overbelastningsvern	2	Kan beholdes. Vil for eldre installasjoner ikke følge NEK400.
Overspenningsvern	3	Enpolt vern kan beholdes. Trepolt vern kan beholdes dersom det plasseres i nærheten av splitt av PEN-leder.
Jordfeilbryter	4	Det må installeres egen strømstyrt jordfeilbryter på utsatte kurser og felles på grupper av mindre utsatte kurser.
Inntaksledning	5	Trekke ny PE-leder dersom en har enledere og legge ny kabel dersom en har kabel.
PE-leder med redusert tverrsnitt	6	Kan beholdes.
Rom med ikke-ledende omgivelser	7	Kan ikke beholdes der hvor "ikke-ledene omgivelser" faktisk er ledende. Må da trekke ny PE-leder ved bruk av en-ledere, ved bruk av kabel må ny kabel legges.
	8	Bør vurderes å beholde metoden i enkelte tilfeller. Se diskusjon 8.2.3. Isolasjonsmåling bør da gjennomføres.
Kursavganger	9	Koble enfasekurser mellom en faseleder og nøytralleder.
Alle kurser	10	Merke nøytralleder og beskyttelsesledere i endepunkt. Følger ikke NEK400, men følger FEL §32.
Brytere og stikkontakter	11	Der hvor ikke-ledende omgivelser har vært brukt og ikke skal brukes lengre må det byttes til jordete brytere og stikkontakter.
Trefasekurser	12	Ved behov for N-leder må det trekkes ny 5-lederkabel eller separat N-leder.
Jordelektrode	13	Dersom det er eller installeres overspenningsvern og vannrør er brukt som jordelektrode bør det installeres ny lokal jordelektrode.

Hovedjordskinne	14	Da metallisk vannrør ikke kan brukes som jordelektrode må beskyttelsesledninger samles i hovedjordpunkt/skinne. En må påse at det ikke er serieforbindelse gjennom vannrør.
AMS-måler	15	Varierer med produsent og type om den kan beholdes.

I tillegg til tiltak fra Tabell 11 bør følgende punkter i Tabell 12 vurderes for å komme opp mot nivået av elsikkerhet til NEK400 2014. Det kan lønne seg å utføre flere av punktene nevnt i Tabell 12 når man først gjør arbeid på en installasjon.

Tabell 12: Tiltak for som løfter installasjoner i enebolig opp på nivået til NEK400 2014 etter ombygging fra IT-system til TN-system.

Tiltak	Avsnitt i NEK400
Installere jordelektrode i form av jordspyd.	543.2.3 ⁶
Bytte smeltesikringer til vern som tilfredsstillende $I_2 \leq I_z$, og som gir mulighet for samtidig utkobling av nøytralleder med faseleder ved feil på faseleder.	823.433.1 og 537.2.1.1
Installere en PEN-skinne i sikringsskapet til bruk som hovedjordskinne i tillegg til utføre splitt av PEN-leder til PE- og N-leder. ⁷	524.4
Trekke ny PE-leder eller kabel med PE-leder til kurser som ikke har vært jordet via hovedjordskinne.	543.1.3 og 543.1.4
Installerer strømstyrt jordfeilbryter med merkeutløserstrøm ≤ 30 mA på hver kurs.	823.411.3.3
Opprette ledende forbindelse mellom metallrør og andre ledende deler i bygget til hovedjordskinne i sikringsskapet.	411.3.1

⁶ Ny jordelektrode må installeres på grunn av at metallisk vannledningsnett ikke kan ha status som installasjonens jordelektrode.

⁷ Avhengig av strømmer i N-leder vil å beholde jordskure bak i sikringsskapet være å redusere sikkerhetsnivået eller ikke. Det er uansett ofte en praktisk dårlig løsning å beholde jordskure.

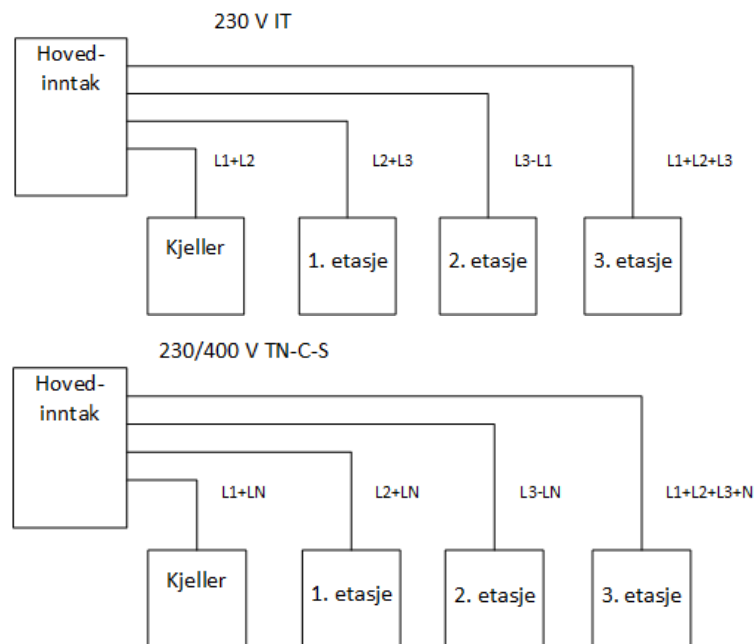
Koble varmtvannsbereder på fast kurs dersom den ikke er det.	823.55
Installere jordede brytere, stikkontakter og PE-ledere, og dermed ikke bruke ikke-ledende omgivelser lenger.	410.3.6

6 Flermannsbolig

Flermannsboliger som rekkehus og boligblokker med felles inntak utgjør en betydelig del av landets elektriske installasjoner. Et elektrisk forsyningsanlegg til flere boenheter vil representere en mer kompleks struktur og litt ekstra utfordringer sammenlignet med en enebolig. I hver enkel boenhet vil man kunne møte på tilsvarende problemer og utfordringer som de presentert i kapittel om enebolig.

6.1 Oversikt over eksempelbygg og installasjon – Flermannsbolig

Flermannsbolig som brukes som eksempel i oppgaven er en bygning bestående av kjeller med boder og vaskerom, 1. og 2. etasje med to boenheter hver og 3. etasje med en boenhet. Det er ikke et veldig stort bygg, men metodene presentert vil kunne brukes på større boligblokker også. Inntaket til bygget kommer inn i kjelleren. Fra hovedfordelingen går det en stigeledning til sikringskap i hver etasje. Fordeling til kjeller, 1. etasje og 2. etasje er opprinnelig tofase IT som skal legges om til enfase TN og 3. etasje er opprinnelig en IT-trefaseinstallasjon. Planskisse for flermannsboligen kan ses i Figur 6.1.



Figur 6.1 Plantegning for fordelingen til flermannsboligen før og etter ombygging fra 230 V IT-system til 230/400 V TN-system.

Kursfordeling

Installasjonens fordelinger i hovedinntaket kan ses i Tabell 13. Fordelingen til 1. etasje og 2. etasje dekker to leiligheter hver.

Tabell 13: Oversikt over kabler inn og ut fra hovedfordelingen i oppgavens flermannsbolig.

Kurs og installasjonsmetode	Vern	Faser	Kabeltype	Lengde[m]
Hovedinntak	125 A	L1+L2+L3		
Kjeller	25 A	L1 + L2		1
Etasje 1	50 A	L2 + L3	PFSP	14
Etasje 2	50 A	L3 + L1	PFSP	18
Etasje 3	40 A	L1 + L2 (+ L3)	PFSP	22

Installasjonens spesielle forhold

Listen nedenfor viser en oversikt over hvilke spesielle installasjonsmetoder som er brukt i denne installasjonen. I tillegg nevnes det hvilke spesielle momenter som må vurderes eller undersøkes ved en overgang fra IT-system til TN-system.

- Bygget har ikke egen trafo og blir dermed påvirket dersom nettselskap bytter nettsystem.
- Overspenningsvern er ikke montert verken i hovedfordeling eller underfordelinger.
- Installasjonen har et felles kortslutningsvern.
- Til hver fordeling er det plassert et felles overbelastningsvern.
- Installasjonen har ingen jordfeilvern installert.
- Byggets hovedinntak er trefase. Der ifra går det både en- og trefasekurser videre til hver fordeling.
- Splitting av TN-C til TN-C-S må foregå på rett plass.

6.2 Mulige løsninger – flermannsbolig

For flermannsboliger kan man møte på litt andre utfordringer i forhold til en enebolig. Dette er på grunn av at man har en større installasjon med flere underfordelinger. For hver enkel boenhet blir løsningene de samme som presentert i kapittel 5 om elektriske installasjoner i enebolig.

6.2.1 Generelle forhold

I hovedfordelingen og underfordelinger i flermannsboliger må omkobling og merking av ledere utføres som beskrevet i kapittel 5.2.1. Tilsvarende vil det variere hvorvidt AMS-målere kan beholdes eller ikke.

Splitting av PEN-leder til PE- og N-leder

I flermannsboliger kommer det ofte inn trefaset forsyning til en hovedfordeling[12]. Fra hovedfordelingen går det stigeledninger til underfordelinger som dekker en eller flere boenheter. Fra FEL er det i Norge ikke tillatt å ha TN-C-nett etter første fordeling. Dette betyr

at splittingen av PEN-lederen må skje enten ved inntaket eller i hovedfordelingen (NEK400 303.2.1.1 og 411.4.3.).

Enfasefordelinger i flermannsboliger

Tre av fordelingene ut fra hovedfordelingen i eksempelbygget er enfase-fordelinger. Her må en av faselederne brukes som N-leder ved en ombygging til TN-systemet. Det kan forventes at kablen har PE-leder da det ikke var vanlig med lokal jording ute i fordelinger. Det som avgjør om det må legges ny kabel er tverrsnittet på PE-lederen. For å kontrollere om vernet bryter raskt nok til å beskytte PE-lederen for skadelige strømmer må metoden i kapittel 0 Tverrsnitt på beskyttelsesleder brukes.

Trefasefordeling i flermannsboliger

For trefasefordelingen til toppetasjen i eksempelbygget gjelder det samme som i kapittel 5.2.6. Fordelingens ledere må da kontrolleres og det må legges ny kabel eller separat N-leder og eventuell PE-leder. Alternativt kan fordelingen legges om til en enfase- eller tofase-fordeling. For fordelinger i flermannsboliger er sannsynligheten for behov for trefasekurser liten, og dermed kan omkobling til en enfase eller tofase være et godt alternativ til å måtte bytte kabel.

Ved å koble om til tofase TN får man en belastningsstrøm $I_{bTN_{2fase}} = \frac{\sqrt{3} * I_{bIT_{3fase}}}{2} = \frac{3 * I_{bTN_{3fase}}}{2}$.

Altså en reduksjon i belastningsstrømmen på $\frac{\sqrt{3}}{2}$ sammenlignet med trefase 230 V IT og en økning på $\frac{3}{2}$ sammenlignet med trefase 230/400 V TN.

