

**Fordelingssystem
Dimensjonering av overstrømsvern
Feilstrøm
Dimensjonering av jordfeilvern**

NELFO Oslo og Omegn

TNO 2018

FORDELINGSSYSTEM

Vi bruker jordingsprinsipp, føring av nøytral og beskyttelsesledere for å skille de forskjellige fordelingsystemene fra hverandre.

Her betyr:

Første bokstav: fordelingsystemets forhold til jord.

- T: direkte forbindelse fra et spenningsførende punkt til jord, vanligvis transformatorens nøytralepunkt til jord.
- I: alle spenningsførende deler er isolert fra jord, eller eventuelt høy impedans forbindelse (Disneuter).

Andre bokstav: utsatte ledende delers forhold til jord.

- N: direkte elektrisk forbindelse mellom utsatte ledende deler og systemets jord (nøytralepunkt).
- T: direkte elektrisk forbindelse mellom utsatte ledende deler og installasjons egen jordelektrode.

Tredje og fjerde bokstav: føring av PE og N – leder.

- C: PE og N – leder føres som felles PEN – leder.
- S: PE og N leder føres som separate ledere.
- C – S: PE og N-leder føres som fellesleder – PEN i fordelingsnett, og som separate ledere – PE og N i installasjons fordeling.

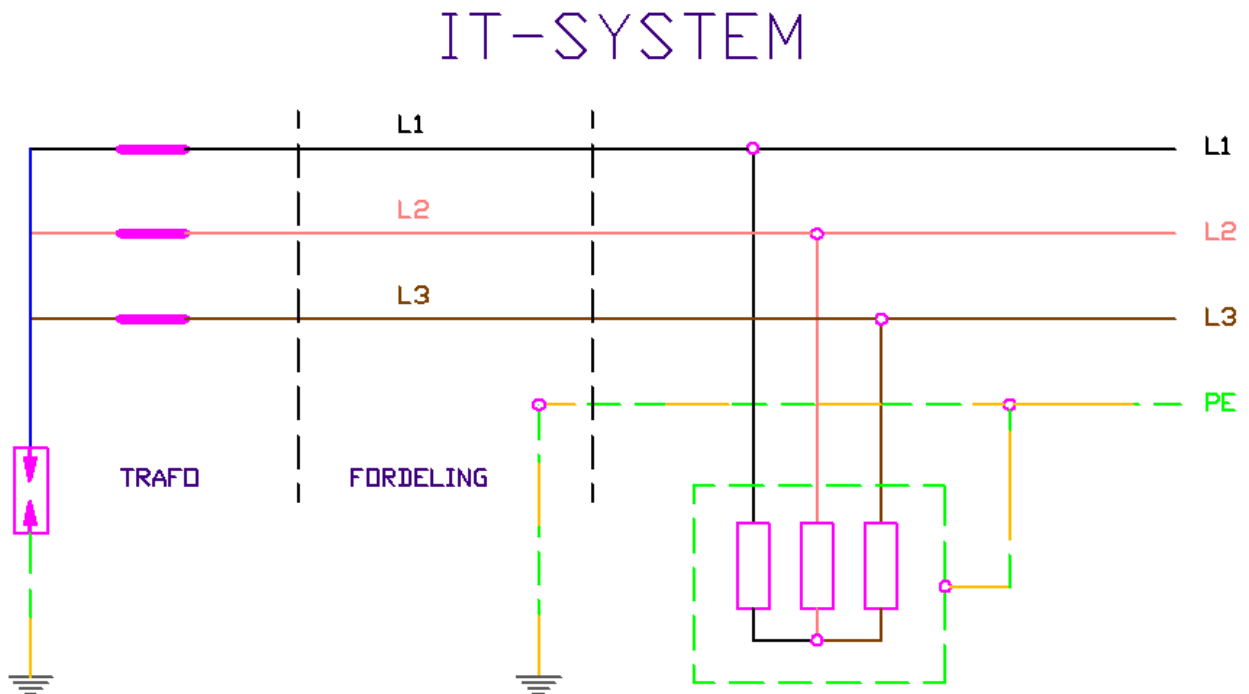
IT – nett

IT – systemet er isolert fra jord eller forbundet til jord over en høy impedans, enten i transformatorens nøytralt punkt eller i et kunstig nøytralt punkt. Utsatte deler i den elektriske installasjonen er forbundet til en jordelektrode.

IT – system med gjennomslagsvern er mest bruk i alminnelig forsyning. I en 230V IT system, vil et gjennomslagsvern (overspenningsvern) ha en høy impedans så lenge det er normal spenning mellom fase og jord ($U/\sqrt{3}$, U_{fase}), men ved fasespenning over ca. 500V, vil vernet kortslutte og spenning mellom fasene og jord blir ”låst” til fasespenning. Et IT – system med et kortsluttet gjennomslagsvern fungerer som et TT – system.

IT – system med spenning opp til og med 230V kan benyttes til alle formål. I industrisammenheng kan systemet brukes til drift av motorer og andre tekniske innretninger ved 400, 690, 1000V.

I IT – system overstiger feilstrømmer ved første jordfeil sjelden en ampere og forventet berøringspenning er derfor lav. Med visse tilleggskrav så må ikke anlegget utkobles ved første jordfeil. IT – systemet benyttes derfor på de installasjoner som krever høy driftssikkerhet.



IT_System med gjennomslagsvern er mest brukt i alminnelig forsyning.

Når spenningen mellom fase og jord overstiger ca. 500V, vil gjennomslagsvern kortslutte, spenningen mellom fase og jord blir på normalverdi - $U/1,73$.

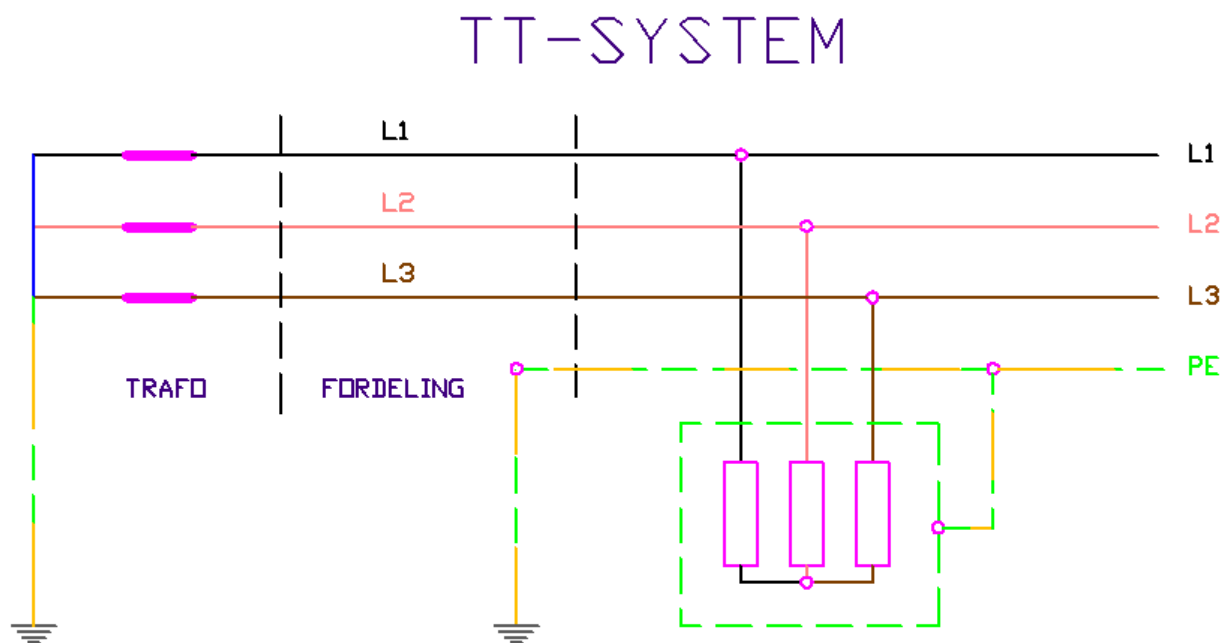
TT – nett

TT – system har ett punkt, vanligvis transformatorens nøytralepunkt direkte forbundet til jord. Alle utsatte deler er forbundet til installasjonens egen hoved jordelektrode, hvis anlegget har flere jordelektroder.

TT – system kan bare benyttes ved spenning til og med 230V.

Forskriften krever at TT – system skal benyttes jordfeilvern som beskyttelse mot elektrisk sjokk ved feil. Dette gjør systemet lite driftssikkert.

På deler av sør – og vestlandet, og enkelte steder nordpå er dette tradisjonelt det dominerende systemet for allmenn forsyning. Systemet er ikke så mye brukt ved nye utbyggingsprosjekter.



TT-System kan bare benyttes ved spenninger til og med 230V.

TT-System skal beskyttet mot elektrisk sjokk ved feil- FEL, kap. 21-(Jordfeilbryter).

I Norge er ikke TT-system mye brukt ved nye prosjekter.

TN – nett

TN – system har et punkt direkte forbundet til jord, vanligvis transformatorens nøytralpunkt. Utsatte deler er forbundet til dette punktet med PEN – eller PE – ledere. Det kan etableres tilleggsjording av beskyttelsesleder inne i installasjonen. Dersom det opprettes egen jordelektrode for TN – systemet, bør dette jordsystemet også koples sammen med tilførselskretsens jordsystem.

For industrianlegg og til spesielle formål (oljeproduksjonsplattformer, skip) kan systemet benyttes ved alle spenninger som dekkes av denne normen, men for andre formål setter FEL en øvre grense på 230/400V.

TN – system er basert på automatisk utkopling ved første feil, derfor bør systemet ikke benyttes der det er viktig å opprettholde strømforsyningen også etter at det har oppstått feil i installasjonen. Forskriften tillater ikke TN – system i deler av sykehusinstallasjoner og nødstrømsinstallasjoner.