6.2.2 Overstrømsvern

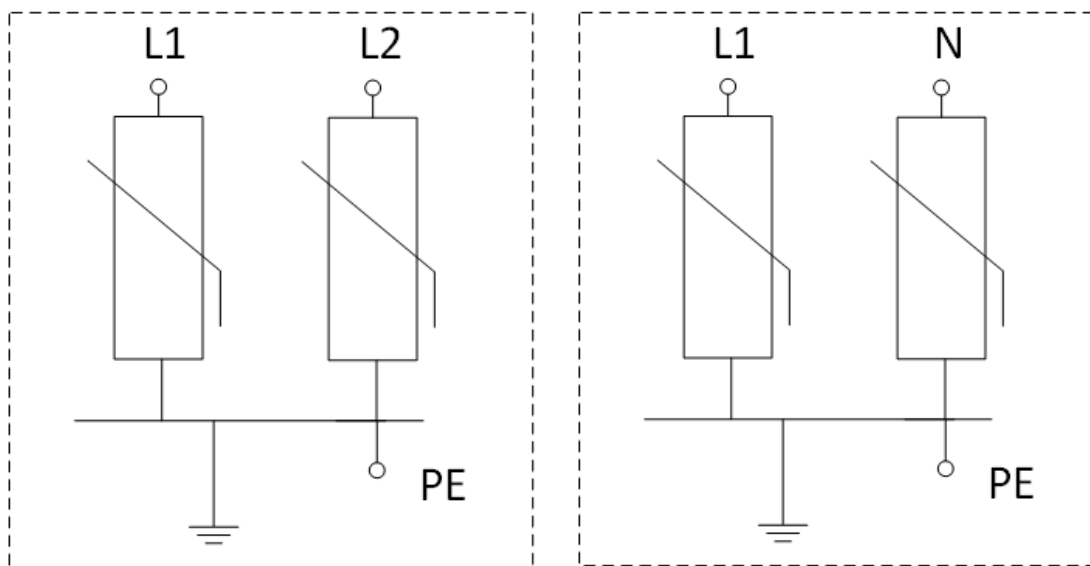
Koordinering av kortslutningsvern og overbelastningsvern

For flermannsboliger gjelder de samme reglene for vern som for eneboliger. Hele installasjonen fra inntaket må betraktes som en bolig og følge gjeldene regler for beskyttelse. Installasjonen har felles kortslutningsvern ved inntak og overbelastningsvern for hver fordeling ut fra hovedfordelingen. Vern og tverrsnitt på lederne som beskyttes må kontrolleres på samme måte som for eneboliger.

På grunn av at smeltesikringene ikke muliggjør simultan utkobling av N-leder og faseleder vil fortsatt bruk være et brudd på NEK400. Med bakgrunn i samme argumenter som brukt i kapittel om eneboliger i kapittel 5.2.2 kan smeltesikringer på kurser beholdes da graden av beskyttelse ikke vil endre seg. Installasjon av jordfeilbryter med mulighet for utkobling av N-leder kan smeltesikringene beholdes.

6.2.3 Overspenningsvern

Etter NEK400 2014 skal det være installert overspenningsvern i enhver lavspenningsinstallasjon. I utgangspunktet er det nok med ett overspenningsvern i hovedfordelingen. Dersom underfordelingen går til et annet bygg eller avstanden er stor⁸ bør det vurderes overspenningsvern på underfordelingen også. Da flermannsboligen ikke har overspenningsvern må det installeres et overspenningsvern kategori 2 i hovedtavlen for å tilfredsstillere NEK400. På grunn av nærhet til splitten fra PEN-leder til PE- og N-leder er det ikke påkrevd fra NEK400 med firepolt overspenningsvern. Dersom man ønsker overspenningsvern også i hver fordeling vil det være behov for et topolt vern i enfasefordelingene og et firepolt vern i trefasefordelingen. Topolte vern som er brukt i IT-installasjoner kan brukes i TN-installasjoner ved å bytte ut den ene fasetilkoblingen med kobling til nøytralleder. Se Figur 6.2 for prinsippskisse av topolte overspenningsvern. Se også kapittel 5.2.3 for diskusjon rundt minste tennspenning.



Figur 6.2: Prinsippskisse for tilkobling av topolt overspenningsvern for IT-nett og TN-nett.

⁸ I følge Eaton Store blå over ca 30 meter.

6.2.4 Jordfeilvern, jording og utjevning

Jordfeilvern

Som i eneboliger gjelder NEK400 823.411.3.3 som krever eget strømstyrt jordfeilvern for alle forbrukerkurser. Det er dermed **ikke** nødvendig å plassere jordfeilvern på hovedkurser fra hovedfordelingen og til de ulike fordelingene. I eksempelinstallasjonen velges det å montere egne jordfeilbrytere på utsatte kurser og felles jordfeilbryter på mindre utsatte kurser. Denne løsningen vil sikre utkobling ved jordfeil og begrense uønsket utkobling ved jordfeil. Totalt vil graden av beskyttelse bli hevet.

Jording og utjevning

Løsninger for jording og utjevning er lik i flermannsbolig som for enebolig. Beskyttelsesjording til hver fordeling er sikret gjennom PE-leder tilbake til hovedfordelingen og hovedjordskinne. Ved installasjon av overspenningsvern bør kvalitet på jordelektrode kontrolleres.

Dersom man har redusert tverrsnitt på beskyttelsesleder i forhold til tabellverdier oppgitt i NEK400 må tverrsnittet kontrolleres opp imot gjennomsluppet energi til vernet. Dette vil være viktig på grunn av at en omlegging til TN-systemet vil endre på størrelsen på forventede kortslutningsstrømmer.

6.2.5 Ledertverrsnitt

Strømføringsevne

For å følge kravene i NEK400 for lederes strømføringsevne må det korrigeres for leder- og isolasjonsmateriell, antall parallelle kabler og eventuelle avvik fra normert temperatur. For flermannsboliger er det ikke spesielle krav og samme metode som beskrevet i kapittel 0 om eneboliger må tas i bruk for å følge NEK400.

Behov for økt tverrsnitt på N-leder

I motsetning til i IT-nett, vil overharmoniske strømmer adderes i nøytrallederen i TN-nett. For tradisjonelle installasjoner med stor andel av rent ohmske laster er sannsynligheten for store overharmoniske verdier små. Dersom man har en nyere installasjon med stor andel elektronikk og andre ikke-lineære laster bør harmoniske forstyrrelser kontrolleres. Se kapittel 7.2.6 for detaljer om utstyr som gir store overharmoniske strømmer.

6.3 Tiltak ved ombygging av flermannsbolig

Med bakgrunn om krav om å ikke redusere sikkerhetsnivået på installasjonen må anleggsdeler listet opp i Tabell 14 utføres ved en ombygging av en flermannsbolig fra IT-system til TN-system. I tillegg til punkter i Tabell 14 må punkt 4-15 i Tabell 11 kontrolleres for hver boenhet og tiltak i Tabell 12 bør vurderes for å heve nivået av elsikkerhet. Tiltakene må ses i sammenheng med metoder presentert i kapittel 5.2 og 6.2.

Tabell 14: Tiltak spesielle for flermannsbolig ved ombygging elektrisk IT-installasjon til TN-installasjon.

Anleggsdel	Tiltak
PEN-leder	Utføre splitt av PEN-leder til PE-leder og N-leder ved inntaket eller i hovedfordelingen.
Trefasefordelinger	Vurdere å gjøre om til tofasefordeling eller følge punkt 12 i Tabell 11.
Kortslutningsvern	Felles kortslutningsvern kan ofte beholdes. Kontrollere bryterevne opp mot minste og største kortslutningsstrøm.
Overbelastningsvern	Felles overbelastningsvern og overbelastningsvern for kurser kan beholdes. Vil for eldre installasjoner ikke følge NEK400.
Stigeledninger	Koble enfase avganger mellom en faseleder og nøytralleder. Merke nøytralleder og beskyttelsesledere i endepunkt. Følger ikke NEK400, men følger FEL §32.
Nøytralleder	Må vurdere installasjonens andel av apparater som gir store overharmoniske strømmer og dimensjonere nøytralleder og faseledere deretter.
Overspenningsvern	Enpolt vern kan beholdes. Trepolt vern kan beholdes dersom det plasseres i nærheten av splitt av PEN-leder.

	For store flermannsboliger bør overspenningsvern på underfordelinger også vurderes.
--	---

7 Næringsbygg

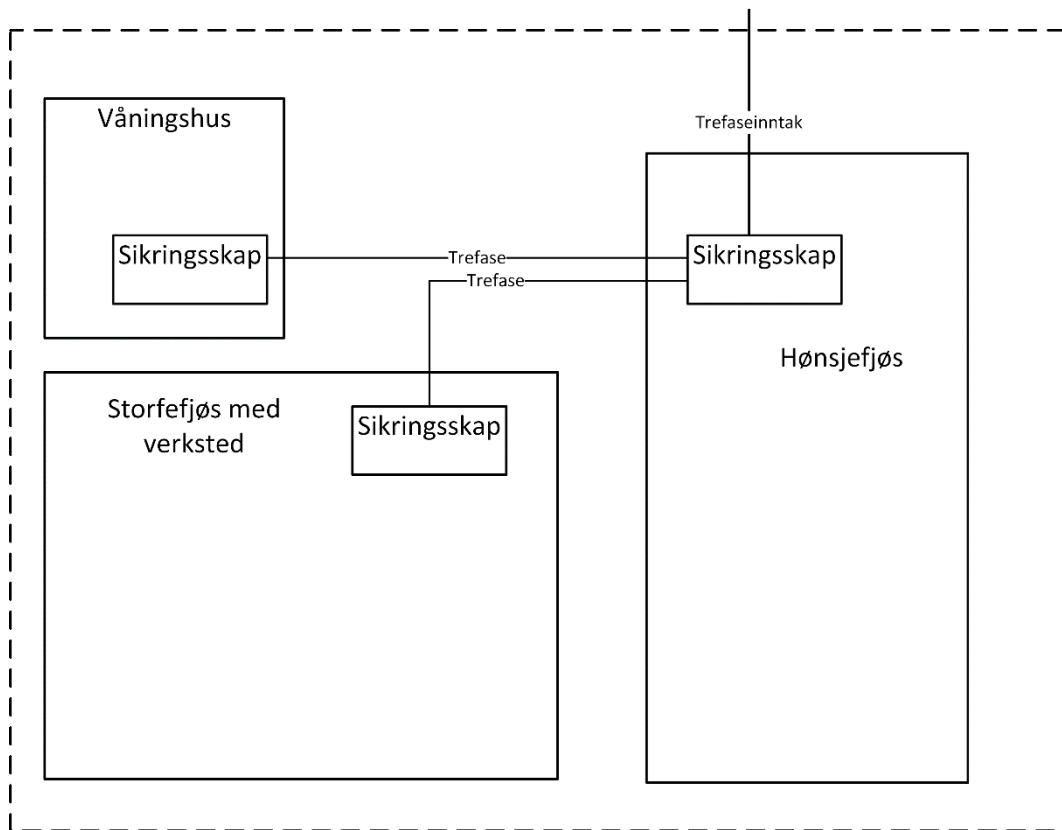
Ved siden av boligbygg vil næringsbygg tilkoblet et allment forsyningsnett være en vesentlig del av nasjonal ombygging av lavspenningsnettet. Næringsbygg kan være sykehjem, verksted, industribygg, bygg for landbruksvirksomhet eller bygg som inneholder kontorlokaler, butikker eller rom for undervisning. Med bakgrunn i et annet bruksbehov kan et næringsbygg representere en del andre elektriske apparater som gir ekstra utfordringer både når det kommer til elektrisk forsyning og kvalitet på kraften som blir levert. Det kan være seg større andel trefaseutstyr som motorer, eller stor andel strømførvregende utstyr som likerettere. I tillegg kan et næringsbygg i likhet med en flermannsbolig gi spesielle forhold med tanke på fordelinger og underfordelinger. På den andre side blir ikke næringsbygg berørt av de ekstra strenge kravene i NEK400 823 for boliger. Det vil dermed være mulig med noe forskjellige løsninger sammenlignet med en flermannsbolig. Dette kapittelet tar for seg ombygging av næringsbygg med et landbruksanlegg som eksempel. Et landbruksanlegg er en spesialisert form for næringsbygg, som vil representere minst de samme ombyggingsutfordringene som et næringsbygg.