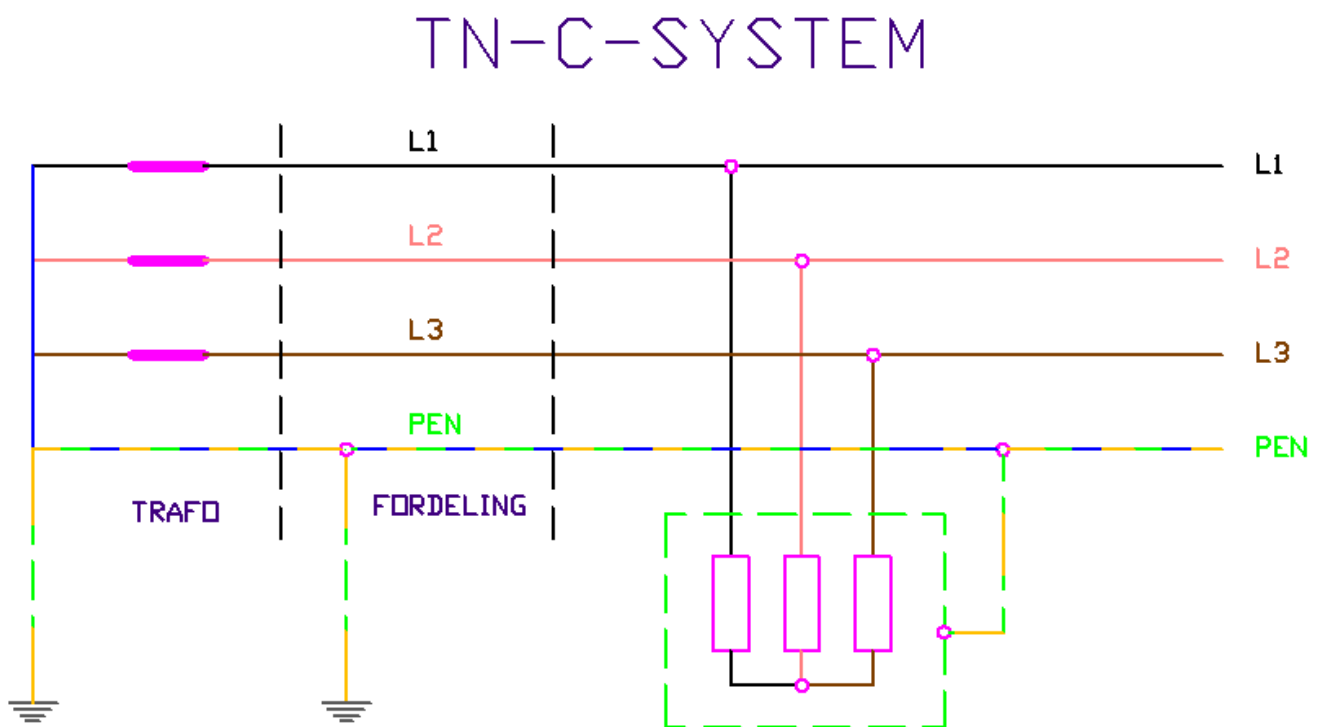
TN – C – system

Hvor N – leder og beskyttelsesleder er kombinert i en leder (PEN) i hele forsyningsnettet.

TN – C – system er utført som nettselskapets forsyningsnett.

TN – C – system er ikke tillatt i EX – områder (eksplosjonsfare områder).

I bygninger, kan TN – C – system kun benyttes for forsyning frem til hovedfordeling. Etter fordeling skal N – og PE – leder være adskilt.



TN-C-System er brukt som energiverkets eller nettleierens fordelingsystem.

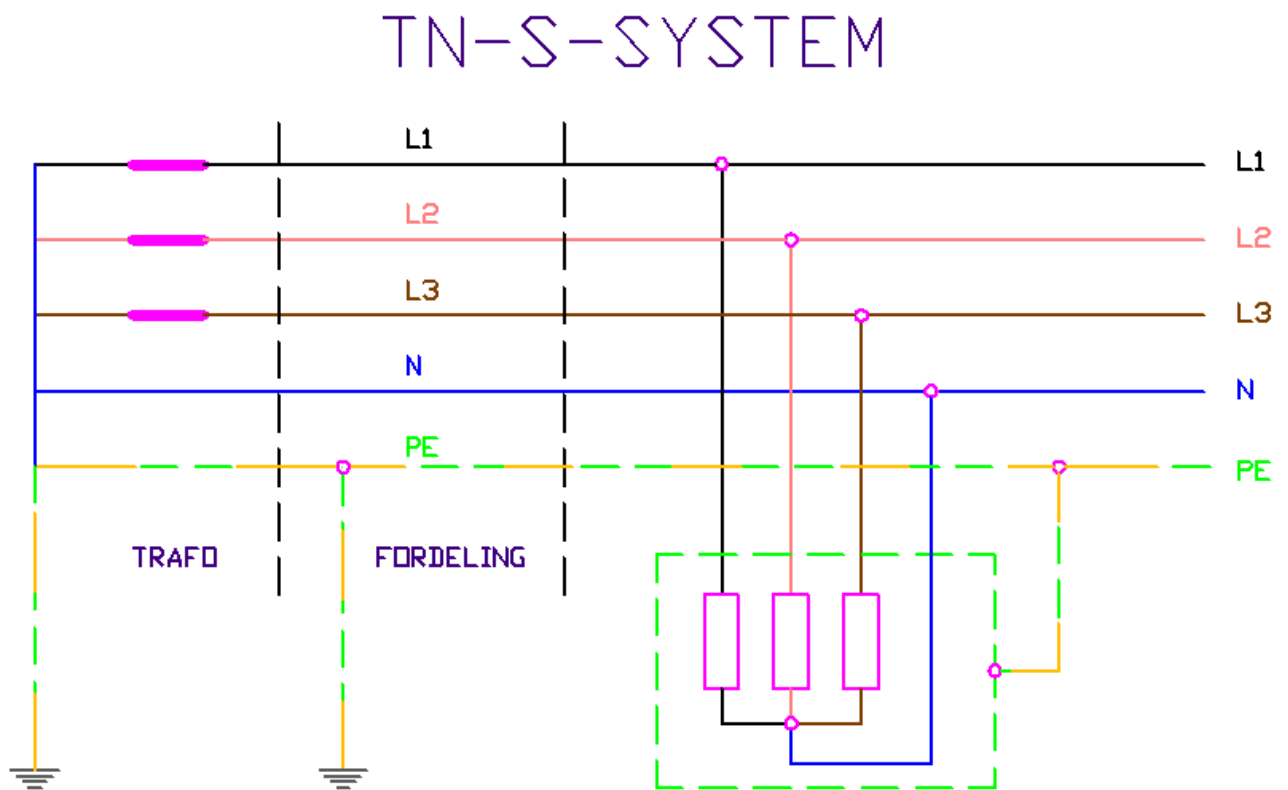
TN-C-System tillates ikke brukt etter første fordeling.

Etter hovedfordeling skal N- og PE-leder være adskilt (TN-C-S-system).

TN – S – system

Hvor det er benyttet separat N – leder og beskyttelsesleder – PE helt fra strømkilden og gjennom hele installasjonen.

TN – S – system er lite kostnadseffektiv. Fordelingssystemet er mest aktuelt der transformatoren er plassert i direkte tilknytning til den enkelte installasjonen.



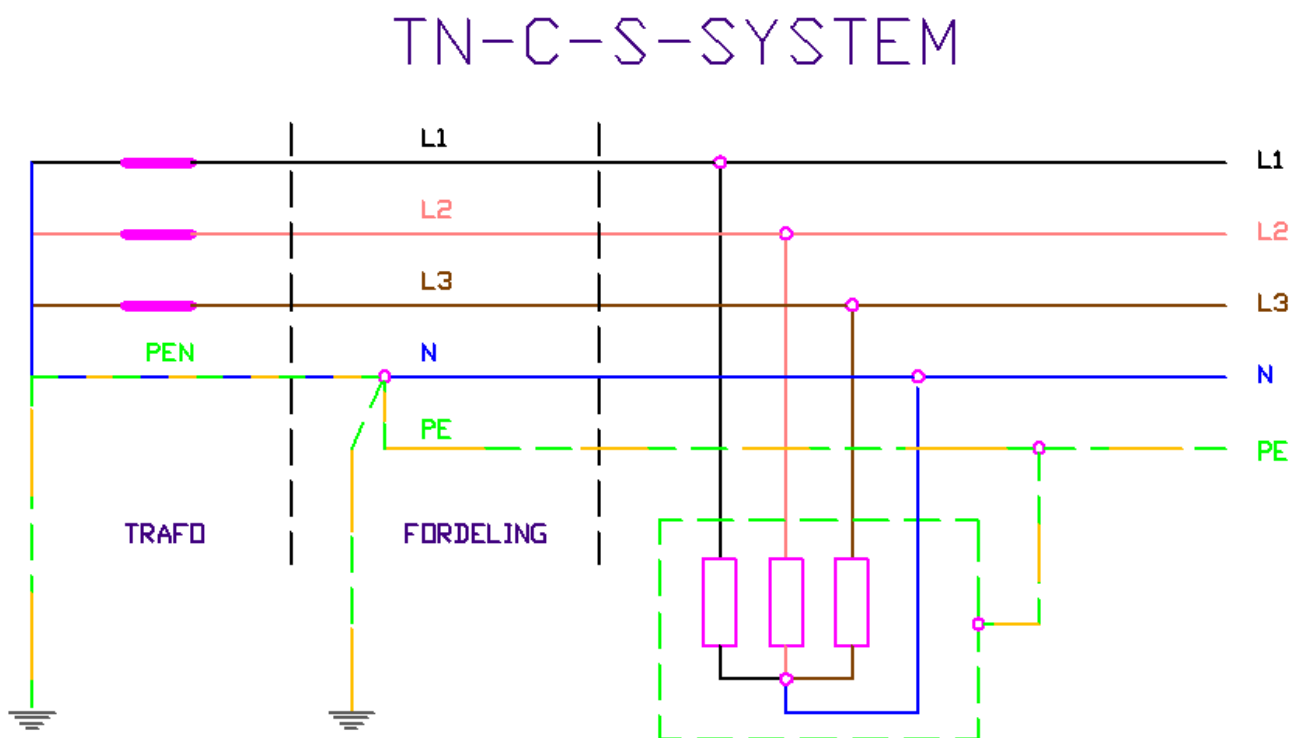
TN-S-System er en lite kostnadseffektiv løsning.

TN-S-System er benyttet der trafo er plassert ved tilknyttet installasjonen.

TN – C – S – system

Hvor N – leder og beskyttelsesleder er kombinert i en enkel leder i en del av forsynningssystemet. Etter første fordeling skal N-leder og PE – leder være separert.

TN – C – S – system er mest brukt TN – system i Norge.



TN-C-S-System (TN-C, så TN-C-S) er det mest brukte TN-System i Norge.

I Norge er TN-C-System (PEN-leder) bak leveringspunktet ikke tillatt.

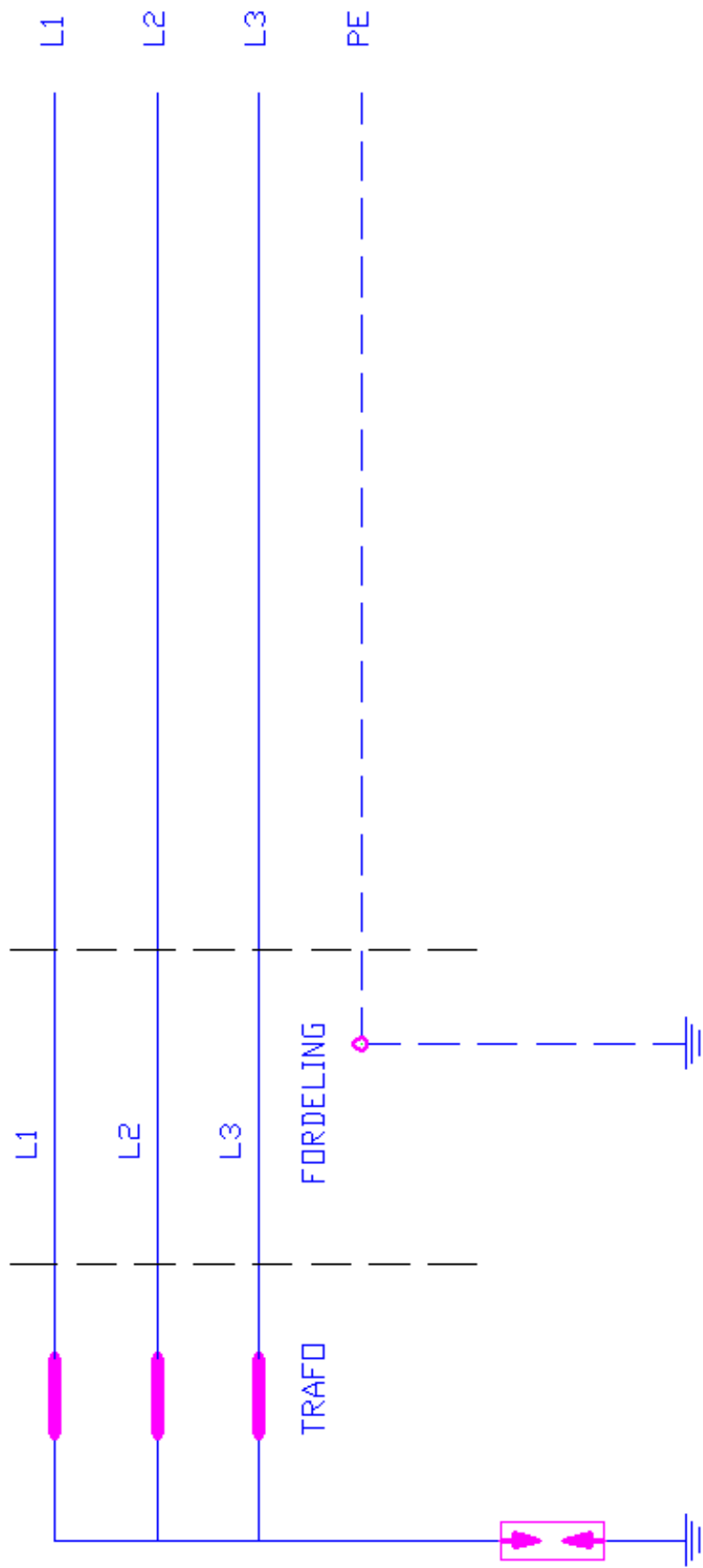
TN-C-S-System er ikke tillatt i deler av sykehusinstallasjoner/nødstrøminstallasjon.

1.4. Frekvens – og spenningsnivå offshore og onshore

For oljeproduksjonsplattformer brukes det i dag praktisk talt bare lavspenningsanlegg med direkte jordet nøytralepunkt, men her bruker man et 60Hz, 440V, TN – S – system. Boreplattformer har derimot normalt 60Hz, 440V TN – C – system med direkte jordet nøytralepunkt.

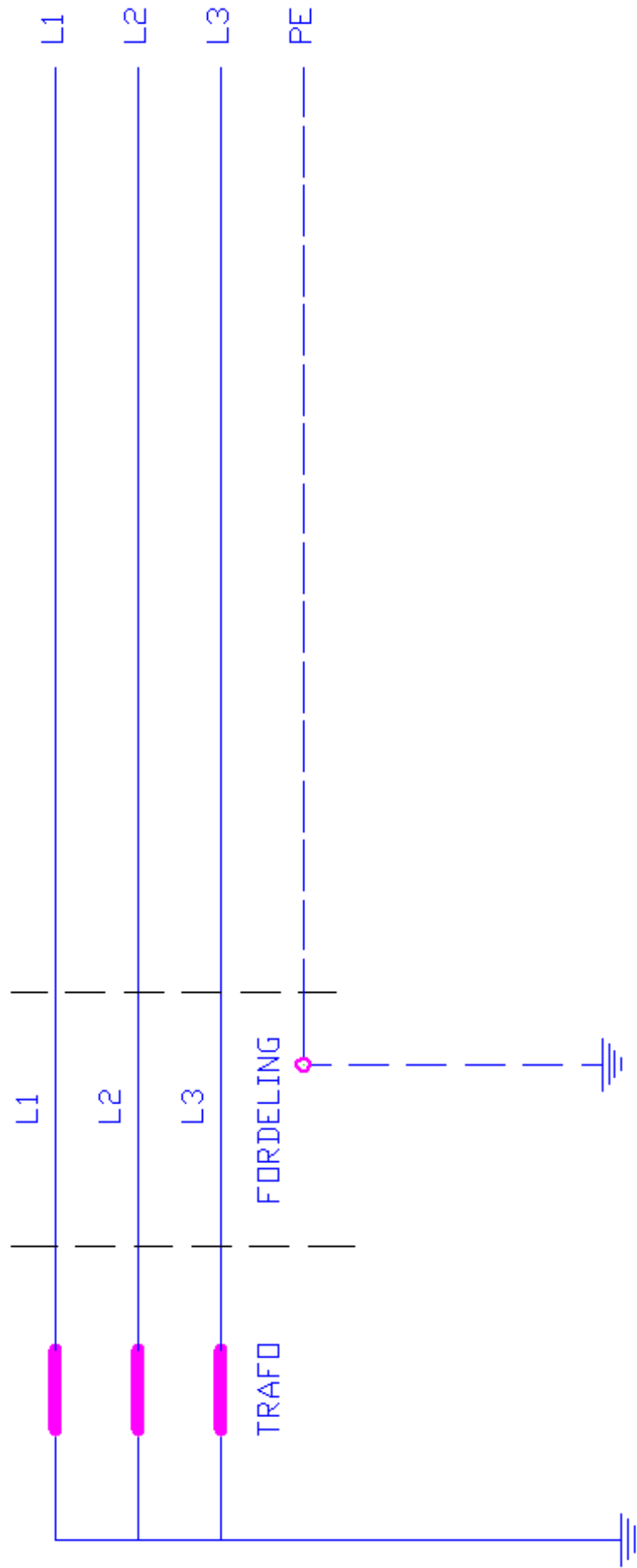
På fastlandet benyttes et 50 Hz frekvensnivå på spenningssystemer.

OPPGAVE 1



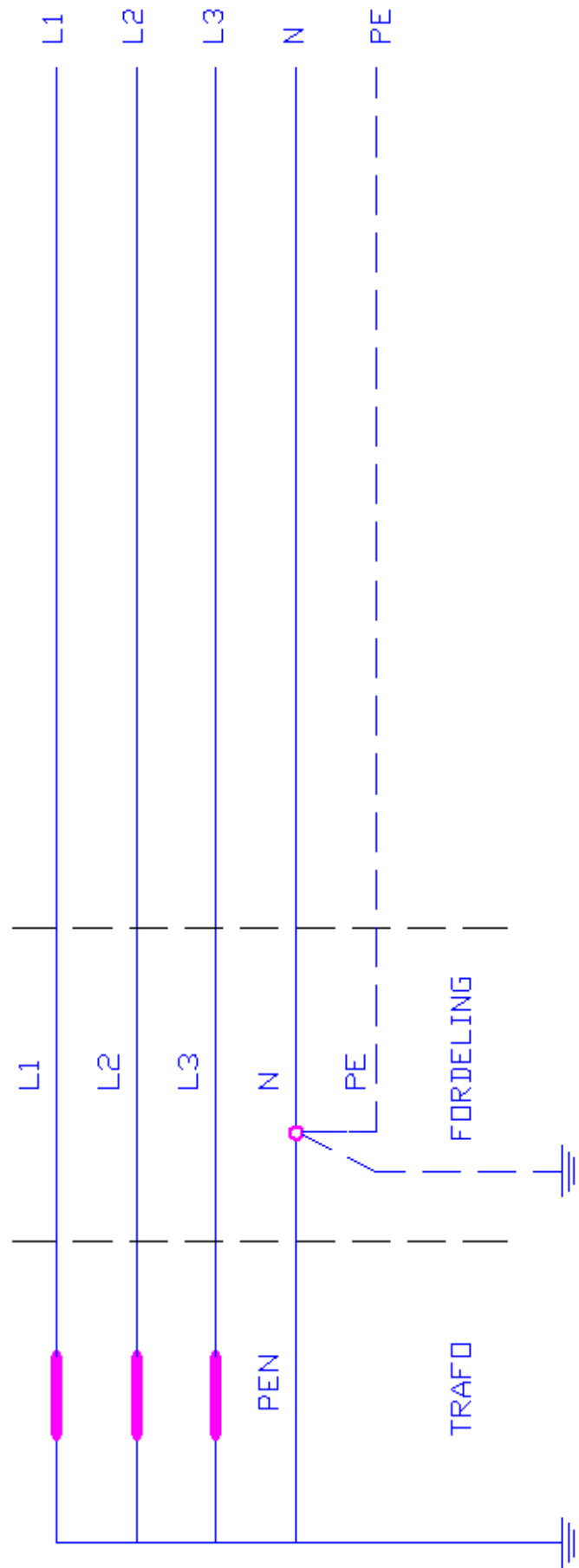
- Hvilken type nett er dette?
- Hva er fasespenningen?
- Hva er spenning mellom fasene (hovedspenning)?
- Hvordan vil du kople en 3fase motor (230V) på dette nettet?
- Tegn inn en 2fase og en 3fase stikkontakt!

OPPGAVE 2



- Hvilken type nett er dette?
- Hva er fasespenningen?
- Hva er spenning mellom fasene (hovedspenning)?
- Hvordan vil du kople en 3fase motor (230V) på dette nettet?
- Tegn inn en 2fase og en 3fase stikkontakt!

OPPGAVE 3



- Hvilken type nett er dette?
- Hva er fasespenningen?
- Hva er spenning mellom fasene (hovedspenning)?
- Tegn inn en stikkontakt kurs (230V)!
- Tegn inn en 3fase + N stikkontakt!
- Hvordan vil du kople en 3fase motor (400V) på dette nettet?

DIMENSJONERING AV OVERSTRØMSVERN

FEL § 23: Mennesker, husdyr og eiendom skal være beskyttet mot skade fra for høye temperaturer eller elektromekaniske påskjenninger som skyldes noen form for påregnelige overstrømmer i strømsførende ledere.

BESKYTTELSE MOT OVERBELASTNINGSTRØM – NEK 400 – 431.4 og NEK 400-533.2

For generelle elektriske installasjoner:

431.4 Beskyttelse mot overstrømmer er anordnet dersom de to følgende krav er tilfredsstilt:

$$\begin{aligned} I_n &\leq I_z \\ I_2 &\leq 1,45 \cdot I_z \end{aligned}$$

533.2 Utstyr for beskyttelse mot overbelastningsstrømmer skal tilfredsstille følgende formler:

$$\begin{aligned} I_b &\leq I_n \leq I_z \\ I_2 &\leq 1,45 \cdot I_z \end{aligned}$$

I_b : Den dimensjonerende lastestrøm for kursen.

I_n : Vernets nominelle strøm.

I_z : Den kontinuerlige strømføringsevne for kabelen.

I_2 : Strømmen som sikre utkopling av vernet inne en fastsatt tid.

Strømføringsevne:

Strømføringsevnen til en kabel er avhengig av:

- Materiell: Cu, Al...
- Isolasjon: PVC, PEX...
- Antall leder
- Tverrsnitt
- Forlegningsmåte

+ Korreksjonsfaktorer for omgivelsestemperatur, og/ eller reduksjonsfaktor grupper.