7.1 Oversikt over eksempelbygg og installasjon – næringsbygg

Eksempelinstallasjonen som brukes for næringsbygg består av tre separate bygg på et gårdstun, med hønsefjøs, storfefjøs og våningshus som vist i Figur 7.1. Inntakskabelen går til en hovedfordeling i hønsefjøset. Derfra går det ut trefase-fordelinger til sikringskap i våningshuset og storfefjøset. Ytterligere detaljer annet enn det som blir spesifisert under, er ikke vurdert nødvendig for å beskrive ombyggingsutfordringer for næringsbygg.

Spesielle forhold for installasjonen

- Bygget har ikke egen trafo sånn at det blir påvirket om nettselskap bytter nettsystem.
- Overharmoniske strømmer i N-leder.
 - Hønsefjøset har kurser med mye belysningsutstyr. Fare for store overharmoniske strømmer i N-leder.
- Trefaseapparater.
 - Anlegget har flere trefaseapparater både i storfefjøs og i hønsefjøs.
- TN-C til TN-C-S.
 - Utfordringer knyttet til hovedinntak og hver underfordeling.
- Våningshus.
 - Deler av installasjonen vil bli påvirket av NEK400 823.
- Landbruksinstallasjon.
 - Deler av installasjonen vil bli påvirket av NEK400 705.
- Overspenningsvern.
 - Det er ikke montert overspenningsvern i installasjonen.



Figur 7.1: Oversiktsskisse over eksempel næringsbygginstallasjon.

7.2 Mulige løsninger – næringsbygg

Etter spesifisering fra NEK400 823.1 blir hønsefjøsset eller storfe fjøsset ikke berørt av de spesielle kravene i NEK400 823 selv om våningshuset er en del av den samme installasjonen. Installasjonen vil derimot bli berørt av NEK400 7-705 Installasjoner i landbruks- og/eller hagebruksområder. På samme måte som NEK400 823, legger NEK400 7-705 til eller endrer krav i øvrige deler av NEK400. Der hvor ikke annet er nevnt i de følgende underkapitler gjelder metoder presentert i tidligere kapitler også for næringsbygg.

7.2.1 Generelle forhold

I hovedfordelingen og underfordelinger må omkobling og merking av ledere utføres som beskrevet i kapittel 5.2.1. Det samme gjelder for AMS-målere.

Splitting av PEN-leder til PE- og N-leder

I installasjonen kommer det trefaset forsyning til en hovedfordeling i hønsefjøsset. Fra hovedfordelingen går det kabler til underfordelingene i våningshuset og verkstedbygget. Som beskrevet i kapittel 6.2.1 er det i Norge ikke tillatt å ha TN-C-nett etter første fordeling. Dette betyr at splittingen av PEN-lederen må skje enten ved inntaket eller i hovedfordelingen. Dette kan få konsekvenser for kablene ut til underfordelingene i de andre byggene. Dersom kablene

må byttes vil ombyggingsprosessen bli mer kostbar. Behovet for N-leder må vurderes på samme måte som beskrevet i kapittel 5.2.6.

Enfasefordelinger

For enfasefordelinger i næringsbygg gjelder samme metode for vurdering av eksisterende leder som for flermannsboliger, beskrevet i kapittel 6.2.1

Trefasekurser trefasefordelinger

For trefase er det både utfordring med tanke på selve apparatet og på forsyningen. Konsekvenser omlegging til TN-systemet får for trefaseapparater blir vurdert i kapittel 7.2.5. Metode for vurdering av ledere i trefasefordelinger i næringsbygg er lik som for enebolig beskrevet i kapittel 5.2.6 og 6.2.1. For installasjoner med store verdier av overharmoniske strømmer se kapittel 7.2.6.

7.2.2 Overstrømsvern

Kortslutningsvern

For bruk av kortslutningsvern i næringsbygg gjelder samme regler som presentert i kapittel 5.2.2.

Overbelastningsvern

For overbelastningsvern i næringsbygg gjelder samme metode som beskrevet i kapittel 4.2 og 5.2.2. Kravet til strøm/tid-karakteristikken for overbelastningsvern er derimot litt annerledes. For små tverrsnitt gjelder kravene i NEK400 533.2.1, som er noe mindre streng enn for boliger. Som beskrevet i kapittel 4.2 ble dette kravet innført i 2002. FEB-91 tillot i visse tilfeller noe høyere sikringsstørrelser enn Rødboken og FEB-88. Av den grunn kan næringsbygg bygget mellom ikrafttreddelsen av FEB-91 og NEK400 2002 ha ledere som ikke er like godt beskyttet mot overbelastning. I næringsbygg er sannsynligheten for store verdier av harmoniske strømmer større enn i boligbygg og det kan dermed bli behov for å detektere overbelastningsstrømmer i N-leder i trefasekurser etter NEK400 533.2.2.

7.2.3 Overspenningsvern

Som beskrevet i kapittel 4.3 skal det fra 2010 være installert overspenningsvern i enhver lavspenningsinstallasjon. For næringsbygg gjelder de samme vurderingene for overspenningsvern som for flermannsboliger gjort i kapittel 6.2.3. For eksempelinstallasjonen vil det være nødvendig med minst trepolt vern som vist i Figur 5.6 i hovedfordelingen. Dersom det vurderes nødvendig med overspenningsvern i storfejøset og våningshuset, må firepolt

overspenningsvern brukes på grunn av avstand til splitten fra PEN til PE og N. Prinsippskisse av firepolt overspenningsvern er vist i Figur 5.7.

7.2.4 Jordfeilvern, jording og utjevning

Jordfeilbryter

Som nevnt så blir ikke hønsefjøsset eller storfefjøsset berørt av de spesielle kravene i NEK400 823. Det vil si at det generelle kravet om å installere strømstyrt jordfeilvern i TN-installasjoner nevnt i kapittel 4.5, om jordfeilvern for forbrukerkurser gjelder.

For landbruksinstallasjoner er derimot kravene litt strengere igjen og NEK400 705.411.3.3 stiller krav til strømstyrt jordfeilvern på alle kurser. Merkeutløserstrømmen skal være

- $\leq 30 \text{ mA}$ for forbrukerkurser med merkestrøm $< 32 \text{ A}$,
- $\leq 100 \text{ mA}$ for forbrukerkurser med merkestrøm $> 32 \text{ A}$ og
- $\leq 300 \text{ mA}$ for alle andre kurser.

Jording og utjevning

For jording og utjevning i næringsinstallasjoner gjelder krav og metoder presentert i kapittel 4.4 og 0.

7.2.5 Trefaseapparater

I næringsbygg vil det sannsynligvis være en større andel trefaseapparater enn i installasjoner for boliger.

Typiske trefaseapparater kan for eksempel være

- Elektriske motorer
- Kraner
- Kompressorer
- Andre større effektkrevende apparater

Enkelte trefaseapparater beregnet for 230 V IT-system har en mulighet for omkobling som gjør dem kompatibel med TN-systemet. Dette gjelder hovedsakelig elektriske motorer uten stjerne-trekant-starter. Dersom en installasjon har mange trefaseapparater beregnet for 230 V IT-system, kan en ombygging til TN-systemet utløse store kostnader. Et alternativ for installasjoner med mange trefaseapparater beregnet for IT-system som ikke lar seg koble om er å installere en 400/230 V skilletransformator. Installering av skilletransformator vil dog medføre en ekstra installasjonskostnad i tillegg til en ekstra impedans, men kan i enkelte tilfeller lønne seg. Problemstillingen er ytterligere vurdert i masteroppgaven "Prototype: kostnadseffektiv lokal overgang fra 230/400V TN-C-system til 230V IT-system"[13].

7.2.6 Ledertverrsnitt

Strømføringsevne

Det er ikke generelle krav vedrørende lederes strømføringsevne i næringsbygg og samme metode som presentert i kapittel 0 om eneboliger må tas i bruk for å følge NEK400. For enkelte typer næringsbygg, spesielt industriinstallasjoner, er det større sannsynlighet for at en har kabler som går i spesielt varme områder. Dette må da tas hensyn til for å følge NEK400.

Behov for økt tverrsnitt på N-leder

I anlegg med nøytralleder er det mulig at overharmoniske strømmer adderes i nøytrallederen i trefasekurser. Da det i IT-nett ikke finnes N-leder, må størrelsen på overharmoniske strømmer i N-leder kontrolleres etter ombygging til TN-systemet. Ved store overharmoniske strømmer i N-leder vil det være nødvendig å korrigere tverrsnittet til N-leder. Normativt vedlegg 52D i NEK400 beskriver grenseverdier og tilhørende metode for å bestemme leders korreksjonsfaktor ved stor verdi av overharmoniske strømmer.

Apparater bestående av likerettere, frekvensomformere og en del typer belyningsutstyr vil gi harmonisk forvrenging av strømmen. Utstyr som gir mye overharmonisk støy er blant annet datamaskiner og spesielt bærbare datamaskiner, lysrør med konvensjonelt forkoblingsutstyr, sparepærer og LED-lys. Målinger har også vist at eldre utstyr av nevnte utstyrstyper skaper mer overharmonisk støy enn nyere utstyr. Siden næringsbygg gjerne innehar en høyere andel av utstyr som gir overharmoniske strømmer, må spesielt kurser til datautstyr, lysutstyr og lydutstyr kontrolleres for overharmoniske strømmer. Rapporten "Dimensjonering av ledertverrsnitt i anlegg med overharmoniske strømmer" går grundig gjennom problemstillingen. [14]

For eksempelinstallasjonens del kan belyningsutstyr brukt i hønsefjøs potensielt gi store harmoniske strømmer.

7.3 Tiltak ved ombygging av næringsbygg

For ombyggingen av elektriske installasjoner i næringsbygg gjelder de samme tiltakene som i flermannsboliger beskrevet i kapittel 0, bortsett fra at man følger litt andre avsnitt i NEK400. I tillegg er det viktigere å kontrollere verdier av harmoniske strømmer, da denne type bygg typisk har større verdier av harmoniske strømmer. For trefaseapparater er det viktig å kontrollere omkoblingsmuligheter eller behov for skilletransformator. Tiltak som blir annerledes enn i flermannsbolig er følgende:

- Overbelastningsvern for ledere med små tverrsnitt trenger ikke å følge kriteriet $I_2 \leq I_Z$, men må følge avsnitt 533.2.2 i NEK400 for å følge normens nivå av beskyttelse mot overbelastning.
- Det er ikke generelt krav om jordfeilbryter på hver kurs. For spesielle installasjoner som landbruksinstallasjoner må man ha det for å følge NEK400.

8 Diskusjon

I denne oppgaven blir minstekrav til sikkerhet og minstekrav fra NEK400 gjennomgått for en ombygging av en elektrisk installasjon fra IT-system til TN-system. Det vil nok sjeldent være den beste løsningen å kun gjøre det som er absolutt nødvendig. Det vil være en avveining mellom økonomi og ønsket funksjon for det elektriske anlegget. I tillegg kan det tenktes at noen av løsningene presentert i denne oppgaven fraviker såpass mye fra NEK400 2014 at DSB ikke vil godkjenne de, selv om de følger prinsippet om å ikke redusere anleggets nivå av sikkerhet.

8.1 Generelt om å stille krav

Utforming og bruk av elektriske installasjoner er forbundet med fare, og av den grunn stiller myndighetene krav til sikker bruk og utførelse. Med dagens utvikling har samfunnet blitt avhengig av en pålitelig og uavbrutt strømtilførsel. Et brudd i strømtilførselen kan representere en fare for liv og helse. Av den grunn kan det stilles spørsmål om å stille krav til funksjon og pålitelighet, i tillegg til den tradisjonelle forståelsen av elsikkerheten som beskyttelse mot elektrisk sjokk og brann. Denne oppgaven har hovedsakelig vurdert den tradisjonelle forståelsen av elsikkerheten og ikke anleggets funksjonalitet. Spørsmål er om man skal tillatte et minste nivå av sikkerhet og funksjonalitet eller om man skal kreve et høyere nivå. DSB må her ta en beslutning. Det er så klart ønskelig at elektriske anlegg er så sikre som mulig. Med tanke på hvor sjeldent elektriske anlegg pusses opp kan det være en tanke å kreve at man øker til et høyere nivå enn minstekrav presentert i oppgaven ved ombygging av anlegg. Et argument mot å kreve bruk av NEK400 er at det kan utløse så store kostnader nasjonalt at det kan bli vanskelig å få politisk gjennomslag. Samtidig kan det tenkes at dersom DSB aksepterer visse avvik fra NEK400, vil mange likevel velge å investere litt ekstra for å heve nivået opp til NEK400. Her kan gode anbefalinger fra nettselskap og installatør bli viktig.

8.2 Nye metoder til sikker bruk og utførelse av installasjoner i NEK400 sammenlignet med eldre normer og forskrifter

Ved en ombygging eller modifisering av et anlegg må det vurderes hvordan sikkerhetsnivået endrer seg som følge av ombyggingen eller modifiseringen. Med de siste forskriftene er det kommet en hel del nye krav til påkrevd utstyr og metoder som kommer i tillegg til eller erstatter tidligere sikkerhetstiltak. Derfor må det vurderes i hvilken grad man skal beholde bruk av opprinnelige sikkerhetsmetoder og dermed kun fornye eksisterende installert utstyr eller utvide omfanget av sikkerhetstiltak. Som eksempel kan jordfeilvern, overspenningsvern, krav til

utkoblingstid, bruk av ikke-ledende omgivelser og bruk av standardisert tilknytningskap nevnes.

8.2.1 Jordfeilbryter

I AG-14 rapporten var et av tiltakene ved ombygging av IT-installasjoner til TN-installasjoner å installere ett forankoblet strømstyrt jordfeilvern for hver installasjon. Allerede til AG-14 rapportens høring ble det påpekt hvordan kun én jordfeilbryter kan påføre installasjonseier ulempe i form av lav driftssikkerhet. I senere tid har DSB uttrykt at en sãnn løsning avviker for mye fra NEK400 til å bli godkjent. Benytter man den tradisjonelle forståelsen av elsikkerhet vil derimot en jordfeilbryter være godt nok. Erfaringer med bruk av jordfeilbrytere kan nå regnes som såpass gode at de regnes som stabile komponenter. Men når forsyningssikkerheten blir en viktig del av elsikkerheten vil ikke én jordfeilbryter være nok, siden hele anlegget blir koblet ut ved jordfeil. Derfor anbefales det en behovsvurdert løsning der de mest utsatte kursene i en installasjon blir utstyrt med egen jordfeilbryter og resten delt opp i en eller flere grupper med felles jordfeilbryter. Dersom anlegg som skal ombygges har smeltesikringer bør det byttes til jordfeilautomat og ikke jordfeilbryter da ekstrainvesteringen ikke nødvendigvis er stor.

8.2.2 Overspenningsvern

Krav til å ha overspenningsvern i alle installasjoner ble innført med tanke på å redusere antall branner som følge av overspenninger. I tillegg gir overspenningsvern en ekstra beskyttelse av ømfintlige apparater, noe som det blir mer og mer av. Et spørsmål som kan stilles er om det skal kreves å installere overspenningsvern etter en ombygging, dersom det ikke finnes fra før. Det bør uansett legges ved en sterk anbefaling om å installere overspenningsvern. Da boligbranner årlig er en stor utgift for forsikringsselskaper gis det av flere selskaper rabatt på forsikring ved installert overspenningsvern.

8.2.3 Ikke-ledende omgivelser

Som nevnt var ikke-ledende omgivelser hyppig brukt som beskyttelsesmetode mot elektrisk sjokk. I kapittel 0 ble konsekvensene av fortsatt bruk av ikke-ledende omgivelser presentert. Samtidig ble det opplyst om behov for å installere ny PE-leder og stikkontakt med mulighet for jording av apparater. Forutsatt at man bruker samme fase per rom vil fortsatt bruk av ikke ledende omgivelser ikke gi noe endring av den største spenningen man kan bli utsatt for. På den andre siden blir berøringsspenningen dersom man får kontakt med faseleder og til jord økt med en faktor på $\sqrt{3}$. Sannsynligheten for å få kontakt med en spenningsførende del er samtidig halvert. Oppsummert kan en si at ved fortsatt bruk av metoden er premissen for

beskyttelsestiltaket ikke endret, men konsekvensen av en feil er økt. Det er viktig å huske at dette kun gjelder dersom omgivelsen ikke er helt isolerende. Ved installasjon av jordfeilbryter og lokal jordelektrode vil sannsynligvis feilstrømmer i TN-systemet ved isolasjonsfeil bli løst ut av jordfeilbryter. I enkelte tilfeller vil det å installere ny PE-leder og jordet stikkontakt bety mye ekstra arbeid og derav kostnader. Av den grunn bør det vurderes av DSB å gi dispensasjon for fortsatt bruk av ikke-ledende omgivelser.

8.2.4 Lokal jordelektrode i TN-nett

Det er ikke noe direkte krav om lokal jordelektrode i TN-installasjoner verken i FEL eller NEK400. For IT-system ligger det i systemets natur å ha lokal jordelektrode, da utsatte anleggsdeler er jordet lokalt.. For anlegg bygget etter FEB-91 eller senere forskrifter vil alle installasjoner ha egen jordelektrode som ikke er vannledningsnett. For eldre installasjoner vil det fortsatt være mulig at metallisk vannrør er i bruk som lokal jordelektrode. Ved ombygging til TN-systemet vil det ved installasjon av overspenningsvern være nødvendig å opprette lokal jordelektrode for å ivareta overspenningsvernets funksjonalitet. Ved unnlatelse av installasjon av overspenningsvern vil installasjon av ny lokal jordelektrode likevel være et tiltak for å bedre elsikkerheten for installasjonen. Spesielt i områder med dårlige jordingsforhold. For eldre installasjoner vil dette bli et kostnadsspørsmål.

8.3 Trefaseinstallasjoner og trefasekurser

Trefasekurser er den kurstypen som potensielt kan utløse den største kostnaden ved en ombygging. I tillegg kan det forventes at variasjonen i kostnader blir stor. Trefase motorer som ikke trenger N-leder kan ofte kobles om til 400 V. Dette må gjøres av instruert personell og forutsetter at motoren ikke har stjerne-trekantvender. For apparater som er avhengig av N-leder vil det være nødvendig å legge en ekstra leder. Alternativt bør det gjøres en grundig studie av hvorvidt skjerm i gamle trefasekabler kan brukes som N-leder. En sãnn studie er utenfor denne oppgavens rammer og vil være en videreføring av arbeidet. Dersom det viser seg at mange gamle kabler kan brukes vil det være kostnadsbesparende. Spesielt der hvor kabler er lagt i jorden mellom bygninger. For installasjoner med stor andel av trefaseutstyr kan en ombygging bli en kostbar affære. Samtidig vil det føre til en økt tilgjengelighet til trefaseapparater gjennom markedet for utstyr til TN-systemet. Forøvrig henvises det til kapittel 7.2.1 for metode og alternativ metode for ombygging av trefaseinstallasjoner og trefasekurser, og kapittel 7.2.5 for å vurdering av hvorvidt trefaseapparater kan brukes etter en ombygging.

8.4 Installasjonens alder

Ved presentasjon av utviklingen av krav til elektriske installasjoner i kapittel 3 og 4, i tillegg til gjennomgang av ulike installasjonstyper, har det kommet fram at det i hovedsak er anlegg før FEB-91 som har de store avvikene fra NEK400 2014. De mest vesentlige kravene som er kommet etter FEB-91 er beskrevet i tidligere kapitler og er gjengitt i Tabell 15.

Tabell 15: Vesentlige endringer i NEK400 og når kravet er innført.

Krav	Innført
Avsnitt 533.2 i NEK400 beskyttelse av ledningssystem mot overbelastning for små tverrsnitt.	FEL 1999 og senere i NEK400 2002
Avsnitt 823.433.1 med krav om $I_2 \leq I_z$ for små tverrsnitt.	NEK400 2010
Overspenningsvern i alle lavspenningsinstallasjoner.	NEK400 2010
Generelt forbud mot bruk av ikke-ledende omgivelser	NEK400 2006
Bruk av strømstyrt jordfeilbryter.	NEK400 2002 for IT-installasjoner NEK400 2006 for alle AC-systemer NEK400 2010 for alle boligkurser

Fra Tabell 15 kan man se at forskjellene mellom en IT-installasjon og en TN-installasjon vil være mindre for installasjoner utført etter en nyere norm.

8.5 Vurdering av kostnader

Kostnader for en ombygging vil variere fra installasjon til installasjon. Generelt kan det forventes at eldre installasjoner vil koste mer å bygge om i og med at nødvendige tiltak er flere. Et viktig poeng å vektlegge er at for eldre installasjoner vil det ikke være store forskjeller i å pusse opp til en moderne IT-installasjon etter nyeste NEK400 sammenlignet med å bygge om til TN-installasjon. Dette gjelder for enfaseinstallasjoner og trefaseinstallasjoner som ikke trenger nye ledere. For trefase kan situasjonen bli annerledes. Da over 40% av branner i boliger har opphav i det elektriske gir en del forsikringsselskap rabatt basert på sikkerhetstiltak. På lik linje med overspenningsvern gir flere forsikringsselskap også rabatt ved bruk av automatsikringer.[15]

8.6 Dispensasjon fra DSB

DSB har uttrykt at ved ombygging av anlegg skal man følge NEK400[16]. Under følger liste over metoder ikke tillatt etter NEK400, men som anbefales at det vurderes å gis dispensasjon for av DSB for å gjøre en nasjonal ombygging til TN-system mindre kostbar. Ved å gi dispensasjon for punktene under vil man lettere kunne gjennomføre en nasjonal ombygging og dermed heve elsikkerhetsnivået nasjonalt. Listen under er utarbeid med bakgrunn i argumenter presentert tidligere i diskusjonskapittelet og må ses i sammenheng med metoder presenter i kapittel 5, 6, og 7.