NEK 400 - 533.2: Beskyttelse av ledningssystem mot overbelastning (gjelder ikke for bolig – NEK 400 - 823.533.2)

Når vernet beskytter et PVC ledningssystem med ledertverrsnitt opptil 4mm² skal vernets merkestrøm være:

Tverrsnitt (mm ²)	Forlegningsmåte: A1 og A2	Forlegningsmåte: B, C, D, E, F, G
1,5	$I_n \leq 10A$	$I_n \leq 13A$
2,5	$I_n \leq 16A$	$I_n \leq 16A$
4	$I_n \leq 20A$	$I_n \leq 25A$

For elektriske boliginstallasjoner – NEK 400 – 823.431.4:

Brytekarakteristikken til vern som skal beskytte en leder med ledertverrsnitt mindre eller likt med 4 mm² Cu mot overbelastning skal tilfredsstillende følgende to krav:

Krav 1. $I_b \leq I_n$

Krav 2. $I_2 \leq I_z$

I_b : Den dimensjonerende lastestrøm for kursen.

I_n : Vernets nominelle strøm.

I_z : Den kontinuerlige strømføringsevne for kabelen.

I_2 : Strømmen som sikre utkopling av vernet inne en fastsatt tid.

Dette medfører at vi har et mer skjerpende krav til elektriske boliginstallasjoner enn NEK 400 - 533.2 for generelle installasjoner (se eksempel nede!). Vi kan derfor se bort fra dette kravet i elektriske boliginstallasjoner – NEK 400 - 823.533.2.

Vern: B, C, D – karakteristikk

10A $I_2 = 1,45 \cdot 10A = 14,5A$

13A $I_2 = 1,45 \cdot 13A = 18,9A$

16A $I_2 = 1,45 \cdot 16A = 23,2A$

20A $I_2 = 1,45 \cdot 20A = 29A$

25A $I_2 = 1,45 \cdot 25A = 36,3A$

PR på vegg, 30 °C – forlegningsmåte C

$2 \times 1,5\text{mm}^2$ $I_z = 19,5\text{A}$

$2 \times 2,5\text{mm}^2$ $I_z = 27\text{A}$

$2 \times 4\text{mm}^2$ $I_z = 36\text{A}$

PN i rør i vegg, 30 °C – forlegningsmåte A1

$2 \times 1,5\text{mm}^2$ $I_z = 14,5\text{A}$

$2 \times 2,5\text{mm}^2$ $I_z = 19,5\text{A}$

$2 \times 4\text{mm}^2$ $I_z = 26\text{A}$

$2 \times 6\text{mm}^2$ $I_z = 34\text{A}$

Dette medfører blant annet at vi kan ikke bruke et 16A med B, C og D karakteristikk vern for å beskytte en kurs med $2,5\text{mm}^2$ PN (forlegningsmåte A1) i elektriske boliginstallasjoner. Det har kommet ut på markedet vern med Bk, Ck karakteristikk, hvor $I_2 = 1,2 \cdot I_n$. (ABB – vern) eller vern med B, C karakteristikk hvor $I_2 = 1,39 \cdot I_n$ og 15A, 20A vern med $I_2 = 1,3 \cdot I_n$ (Møller). Disse vern er laget for å tilfredsstille krav 2 for elektriske boliginstallasjoner, og kan benyttes hvor vi ønsker å beskytte en kurs (PN– forlegningsmåte A1) med et vern som er større enn 13A.

FEL § 27: Spenningsfall i forbrukerens anlegg:

Anlegget skal være planlagt og utført slik at spenningsfall i anlegget ikke er til hinder for at utstyret får den spenningen det er beregnet for.

NEK 400 - 525:

Spenningsfallet mellom installasjons matepunkt og det elektriske utstyret bør ikke være høyere enn gitt i NEK 400 - tabell 52F-1.

Tabell 52F-1 – Spenningsfall

Type installasjon	Belysning [%]	Annet bruk [%]
A – Lavspenningsinstallasjoner direkte tilknyttet et offentlig forsyningssystem	3	5
B – Lavspenningsinstallasjoner som forsynes fra et privat lavspenningsforsyning ^a	6	8

^a Så langt det er mulig anbefales det at spenningsfallet til og med forbrukerkurser ikke overstiger verdiene for installasjoner type A

Der hovedkursene i en installasjon er lenger enn 100 m kan disse spenningsfallene øke med 0,005 % pr. m for ledningssystemet som overstiger 100 m, uten at dette tillegget blir høyere enn 0,5 %.

Spenningsfallet er bestemt av kravene til forbruksutstyret, med bruk av reduksjonsfaktor der det er anvendelig, eller av verdier fra prosjekterte strømmer i kursene.

Følgende formler for spenningsfall kan benyttes:

Enfase:

$$\Delta u = \frac{I \cdot \rho \cdot \ell \cdot 2 \cdot \cos\varphi}{A}$$

$$\Delta u = \frac{P \cdot \rho \cdot \ell \cdot 2}{U_0 \cdot A}$$

Tofase:

$$\Delta u = \frac{I \cdot \rho \cdot \ell \cdot 2 \cdot \cos\varphi}{A}$$

$$\Delta u = \frac{P \cdot \rho \cdot \ell \cdot 2}{U \cdot A}$$

Trefase:

$$\Delta u = \frac{\sqrt{3} \cdot I \cdot \rho \cdot \ell \cdot \cos\varphi}{A}$$

$$\Delta u = \frac{P \cdot \rho \cdot \ell}{U \cdot A}$$

Δu : Spenningsfall (V)

U : Hoved spenning (V)

U_0 : Fasespenning (V)

ρ : resistivitet ($\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$)

For Cu $\rho = 0,0178 \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$

For Al $\rho = 0,0278 \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$

I : belastningsstrøm (A)

P : lasteffekt (W)

ℓ : kabellengde (m)

$\cos\varphi$: lastens effektfaktor

A : ledertverrsnitt (mm^2)

Spenningsfall i prosent:

$$\Delta U\% = \frac{\Delta u \cdot 100\%}{U}$$

BESKYTTELSE MOT KORTSLUTNING – NEK 400 – 431.5 og NEK 400 – 533.3

Kurser skal være beskyttet av vern som skal kunne bryte enhver kortslutningsstrøm i ledere før strømmen i ledere og forbindelser gir farlige termiske og mekaniske virkninger.

Beskyttelse mot kortslutningsstrømmer – NEK 400 – 431.5.1

Forventet kortslutningsstrøm skal bestemmes for hvert aktuelt punkt/ sted i installasjon. Dette kan utføres enten ved beregning eller ved måling.

Ved belastningsstrøm I_z , kabelens temperatur $t = 70 \text{ }^\circ\text{C}$ (PVC)

NEK 400 – 431.5.2

Vernets bryteevne skal ikke være mindre enn den høyeste forventede kortslutningsstrømmen på det stedet vernet installert.

$$I_{cu} / I_{cs} \geq I_{kpmax}$$

Vernets bryteevne:

I_{cu} : Ultimat bryteevne hvor produsenten garanterer kun en utkobling før vernet tar skade.

I_{cs} : Service bryteevne hvor produsenten garanterer flere utkoblinger før vernet tar skade.

I_{kpmax}: I_{kp3max}, I_{kp2max} eller I_{kp1max}

$$I_{k2pmax} = \frac{I_{k3pmax}}{1,15}$$

For å hindre at kretsens minste kortslutningsstrøm fører til overoppheting og påfølgende brannfare, kan feilstrømmen være større enn kretsens overstrømsverns I₅ – minste strøm som vernet garanterer en elektromagnetisk utkopling.

$$I_5 \leq I_{kpmin}$$

Om vernet har B, C, D... karakteristikk:

$$I_5 = 5 \cdot I_n \quad \text{eller} \quad I_5 = 10 \cdot I_n \quad \text{eller} \quad I_5 = 20 \cdot I_n$$

Formel for beregning av kortslutningsstrømmer

Formler gjelder for IT – og TT – system, for TN – system kan tabeller benyttes. Der skal vi ikke beregne kortslutningsstrøm, men sammenligne maks tillatte kurslengde ved forskjellige vernstørrelser. Eksempel er tabell i montørhåndbok.

Største kortslutningsstrøm:

$$I_{k3pmax} = \frac{1,1 \cdot U_n}{\sqrt{3} \cdot [Z_{ytre} + (R_{fase} \cdot \ell)]}$$

1,1: normert spenningsfaktor

U_n: hovedspenning (V)

Z_{ytre}: impedans i foranliggende nett (mΩ) – tabell 5.6a

R_{fase}: faseresistans i kabelen (mΩ/m) – tabell 5.6.c

ℓ: kabellengde (m).

Tofase høyeste kortslutningsstrøm:

$$I_{k2pmax} = \frac{I_{k3pmax}}{1,15}$$

Formel for å beregne minste kortslutningsstrøm

Minste kortslutningsstrøm:

$$I_{k2pmin} = \frac{0,95 \cdot U_n}{2 \cdot 1,2 \cdot [Z_{ytre} + (R_{fase} \cdot \ell)]}$$

U_n: hovedspenning (V)

Z_{ytre}: impedans i foranliggende nett (mΩ) – tabell 5.6b

ℓ: kabellengde (m).

R_{fase}: faseresistans i kabelen (mΩ/m) – tabell 5.6.c

2: ledningslengde fram og tilbake

1,2: faktor for å omregne resistans i Cu fra 20 °C til 70 °C (PEX, EPR – isolasjon benyttes 1,28)

NEK 400 – 431.5.3

Ledere i kursen skal være beskyttet av et overstrømsvern som er i stand til å bryte kortslutningsstrømmen før isolasjon til kabel og ledere når sin maksimale tillatte temperatur ved feil.

533.3.1.1

$$t = \frac{k^2 \cdot S^2}{I^2}$$

Her er: **t**: varighet i sekunder

S: ledertverrsnitt i mm²

I: kortslutningsstrøm, effektivverdi, i ampere

k: konstant avhengig av kabelens ledermateriale og isolasjon (tabell 53A)

Tabell 43A - Verdier av *k* for ledere

Egenskap/ forhold	Type av lederisolasjon							
	PVC Termoplastisk		PVC Termoplastisk 90 °C		EPR XLPE Herdeplastisk	Gummi 60 °C Varmeherdende	Mineral PVC kappe	Mineral uten kappe
Ledertverrsnitt mm ²	≤ 300	> 300	≤ 300	> 300				
Starttemperatur °C	70		90		90	60	70	105
Sluttemperatur °C	160	140	160	140	250	200	160	250
Leder materiale:								
Kobber	115	103	100	86	143	141	115	135 - 115 ^a
Aluminium	76	68	66	57	91	93	-	-
Tinnloddede skjøter i kobberledere	115	-	-	-	-	-	-	-
^a Denne verdien skal bare brukes for uisolerte ledninger som er utsatt for berøring.								
MERKNAD 1 – Andre verdier av <i>k</i> er under overveielse for: <ul style="list-style-type: none"> • små ledere (spesielt for ledertverrsnitt < 10 mm²), • andre typer av skjøter i ledere, og • uisolerte ledere. MERKNAD 2 – Merkestrømmen for kortslutningsvernet kan være større enn lederens strømføringsevne. MERKNAD 3 – Faktorene ovenfor er basert på NEK IEC 60724. MERKNAD 4 – Se NEK 400-5-54, Tillegg 54A for beregningsmetode for faktoren <i>k</i> .								

Når beregnende tid, $t < 0,1$ s og når kretser som bare har kortslutningsbeskyttelse må man kontrollere at den energien som vernet slipper gjennom, i løpet av bryteprosessen er mindre enn den energien kabelen tåler. Data for den energi vernet slipper gjennom oppgis av vernprodusent / leverandør

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

$I^2 \cdot t$: vernets gjennomsluppet energi (A²·s)

$k^2 \cdot S^2$: energien kabelen tåler (A²·s)

Vi kan også benytte tabellen ”Maksimal kabellengde i meter som garanterer elektromagnetisk utkopling” i Montørhåndboka) for å finne den lederlengde vernet garanterer å kople ut før den minste kortslutningsstrøm gjør at ledertemperaturen øker fra høyeste tillate verdi i normalt drift til tillatt grensetemperatur for vedkommende leder.

Dimensjonering av overstrømsvern

NEK 400 – 533.2 – Beskyttelse mot overbelastning

1. For generelle installasjoner:

Krav 1. $I_b \leq I_n \leq I_z$

Krav 2. $I_2 \leq 1,45 \cdot I_z$

2. For boliginstallasjoner – NEK 400 - 823.431.4:

Krav 1. $I_b \leq I_n$

Krav 2. $I_2 \leq I_z$

3. NEK 400 - 533.2: Beskyttelse av ledningssystem mot overbelastning, med tverrsnitt opptil 4mm² (gjelder ikke for bolig – NEK 400 - 823.533.2).
4. NEK 400 - 525 – Spenningsfall i forbrukerens anlegg – tabell 52F-1.

NEK 400 – 431.5 og 533.3 – Beskyttelse mot kortslutning

5. Beskyttelse mot kortslutning

$$I_{cu} / I_{cs} \geq I_{kpmax}$$

$$I_5 \leq I_{kpmin}$$

6. Når beregnende tid, $t < 0,1$ s med $t = \frac{k^2 \cdot S^2}{I^2}$ skal vernets gjennomsluppet energi ($I^2 \cdot t$) kontrolleres mot energien kablen tåler ($k^2 \cdot S^2$).

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

7. Alternativ til punkt 5 og 6: tabellen ”Maksimal kabellengde i meter som garanterer elektromagnetisk utkopling” i Montørhåndboka.

	Kurs 1	Kurs 2	Kurs 3	Kurs 4	Kurs 5	Kurs 6	Kurs 7	Kurs 8
Belastningsstrøm – I_b								
Vernets merkestrøm – I_n								
Vernet karakteristikk								
Vernets bryteevne – I_{cn} / I_{cu}								
Vernets termiske utløsestrøm – I₂								
Vernets elektromagnetiske utløsestrøm – I_s								
Forlegningsmåte								
Lederenstverrsnitt								
Lederens strømsføringsevne - I_z								
Korreksjonsfaktor for omgivelsestemperatur - k_t								
Reduksjonsfaktor for gruppe av mer enn en kurs - k_g								
Lederens strømsføringsevne med k_t og k_g								
For generelle inst. I_b ≤ I_n ≤ I_z I₂ ≤ 1,45 · I_z								
For boliginstallasjon I_b ≤ I_n I₂ ≤ I_z								
Spenningsfall								
Kortslutning I_{cu} / I_{cn} ≥ I_{kpmax} I₅ ≤ I_{kpmin}								
Gjennomsluppet energi I² · t ≤ k² · S²								
Maks kabellengde som garanterer elektromagnetiske utkopling								

Oppgaver 4 – 8

Oppgave 4:

Det skal legges varmekabel i et fortau. Det totale varmebehov er på 9kW, og skal dekkes av tre varmekabler, varmekabelens driftspenning er på 230V. Anleggets forsyningsspenningen er på 230V.

- Beregn resistans i hver av varmekablene?
- Hvor mye strøm trekker hver av varmekablene?
- Hvordan vil du kople varmekablene på et trefasede 230V IT – nett (Y eller Δ)? Hvor mye strøm trekker varmekablene fra tilførselleder i dette tilfelle?
- Er det mulig å benytte disse varmekabler til et 400V TN – nett? Hvordan vil du kople dem til et 400V TN – nett? Hvordan blir det med fasestrøm, tilførselsstrøm og den totale effekten varmekabler avgir i dette tilfelle?

Oppgave 5:

Fru Hansen ønsker at det skal monteres fem utelamper ved hennes inngangsport og vei til hennes hus. Lampens effekt er på 100W. Det skal være egen kurs til utelampene. Ledningssystem skal være nedgravd, og avstand til den lengste lampe er på 19m fra sikringsskap.

- Hva slags ytre påvirkninger kan leder til lampene bli utsatt for? Hvilke type leder kan du benytte til lampene?
- Hva er den minste tverrsnitt på leder du kan benytte til kursen (referert fra NEK – 400)?
- Hva er resistansen i lederen (19m) du har valgt til kursen? Finn ut også spenning på ende av kursen (spenningsfall) når spenningen i sikringsskapet er på 230V!

Oppgave 6:

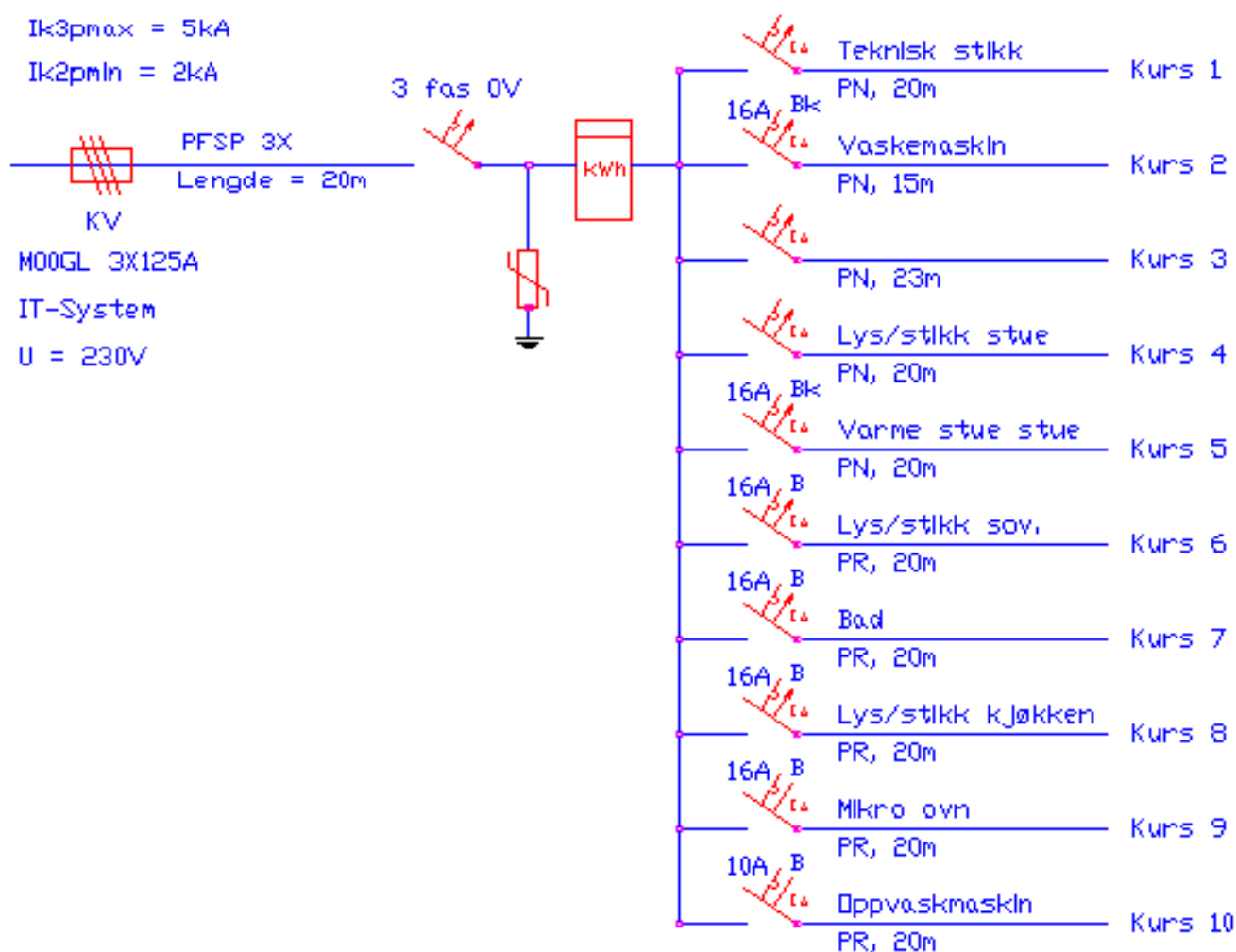
En tre fasede varmvannberedere har en effekt på 5000W, driftsspenning er på 230V.

- Hvor mye strøm trekker V.V.B. fra nettet når den er fullbelastet?

Veien fra fordelingstavlen til V.V.B. går gjennom et fyrrom, temperatur på rommet kan komme opp til 40 °C, eksisterende føringsvei er en perforert kabelbru, der er det 5 kabler fra før.

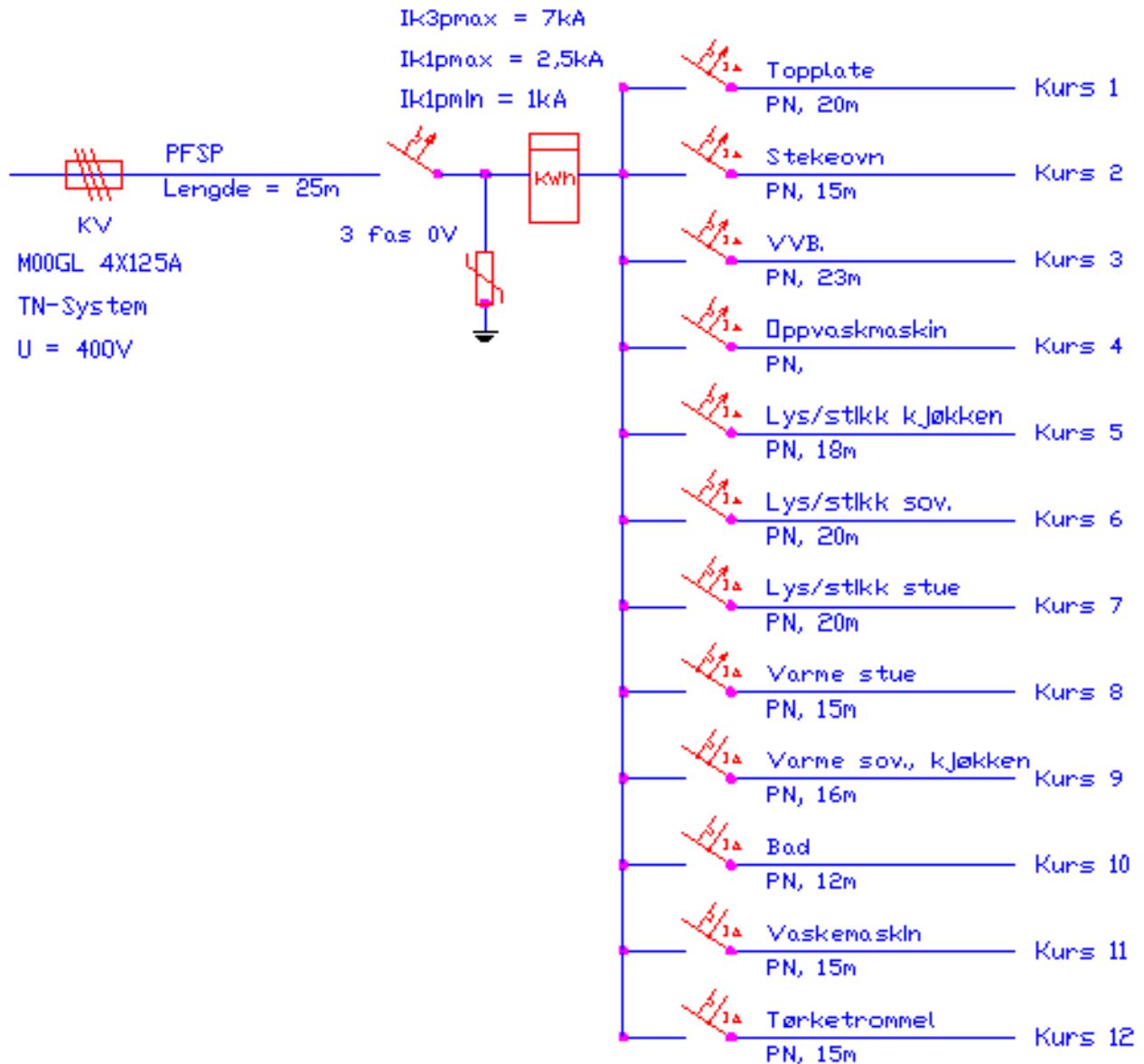
- Dimensjoner vern og kabel for kursen!