- Dispensasjon til å fravike fra NEK400 823.411.3.3 om bruk av strømstyrt jordfeilvern på alle kurser. Det samme gjelder for tilsvarende normkrav for andre spesielle installasjoner.
- Dispensasjon til fortsatt bruk av ikke-ledende omgivelser og dermed bryte NEK400 410.3.6
- Dispensasjon til å ikke installere overspenningsvern. Dette vil gi lavere kostnader i tillegg til at det ikke blir behov for å installere lokal jordelektrode.

Punktene ovenfor anbefales ikke som en rett, men som en dispensasjon der hvor ombygging og valgte metoder samlet sett vil øke elsikkerhetsnivået. For nyere anlegg utført etter nyere normer enn metoder det eventuelt tillates å fravike fra gjelder ikke dispensasjonen

8.7 Bruk av komponenter beregnet for IT-installasjoner i TN-installasjoner

Avsnittet er en oppsummering fra tidligere kapitler og forklarer hvilke komponenter som kan brukes i både IT-installasjoner og TN-systemer.

Kortslutningsvern

Kortslutningsvern brukt i IT-installasjoner kan i mange tilfeller beholdes. Som beskrevet i kapittel 5.2.2 er det etter NEK400 ikke behov for vern i N-leder så lenge en ikke forventer større strømmer i N-leder enn i faseledere. Dette gjelder både for enfase- og trefaseinstallasjoner. Ved omlegging må vernets høyeste kortslutningsstrøm kontrolleres.

Overbelastningsvern

Eldre overbelastningsvern vil i mange tilfeller ikke følge krav til strøm/tid-egenskaper i NEK400. Beholder man smeltesikringer må man installere forankoplet allpolig jordfeilbryter for å muliggjøre samtidig frakobling av faseledere og N-leder.

Overspenningsvern

Overspenningsvern for IT enfaseinstallasjoner kan også brukes i TN-nett. For trefaseinstallasjoner kan kun vern som er plassert i nærheten av splitten av PEN-leder brukes videre i TN-systemet.

Kabler og ledninger

Enfasekabler og ledninger for IT-systemet kan også brukes i TN-systemet. I gamle installasjoner kan det være installert kabel uten PE-leder. Skal man oppgradere til NEK400 må det da legges en ny leder eller kabel. Trefasekabler for IT-installasjoner kan i mange tilfeller ikke brukes i TN-installasjoner. Dersom en trefasefordeling eller kurs består av flere enledere er det en enkel sak å installere en ekstra leder. Av den grunn bør det vurderes å bruke kabler beregnet for TN-systemet eller enledere i rør i IT-installasjoner. Dette vil gjøre en overgang til TN-systemet enklere.

Trefaseapparater

Trefaseapparater for IT-systemet kan i utgangspunktet ikke brukes i TN-systemet. Noen apparater har likevel muligheten for omkoblingsmuligheter som gjør dem kompatibel med TN-systemet.

8.8 Oppsummering av diskusjon

Som oppsummering av diskusjonskapittelet kan en si at elsikkerhetsbegrepet er i endring, og krav bør stilles deretter. Samtidig må en huske på at en ombygging også vil representere en oppgradering av elektriske installasjoner. Og da spesielt gamle installasjoner. Selv om ikke kostnader er vurdert detaljert pekes det på at krav om slavisk bruk av NEK400 vil føre til økte kostnader for en ombygging. Da er det spesielt viktig at DSB ikke selv blir bremseklossen i et prosjekt som nasjonalt sett vil heve elsikkerheten. Dette dokumentet har hovedsakelig sett på ombygging av eksisterende installasjoner. En standardisering av metoder for ombygging til TN-nett vil effektivisere prosessen. Det kan tenkes at metodene presentert i denne oppgaven vil være for tidkrevende i praksis, men vil likevel kunne brukes som underlag for utarbeidelse av en standardisert prosedyre. For andre spesielle installasjoner kan det finnes egne metoder, men i et nasjonalt perspektiv er det grunn til å tro at enebolig, flermannsbolig og næringsbygg i stor grad vil være dekkende. Et viktig poeng for gjennomføring av en nasjonal ombygging er at: ved nybygging og oppussing av eksisterende IT-anlegg bør det legges føringer for tilrettelegging av senere ombygging til TN-system.

Til slutt må det sies at det er vanskelig å sette generelle regler for hvilke metoder som kan brukes og ikke brukes. Det er på grunn av at metoder man bruker kan avgjøre om andre metoder kan brukes eller ikke. Det er viktig at det gjøres individuelle vurderinger for hver installasjon. Ved bruk av prinsippet om å ikke redusere sikkerhetsnivået vil forskjellige metoder som godtas for en installasjon ikke nødvendigvis bli godtatt for en installasjon utført etter en nyere norm. Da flere av punktene i diskusjonen er diskutert i andre dokumenter, henvises det til dokumentet "Analyse knyttet til bruk av håndboken RT-04 Overgang til 230/400 V TN-C-S i bestående 230V IT/TT/TN-system" fra "Produkt og Elektrisitetstilsynet" i mai 2000, for en grundigere forståelse av vurderinger gjort av løsningene presentert i AG14-rapporten.

9 Konklusjon

Oppgaven har gjennomgått ulike tiltak som må gjennomføres ved ombygging av IT-installasjoner til TN-installasjoner i eneboliger, flermannsboliger og næringsbygg. Med diskusjonskapittel og tiltak listet opp i kapittel 5.3, 6 og 7.3 har det blitt vist at:

- Tiltak som må utføres ved ombygging av IT-installasjoner til TN-installasjoner er forholdsvis like for eneboliger, flermannsboliger og næringsbygg.
- Mye installert utstyr i den elektriske installasjonen kan fortsatt brukes etter ombygging.
- Mange tiltak er teknisk ukompliserte kan og utføres i sikringsskapet.
- Omfanget av en ombygging varierer med størrelsen på installasjonen og allerede installert utstyr.
- Eldre IT-installasjoner kan forventes å fravike mest fra NEK400 2014 for TN-installasjoner. For nyere IT-installasjon, vil nødvendige tiltak for en ombygging være færre og mindre kompliserte.
- For enfaseinstallasjoner er det ikke store forskjeller på å bygge om til TN-systemet sammenlignet med å pusse opp IT-installasjonen til moderne NEK400-standard.
- Med enkelte dispensasjoner fra å følge NEK400 vil en ombygging av de installasjoner som fraviker mest fra NEK400 2014 kunne ombygges med enkle metoder. Blant annet vil tillatelse til å fortsatt bruke ikke-ledende omgivelser, gi en mindre kompleks og dermed en mindre kostbar ombygging.
- Ombygging av en installasjon kan gjennomføres med aksepterte fravik fra NEK400, uten at sikkerhetsnivået reduseres.
- Trefasekurser med behov for N-leder vil trenge ekstra leder eller ny kabel. Trefasekurser som ikke har behov for N-leder har ikke behov for ekstra leder.
- Trefasefordelinger der hvor det ikke er behov for trefasekurser kan kobles om til tofasefordelinger.

For utdyping av konklusjonspunkter henvises det i stor grad til punkter diskutert i kapittel 8. Oppgaven har også pekt på hvilke tiltak som må vurderes av myndighetene som absolutte og hvilke som det i tilfeller kan gis dispensasjon fra. Her vil økonomi, elsikkerhet og ønsket tidsperspektiv for en nasjonal ombygging bli avgjørende. Som videre arbeid anbefales det:

- En videre diskusjon om forståelsen av elsikkerhetsbegrepet og hvordan elsikkerheten skal ivaretas av myndigheter.

- Gjøre en grundig kostnadsvurdering for ombygging av elektriske installasjoner ved bruk av metoder presentert i oppgaven.
- Det anbefales å bruke oppgaven som underlagsdata for utarbeidelse av standardisert prosedyre for ombygging av elektriske IT-installasjoner til TN-installasjoner. For eksempel i form av et REN-blad eller NEK-publikasjon.

Opgaven vil være et bra utgangspunkt for NK64 og DSB for å vurdere krav til sikkerhetsnivå ved ombygging av elektriske installasjoner fra IT til TN. Til slutt anbefales det å se oppgaven i sammenheng med [10], som gir en mer normfast vinkling og gjennomgang av ombygging av IT-installasjoner til TN-systemet.