Oppgave 7 (boliginstallasjon)



1. Kurs 3 er belastet med en VVB, på 2000W,
Velg overbelastningsvern og kabel for kurs 3 !
2. Dimensjoner overbelastningsvern og kabel for kurs 1 !
3. Dimensjoner overbelastningsvern og kabel for kurs 4 !
4. Dimensjoner 0V og inntakskabel for hele anlegget !
5. Beregn I_{k3pmax} og I_{k2pmin} ved 0V !
6. Ta sluttkontroll for hele anlegget !

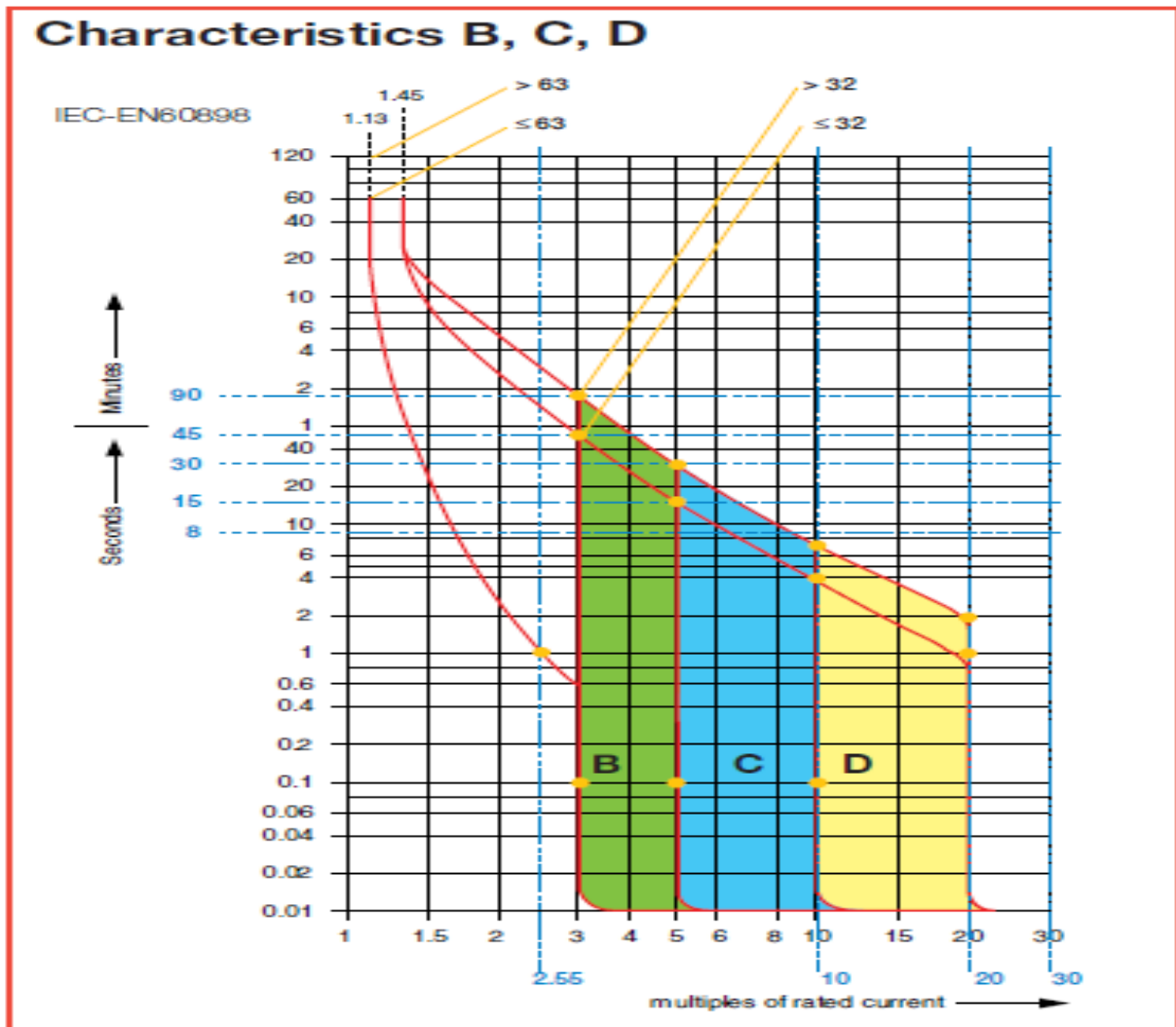
Oppgave 8 (boliginstallasjon)



1. Kurs 3 er belastet med en VVB. på 3000W,
Velg vern og kabel for kurs 3 !
2. Dimensjoner vern og kabel for kurs 4 !
Hva er den maksimale lengde kursen kan ha?
3. Velg vern for kurs 7 og bevis at kabel på kursen
tåler den gjennomsluppet energi ved Iki1pmax !
4. Dimensjoner 0V og Inntakskabel !

VERNDATA

UTLØSINGSKARAKTERISTIKKER ELEMENTAUTOMATER FRA ABB

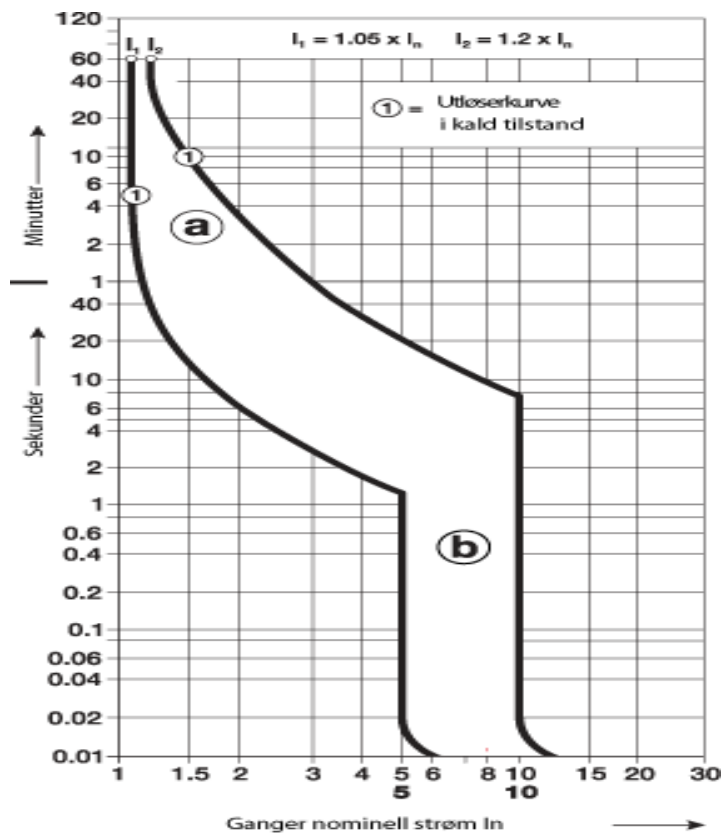
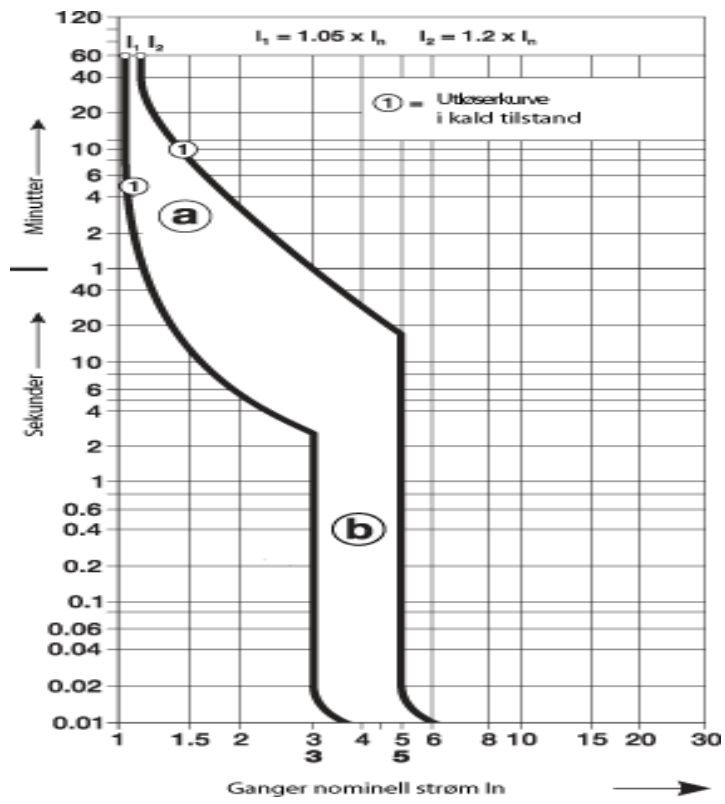