Referanser

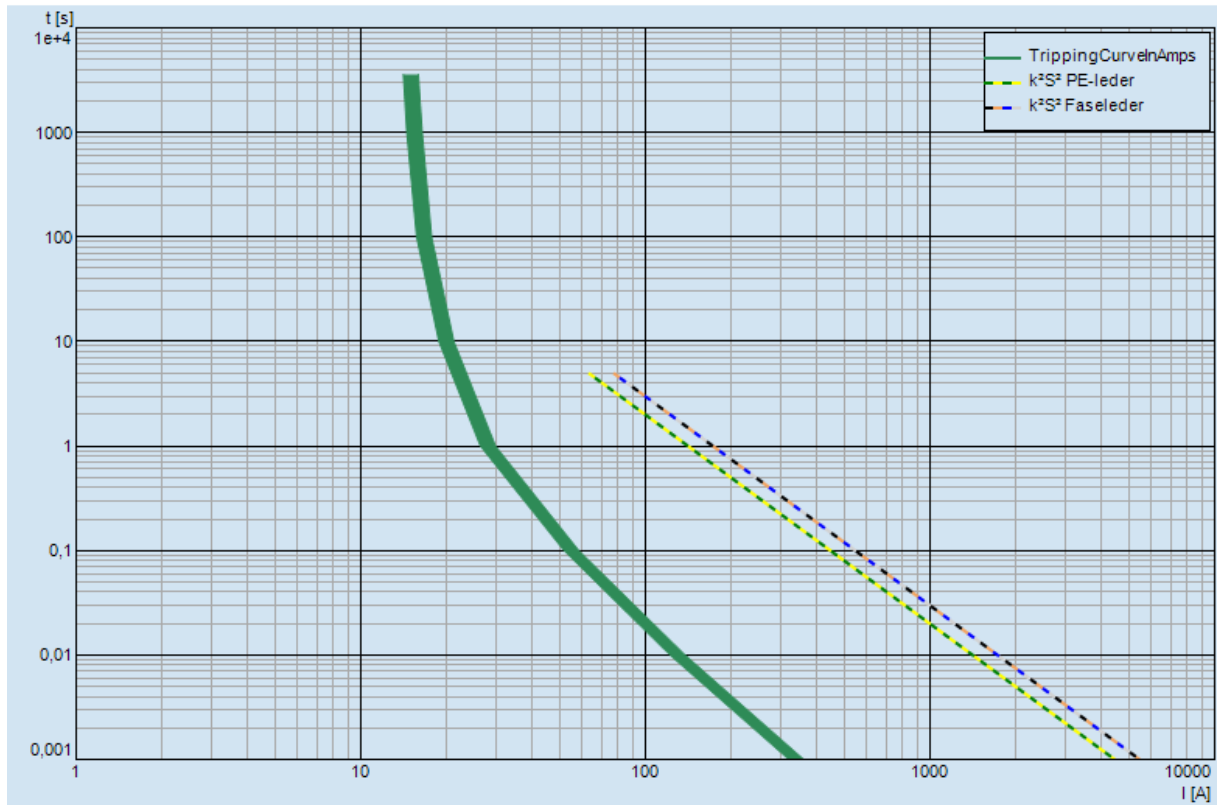
- [1] DSB, "Elsikkerhet 62," 2002.
- [2] DSB, "Elsikkerhet 78," 2010.
- [3] (1964). *Forskrifter for elektriske anlegg : utferdiget 5. desember 1963 : ikrafttreden 1. februar 1964.*
- [4] *Forskrifter for elektriske bygningsinstallasjoner m.m. av 20. november 1987.* Oslo: Norges vassdrags- og energiverk, 1988.
- [5] *Forskrifter for elektriske bygningsinstallasjoner m.m. av 20. desember 1989.* Oslo: Norges vassdrags- og energiverk, 1990.
- [6] *Forskrift om elektriske lavspenningsanlegg : med veiledning : fastsatt 06.11.98.* Oslo: Produkt- og elektrisitetstilsynet, 1998.
- [7] NEK, *Elektriske lavspenningsinstallasjoner*, 5. utg. vol. 400:2014. Oslo: Norsk elektroteknisk komité, 2014.
- [8] NEK, *Tilknytningspunkt for el- og ekomnett : Del 1 : Boliger* vol. 399-1:2014. Oslo: Norsk elektroteknisk komité, 2014.
- [9] (2017, 02. mai). <https://www.nek.no/standarder/faq/> - Spørsmål ID:2408.
- [10] B. N. Torsæter, "AN 16.12.68 Kost-nytte ved oppgradering fra IT- til TN-nett," SINTEF Energi AS, 2017.
- [11] DEHNguard produktkatalog. (09.05.2017). <http://www.dehn-international.com/en/680/33274/Familie-html/33274/DEHNguard%C2%AE%20modular.html?pid=854965&sid=854972>.
- [12] *Overgang til 230/400V TN-C-S i bestående 230V IT/TT/TN installasjoner* vol. nr 10-2001. Oslo: EBL kompetanse, 2001.
- [13] M. Bakkehaug, "Prototype: kostnadseffektiv lokal overgang fra 230/400V TN-C-system til 230V IT-system," NTNU, 2015.
- [14] Ø. Kjeldstad, "Dimensjonering av ledertverrsnitt i anlegg med overharmoniske strømmer," in *Cross section dimensioning in systems with harmonics*, ed: Institutt for elkraftteknikk, 2010.
- [15] (25.05.2017). <https://www.gjensidige.no/privat/forsikring/bolig-og-innbo/husforsikring/billigere-forsikring>.
- [16] J. W. Grav, "IT - Nett til "besvær"?," 2016.

Vedlegg

Strøm-tid-karakteristikker for vern brukt i eksempelinstallasjon

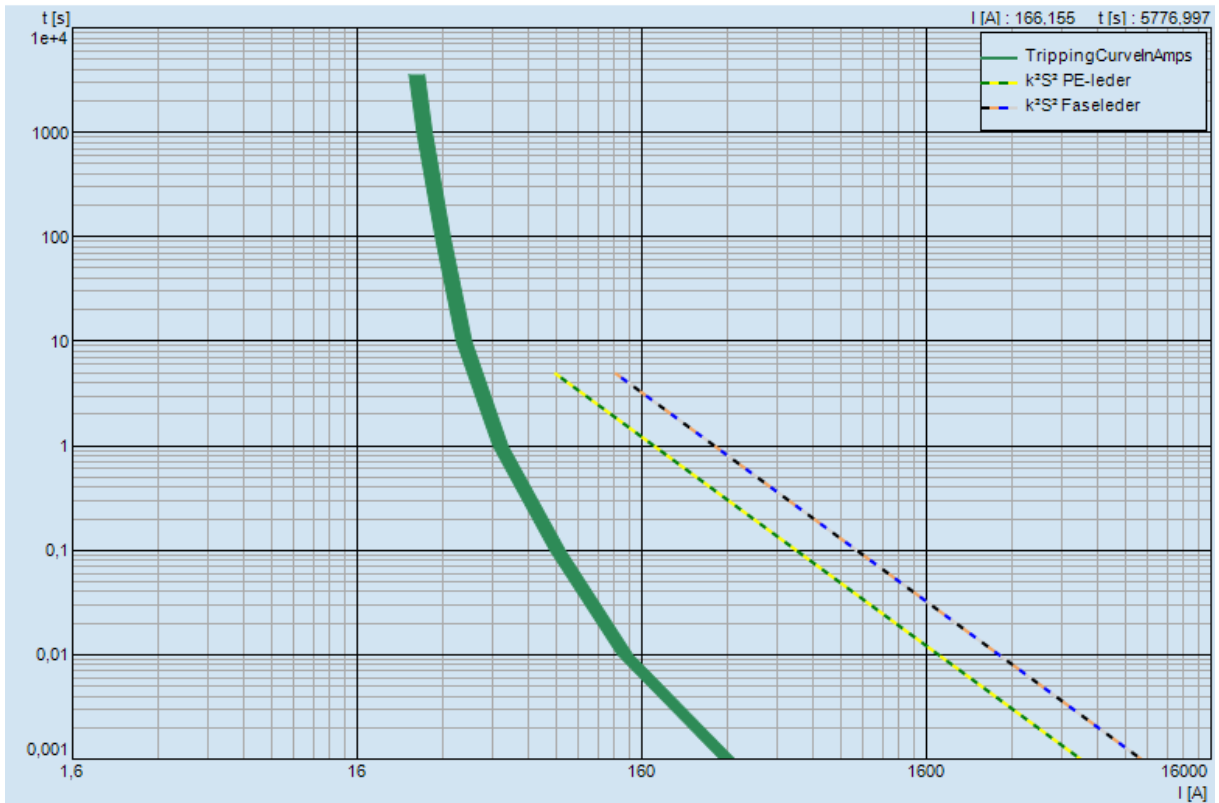
IFÖ SNABB_SNABB 10 A

IFÖ: SNABB_SNABB; 10 A; SNABB_SNABB



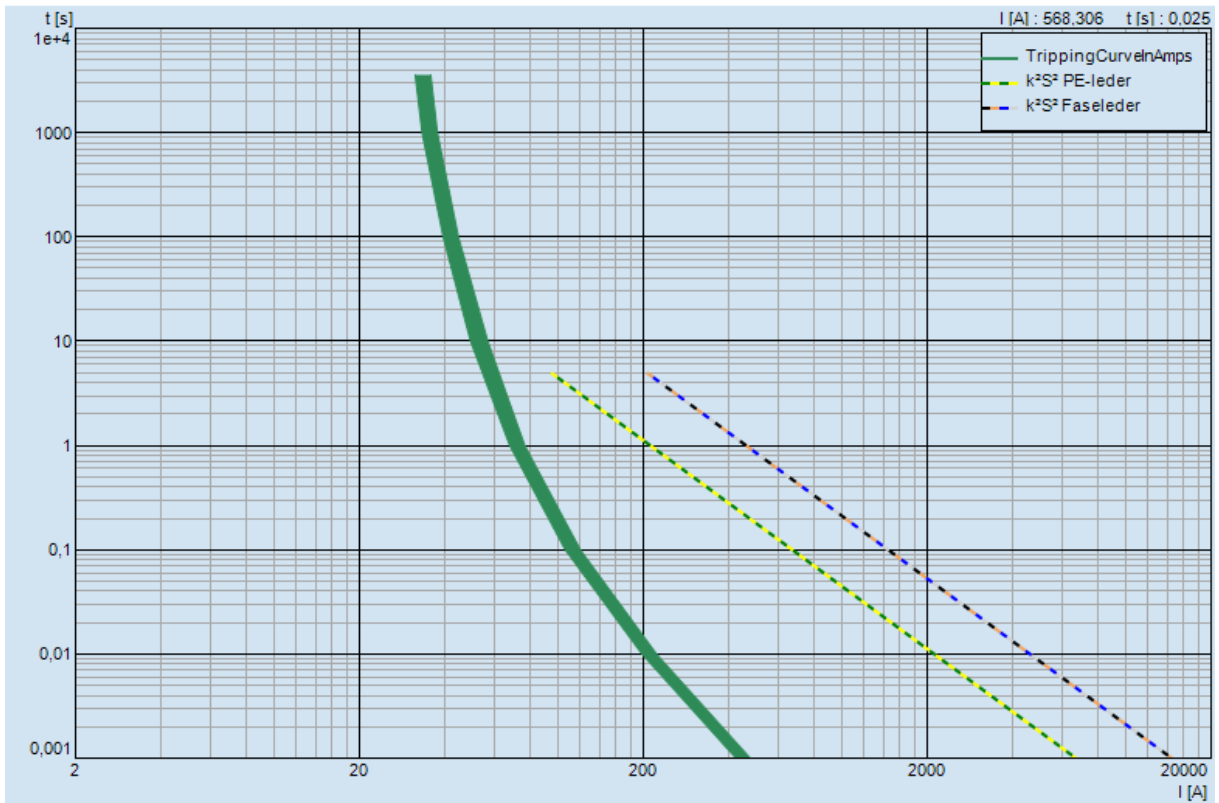
IFÖ SNABB_SNABB 16 A

IFÖ: SNABB_SNABB; 16 A; SNABB_SNABB_16



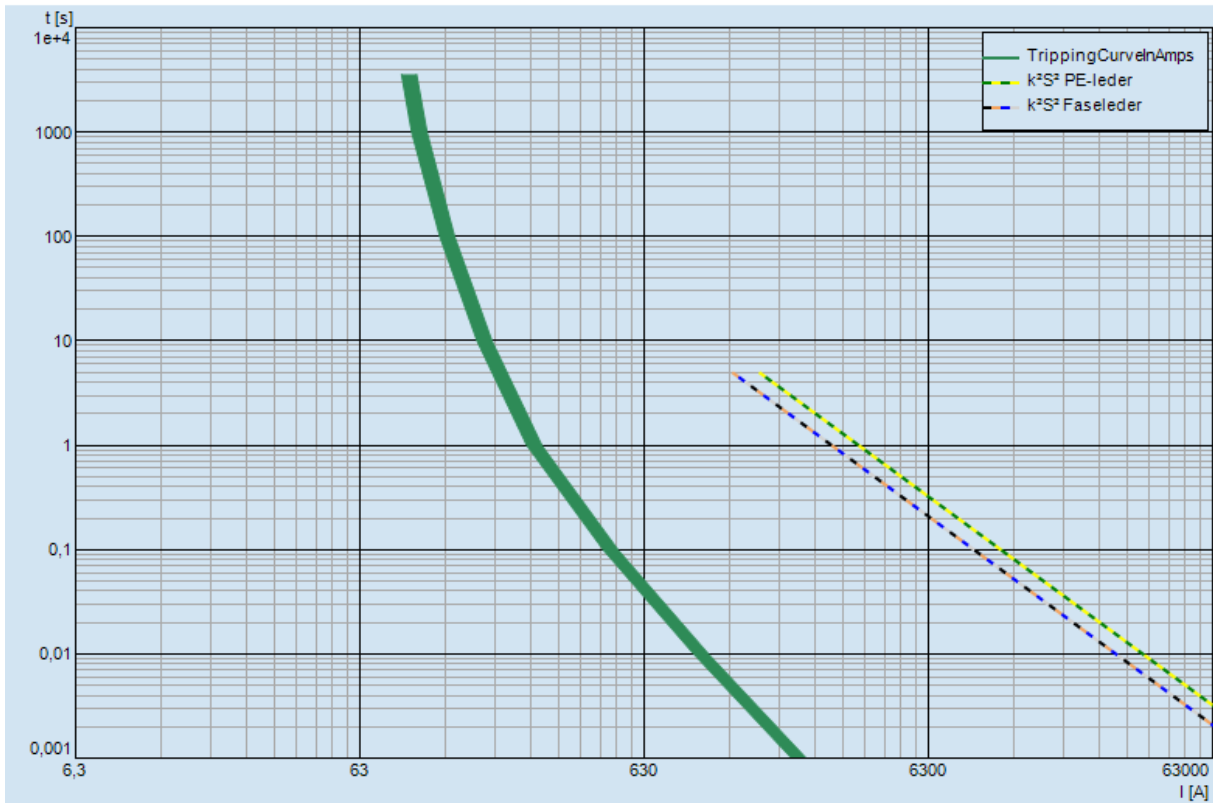
IFÖ SNABB_SNABB 20 A

IFÖ: SNABB_SNABB; 20 A; SNABB_SNABB_20

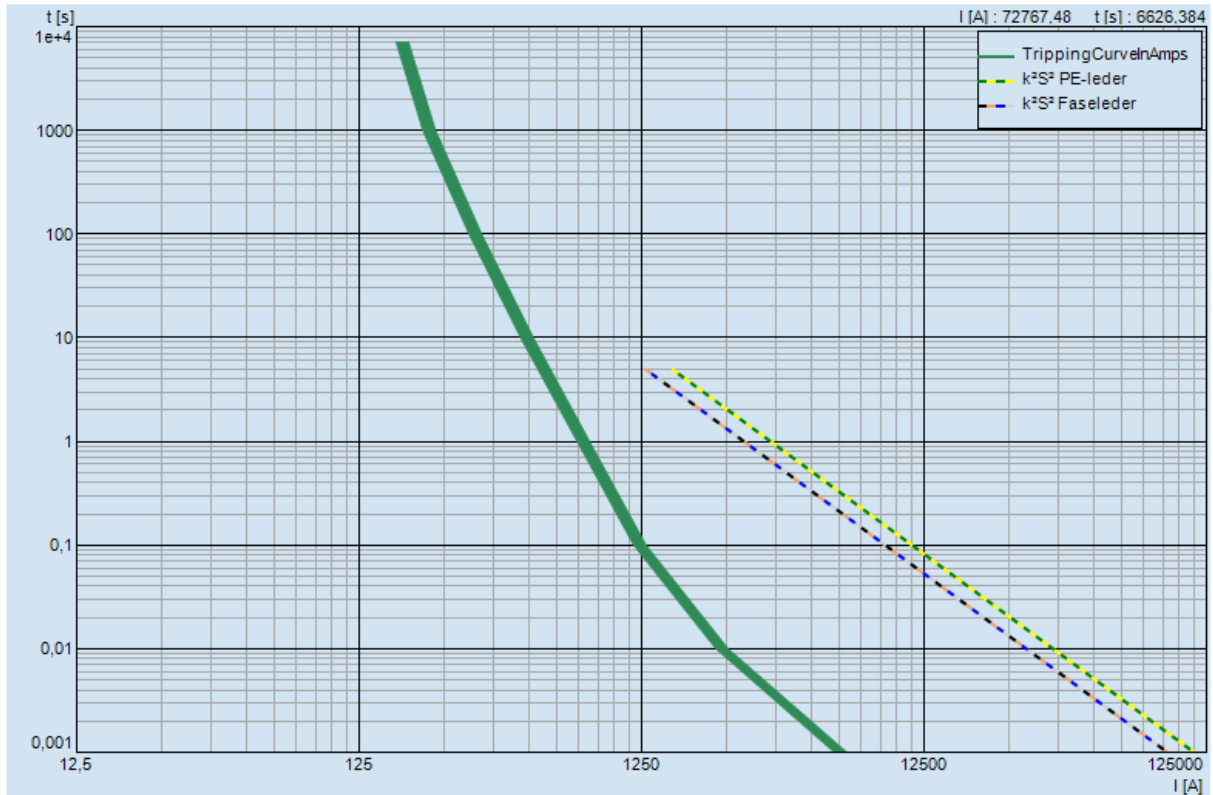


B

IFÖ SNABB_SNABB 63 A
 IFÖ: SNABB_SNABB; 63 A; SNABB_SNABB_63

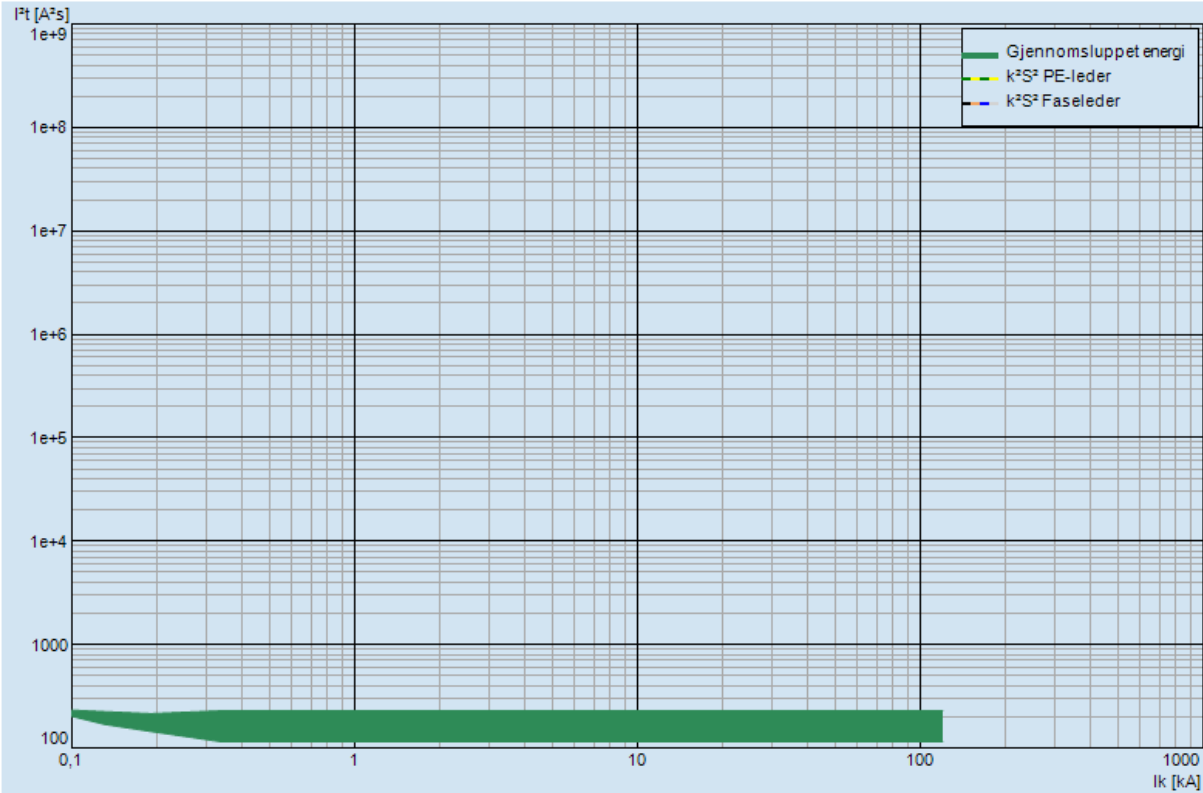


SIBA NH 2000113_GG_500V_00 125 A
 SIBA: 2000113_GG_500V_00; 125 A; 2000113.125_GG_500V_125A_00



Smelteintegral ($I^2 * t$) for vern brukt i eksempelinstallasjon

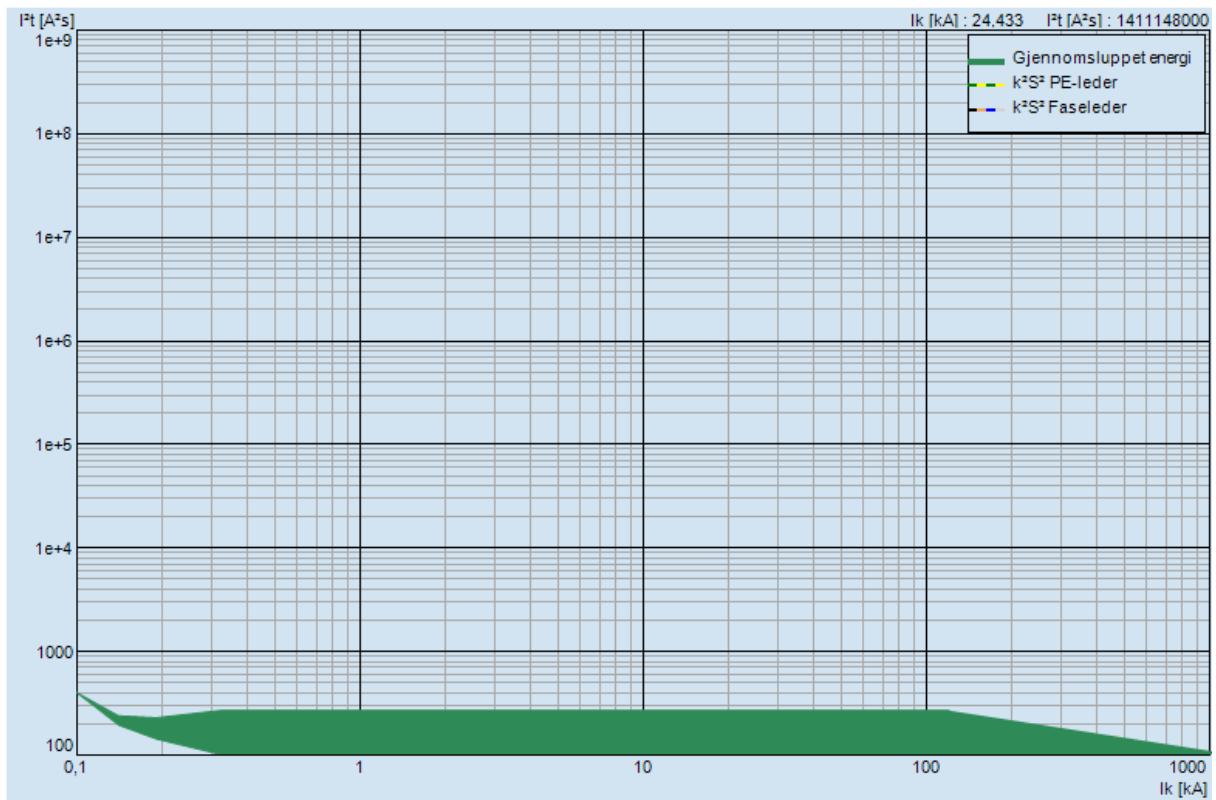
IFÖ SNABB_SNABB 10 A
 IFÖ: SNABB_SNABB; 10 A; SNABB_SNABB