Karakteristikk B: kvikk

Karakteristikk C: treg

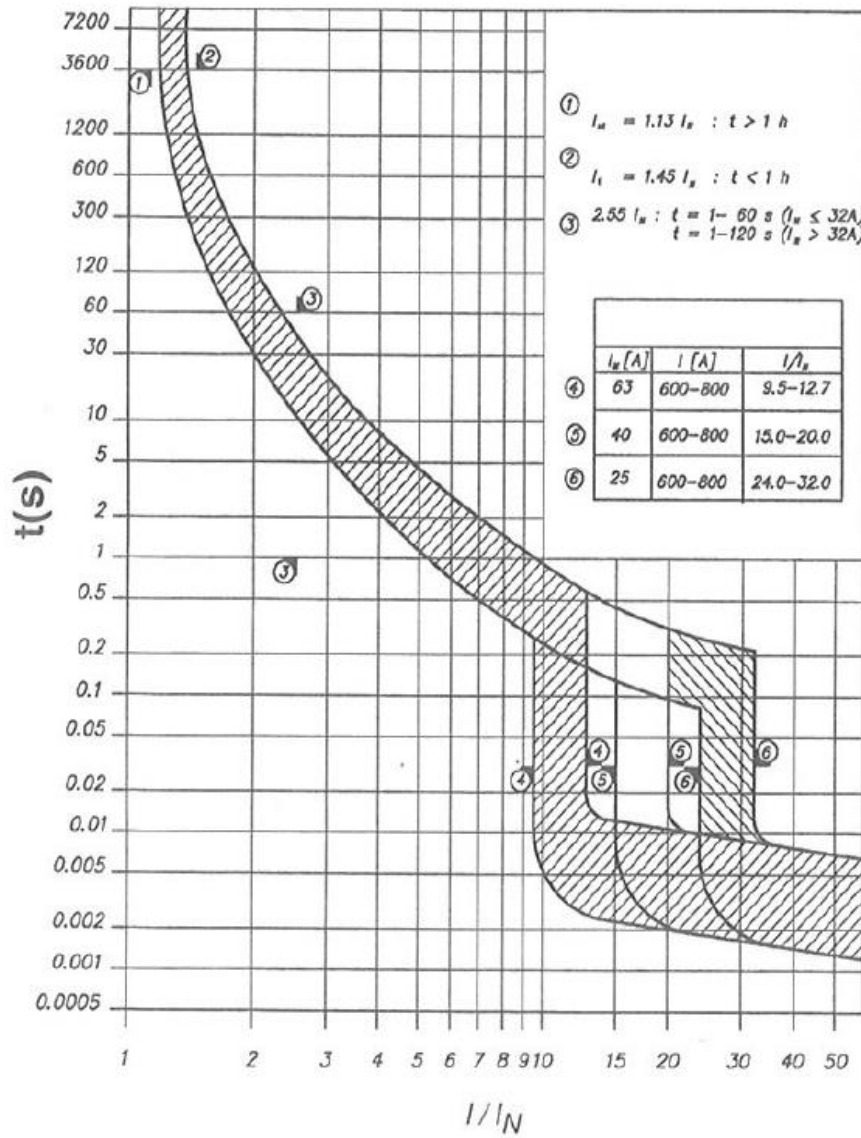
Karakteristikk D: svært treg

DS202C M i Bk karakteristikk
 DS202C M i Ck karakteristikk



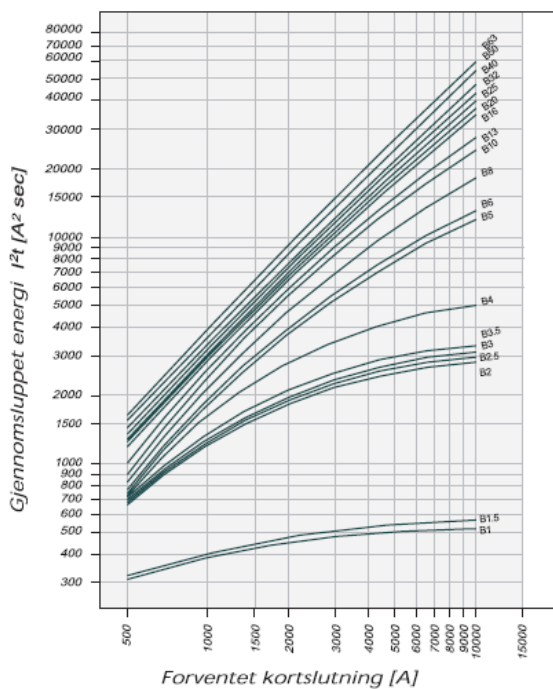
UTLØSERKURVER PLSM - .../.../OV

$$I_N = 25, 40, 63 \text{ A}$$

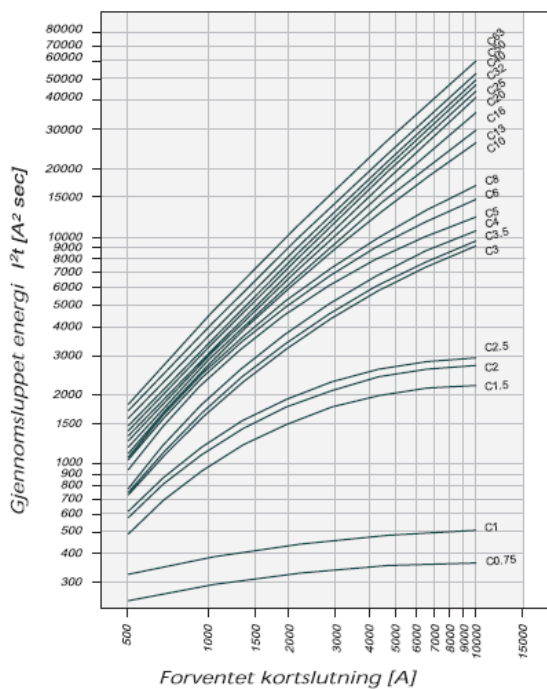


GJENNOMSLUPPET ENERGI PLSM, B- og C-karakteristikk

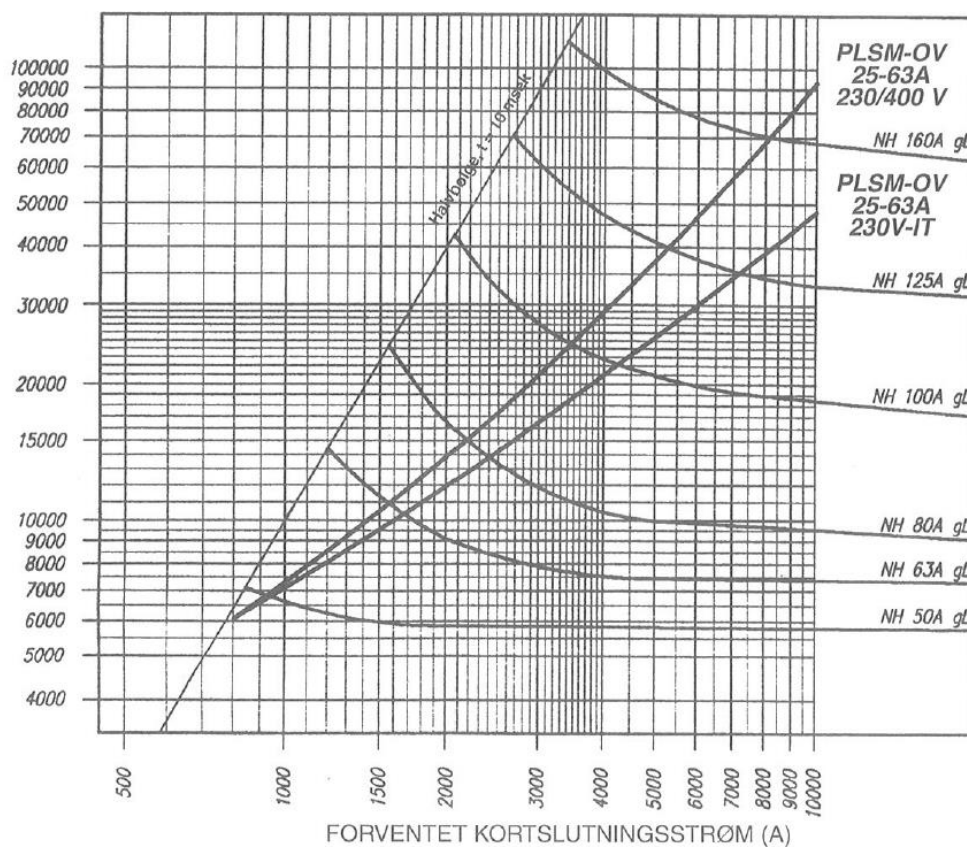
Gjennomsnittet energi PLSM, karakteristikk B, 1-polet



Gjennomsnittet energi PLSM, karakteristikk C, 1-polet



GJENNOMSLUPPET ENERGI PLSM – OV (Eaton)



Jordfeilautomater PKPM2/PKP62-.....-A

Xpole Jordfeilautomater
6 - 40 Ampèr 2 pol
Tilpasset samme samleskinne
som elementautomat - PLSM
 $I^2 - A=1,39 \times I_n - A-OL=1,3 \times I_n$

Målskisse: 2 moduler

Rammeklemme for 1-25mm² Cu
Tiltrekkingmoment 2,4Nm

$I_{n,max}$: 6-10kA
Utløsergrense : 30mA / 100mA
Støtstrømsikker : 250A (8/20)
Un : 230V, 50/60Hz pulsstrømsikker

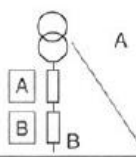
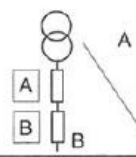


$I_{n,max}$: 6-10kA
Utløsergrense : 30mA / 100mA
Støtstrømsikker : 250A (8/20)
Un : 230V, 50/60Hz pulsstrømsikker

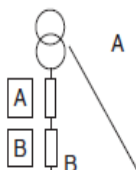


Beskrivelse	Type - El.nr.			C - kar. A-type 2p (IT/TT/TN - nett)			
	B - kar. A-type 2p (IT/TT/TN - nett)	Type	El.Nr.	Pris	Type	El.Nr.	Pris
6 A - grønn jordfeilautomat - 30mA 10kA					PKPM2-6/2/C/003-A	1654839	
10 A - rød jordfeilautomat - 30mA 10kA		PKPM2-10/2/B/003-A	1654700		PKPM2-10/2/C/003-A	1654704	
13 A - beige jordfeilautomat - 30mA 10kA		PKPM2-13/2/B/003-A	1654701		PKPM2-13/2/C/003-A	1654705	
15A - grå jordfeilautomat - 30 mA 10 kA		PKPM2-15/2/B/003-A-OL	1654752		PKPM2-15/2/C/003-A-OL	1654878	
16 A - grå jordfeilautomat - 30mA 10kA		PKPM2-16/2/B/003-A	1654702		PKPM2-16/2/C/003-A	1654706	
20 A - blå jordfeilautomat - 30mA 10kA		PKPM2-20/2/B/003-A-OL	1654753		PKPM2-20/2/C/003-A-OL	1654879	
25 A - gul jordfeilautomat - 30mA 6kA		PKP62-25/2/B/003-A	1655600		PKP62-25/2/C/003-A	1655603	
32 A - fiolett jordfeilautomat - 30mA 6kA		PKP62-32/2/B/003-A	1655601		PKP62-32/2/C/003-A	1655604	
40 A - sort jordfeilautomat - 30mA 6kA		PKP62-40/2/B/003-A	1655602		PKP62-40/2/C/003-A	1655605	
10 A - rød jordfeilautomat -100mA 10kA		PKPM2-10/2/B/01-A	1654708		PKPM2-10/2/C/01-A	1654712	
13 A - beige jordfeilautomat -100mA 10kA		PKPM2-13/2/B/01-A	1654709		PKPM2-13/2/C/01-A	1654713	
16 A - grå jordfeilautomat -100mA 10kA		PKPM2-16/2/B/01-A	1654710		PKPM2-16/2/C/01-A	1654714	
20 A - blå jordfeilautomat -100mA 10kA		PKPM2-20/2/B/01-A	1654711		PKPM2-20/2/C/01-A	1654715	
25 A - gul jordfeilautomat - 100mA 6kA		PKP62-25/2/B/01-A	1655606		PKP62-25/2/C/01-A	1655609	
32 A - fiolett jordfeilautomat - 100mA 6kA		PKP62-32/2/B/01-A	1655607		PKP62-32/2/C/01-A	1655610	
40 A - sort jordfeilautomat - 100mA 6kA		PKP62-40/2/B/01-A	1655608		PKP62-40/2/C/01-A	1655611	