Nominell strøm [A]	Spenningsnivå [V]
10	230
10	400

IFÖ SNABB_SNABB 16 A

IFÖ: SNABB_SNABB; 16 A; SNABB_SNABB_16

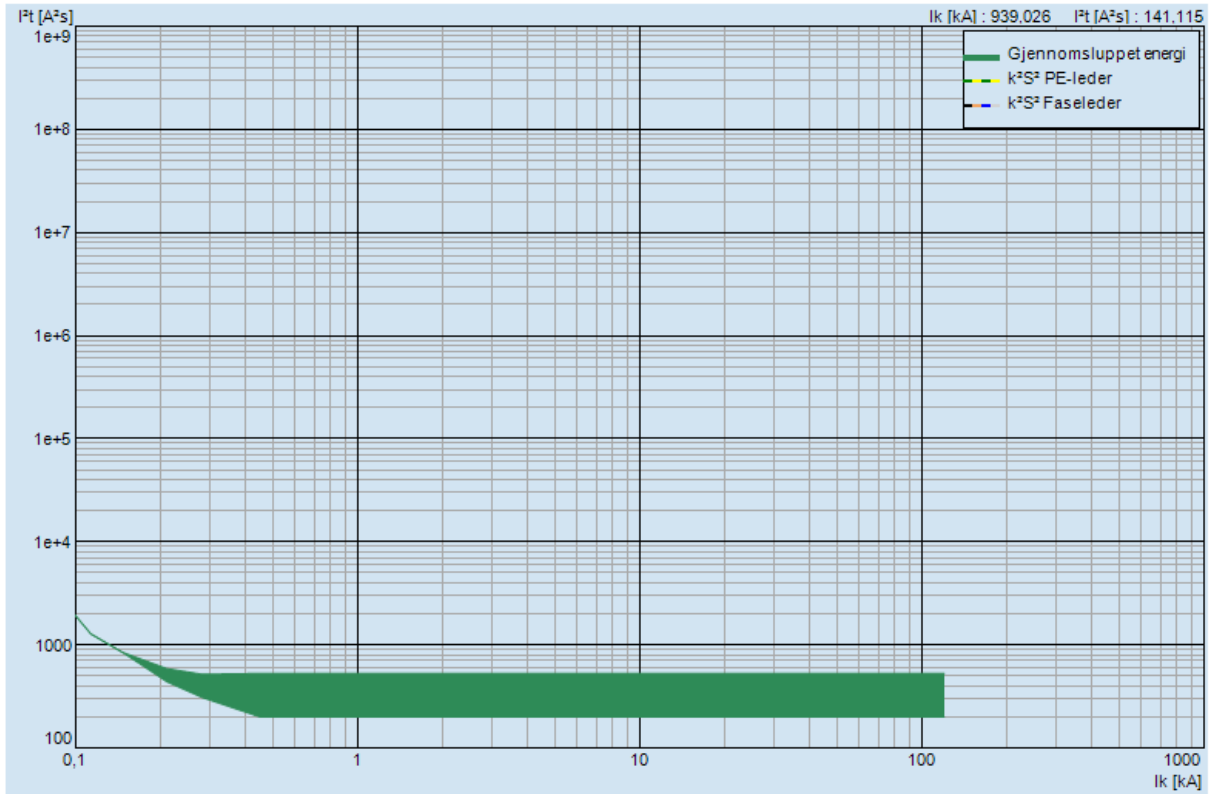


Nominell strøm [A]	Spenningsnivå [V]
16	230
16	400



IFÖ SNABB_SNABB 20 A

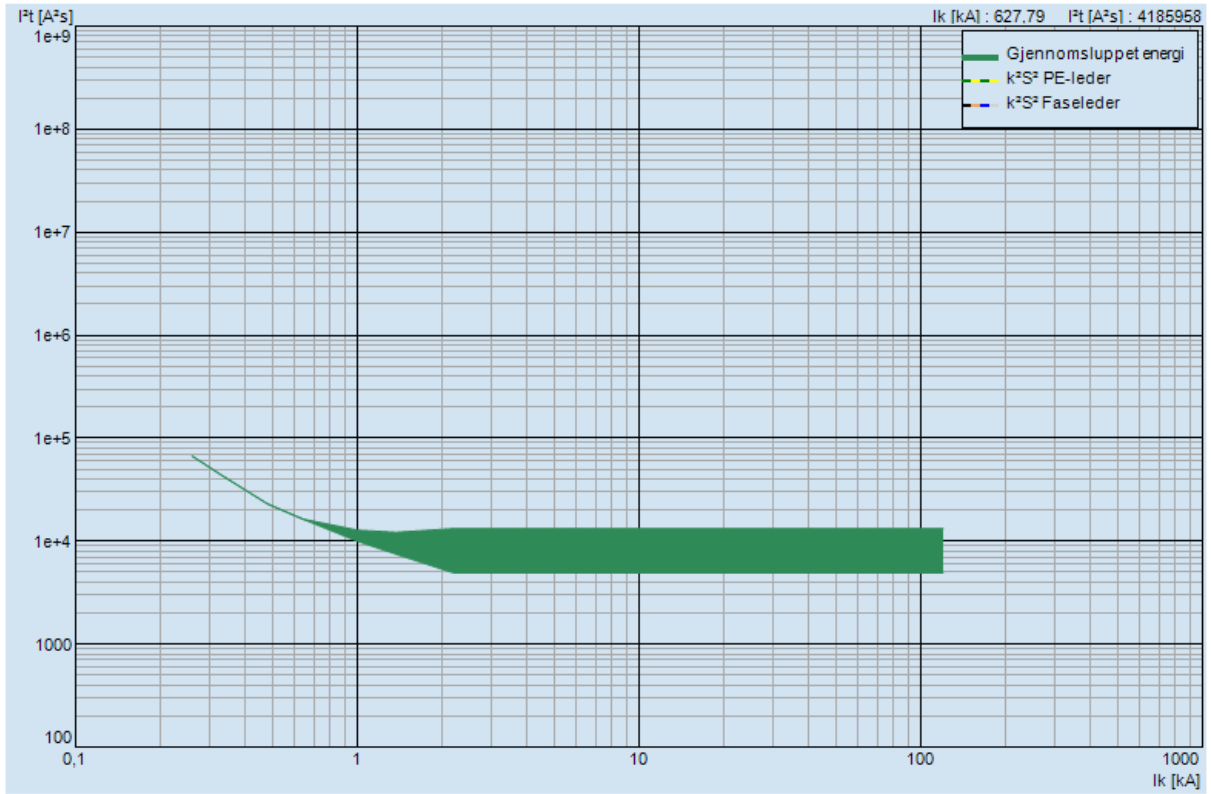
IFÖ: SNABB_SNABB; 20 A; SNABB_SNABB_20



Nominell strøm [A]	Spenningsnivå [V]
20	230
20	400

IFÖ SNABB_SNABB 63 A

IFÖ: SNABB_SNABB; 63 A; SNABB_SNABB_63

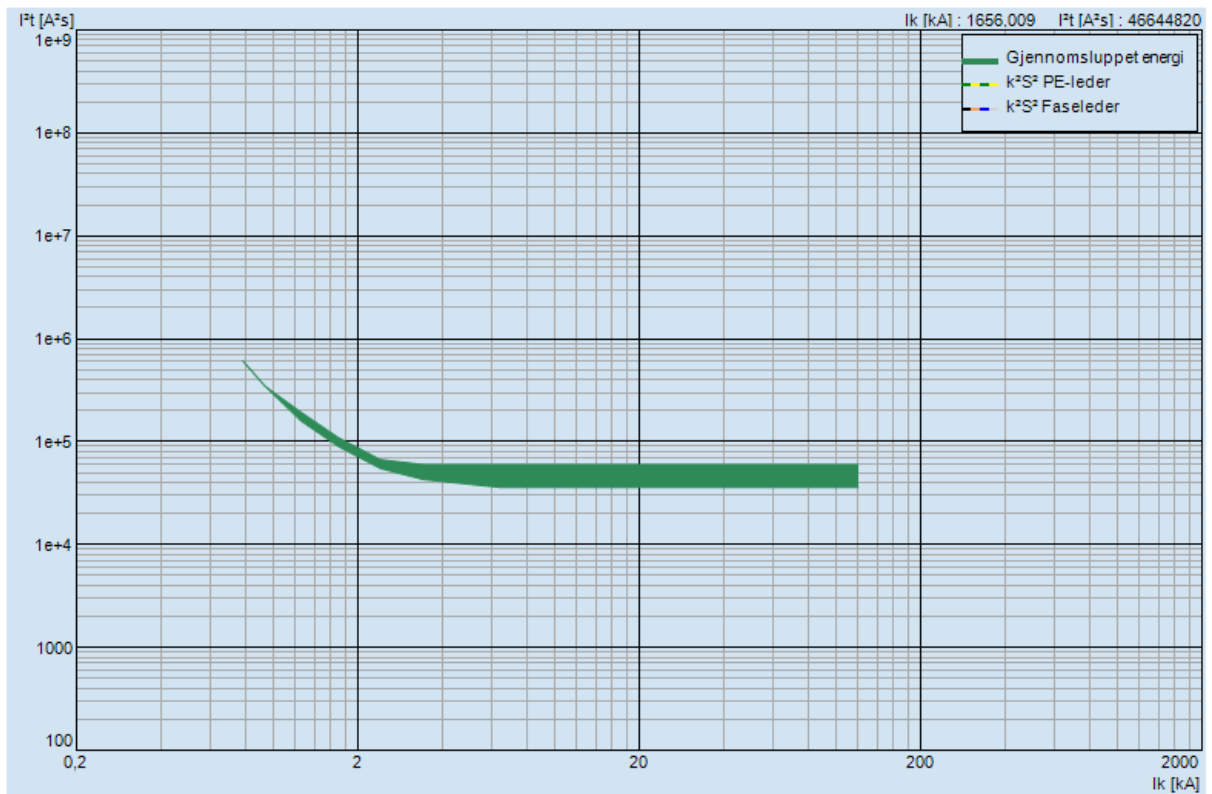


Nominell strøm [A]	Spenningsnivå [V]
63	230
63	400



SIBA NH 2000113_GG_500V_00 125 A

SIBA: 2000113_GG_500V_00; 125 A; 2000113.125_GG_500V_125A_00



Nominell strøm [A]	Spenningsnivå [V]
125	230
125	400