SELEKTIVITETSTABELL

230V IT-nett, 50Hz BRYTEEVNE								230/400V TN-nett, 50Hz BRYTEEVNE									
		PLSM-OV25	PLSM-OV32	PLSM-OV40	PLSM-OV50	PLSM-OV56	PLSM-OV63	PLHT-OV80			PLSM-OV25	PLSM-OV32	PLSM-OV40	PLSM-OV50	PLSM-OV56	PLSM-OV63	PLHT-OV80
PLSM-B	6	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	PLSM-B	6	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
PK...-B	10	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	PK...-B	10	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
	13	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5		13	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
	15	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5		15	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
	16	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5		16	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
	20		1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5		20		1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
	25			1,5	1,5	1,5	1,5	1,5		25			1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
	32				1,5	1,5	1,5	1,5		32				1,5	1,5	1,5	1,5
	40							1,5		40							1,5
	50							1,5		50							1,5
	63							1,5		63							1,5
PLSM-C	0,5-3	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	PLSM-C	0,5-3	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
PK...-C	1	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	PK...-C	1	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
	2	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5		2	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
	4	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5		4	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
	6	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5		6	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
	10	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5		10	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
	13	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5		13	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
	15	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5		15	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
	16	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5		16	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
	20		1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5		20		1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
	25			1,5	1,5	1,5	1,5	1,5		25			1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
	32				1,5	1,5	1,5	1,5		32				1,5	1,5	1,5	1,5
	40							1,5		40							1,5
	50							1,5		50							1,5
	63							1,5		63							1,5

SELEKTIVITETSTABELL

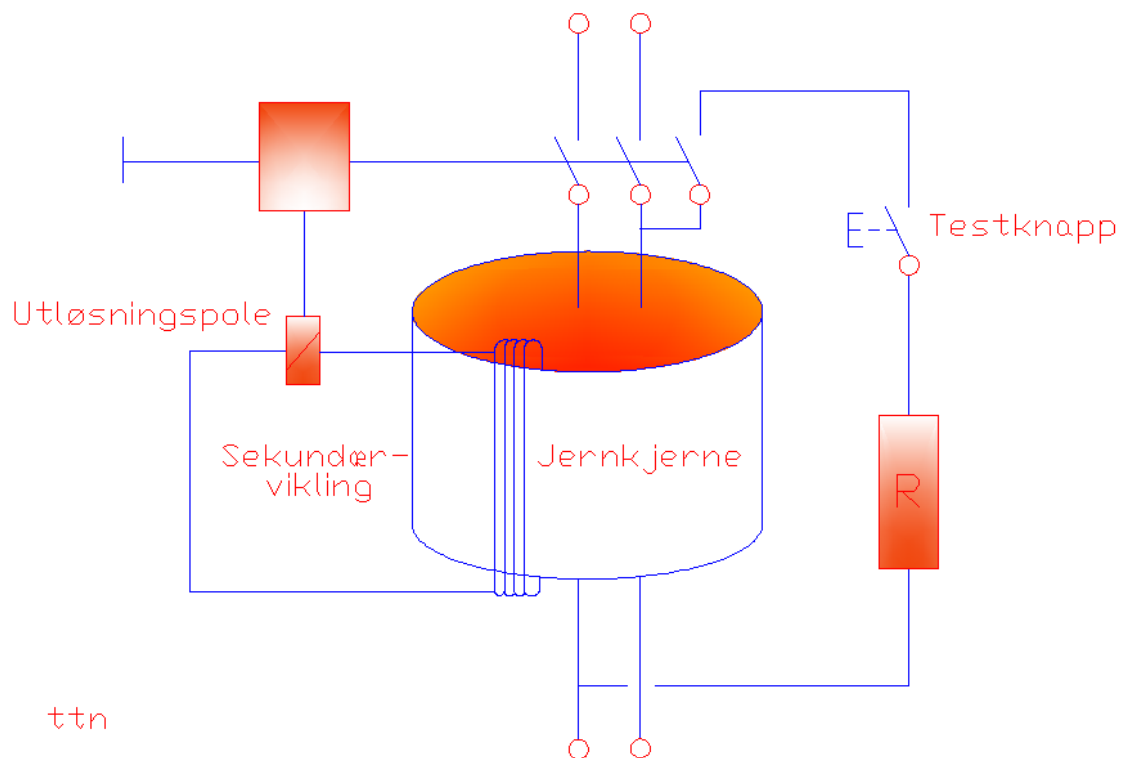
230V, 50Hz BRYTEEVNE											400V, 50Hz BRYTEEVNE							
		M00gl-50	M00gl-63	M00gl-80	M1gl-100	M1gl-125	M1gl-160	M1gl-200	M1gl-250	M2gl-315	M3gl-500	M00gl-50	M00gl-63	M00gl-80	M1gl-100	M1gl-125	M1gl-160	M1gl-200
PLSM OV	25	0,9	1,6	2,3	4,2	7,1	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	0,9	1,5	2,1	3,4	5,2	8,0	
PLSM OV	32	0,9	1,6	2,3	4,2	7,1	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	0,9	1,5	2,1	3,4	5,2	8,0	
PLSM OV	40	0,9	1,6	2,3	4,2	7,1	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	0,9	1,5	2,1	3,4	5,2	8,0	
PLSM OV	50	0,9	1,6	2,3	4,2	7,1	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	0,9	1,5	2,1	3,4	5,2	8,0	
PLSM OV	56	0,9	1,6	2,3	4,2	7,1	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	0,9	1,5	2,1	3,4	5,2	8,0	
PLSM OV	63	0,9	1,6	2,3	4,2	7,1	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	0,9	1,5	2,1	3,4	5,2	8,0	

FEILSTRØM

Jordfeilvern

Virkemåte:

Ved jordfeil i anlegget vil en del av strømmen gå utenom jordfeilvernet og tilbake til nettet via det jordede nøytrale punkt i transformatoren eller via en kapasitiv tilbakekopling. Dermed blir strømmen inn i vernet høyere enn strømmen ut av det. Denne ulikheten, lik jordfeilstrømmen, vil indukere en spenning i sekundærviklingen. Denne spenningen aktiverer utløsespolen, og jordfeilvernet faller ut.



Betingelsene for at jordfeilvern skal fungere

- Feilstrømmen blir ledet utenom jordfeilvern og finner sin returvei via det jordede nøytrale punkt (TN, TT), eller via en kapasitiv tilbakekopling (IT).
- Jordfeilvern kan ikke brukes i et TN – C – system.

DIMENSJONERING AV JORDFEILVERN

Det finnes mange forskjellige jordfeilvern på markedet:

- Jordfeilvern type **AC**: reagerer kun på vekselstrøm (ikke tillatt).
- Jordfeilvern type **A**: reagerer både på vekselstrøm og pulserende likestrøm.
- Jordfeilvern type **G**: jordfeilvernet har en tidsforsinkelse på 10ms for å eliminere utkopling ved en kortvarig (forbigående) jordfeil.
- Jordfeilvern type **S**: jordfeilvernet er selektivt, det vil si at det er lagt inn en tidsforsinkelse på 40-500ms for at etterfølgende jordfeilvern skal få tid til å kople fra jordfeilen.

Standard jordfeilvern leveres vanligvis med nominelle utløsestrømmer på: 10, 30, 100, 300, 500, 1000mA og for belastningsstrømmer opp til 63A.

Selektivitet mellom strømstyrte jordfeilvern – NEK 400 - 536.4.2.4:

Hvor det er nødvendig med koordinering av jordfeilvern for å hindre fare eller for å oppnå en korrekt funksjon av installasjonen, skal selektivitet mellom jordfeilvern vurderes.

Det har liten hensikt å legge ned store ressurser for å oppnå selektivitet mellom overstrømsvern for deretter å montere ett enkelt jordfeilvern foran hele installasjonen, eller flere seriekoblede jordfeilvern som ikke er selektive i forhold til hverandre. Jordfeil er tross alt en langt vanligere feilsituasjon enn direkte kortslutning.

Nedstrøms momentane vern	Selektive vern (type S) montert oppstrøm			
	100mA	300mA	1A	3A
10mA	○	○	○	○
30mA	○	○	○	○
100mA		○	○	○
300mA			○	○
500mA				○
1000mA				○

Selektivitet mellom to etterfølgende vern er merket med ○

Feilstrøm i IT – system:

- Feilstrømmen ved første jordfeil i IT – system begrenses av kapasitansene i fordelingsystemet. Ved beregninger kan feilstrømmen ved første jordfeil anslås til 2mA per kVA transformatorytelse.
- For å sikre at jordfeilstrømmen virkelig klarer å løse ut vernet anbefales det å velge jordfeilvern med en nominell utløsestrøm som ikke overstiger 0,5 mA per kVA ytelse for nettets forsyningstransformator.
- Ved beregning av berøringsspenning benyttes den jordfeilstrøm som kan oppstå i IT-system – 2mA per kVA ytelse for nettes forsyningstransformator eller jordfeilvernets utløsestrøm (feilstrømmen som kan oppstå på de delene som er beskyttet av jordfeilvern).
- Alle forbrukerkurser, uansett nominell merkestrøm, skal som hovedregel frakoples i henhold til tidene som er oppgitt i tabell 41A.
- Hver forbrukerkurs, i elektriske boliginstallasjoner skal være beskyttet av et eget strømstyrt jordfeilvern med merkeutløsestrøm som ikke overstiger 30 mA – NEK 400 – 823.
- Forventet berøringsspenning skal:
I AC systemer $R_a \cdot I_{feil} \leq 50V.$
I DC systemer $R_a \cdot I_{feil} \leq 120V.$

Tabell 41A – Maksimal utkoblingstid

System	$50V < U_0 \leq 120V$ s		$120V < U_0 \leq 230V$ s		$230V < U_0 \leq 400V$ s		$U_0 > 400V$ s	
	AC	DC	AC	DC	AC	DC	AC	DC
TN	0,8	MERKNAD 1	0,4	5	0,2	0,4	0,1	0,1
TT	0,3	MERKNAD 1	0,2	0,4	0,07	0,2	0,04	0,1
IT	0,8	MERKNAD 1	0,4	5	0,2	0,4	0,1	0,1

Hvor overstrømsvern er benyttet for utkobling i TT-systemer og utjevningsforbindelsen for beskyttelsesformål er koblet til alle andre ledende deler i installasjonen, kan maksimal utkoblingstid for TN-systemer benyttes.

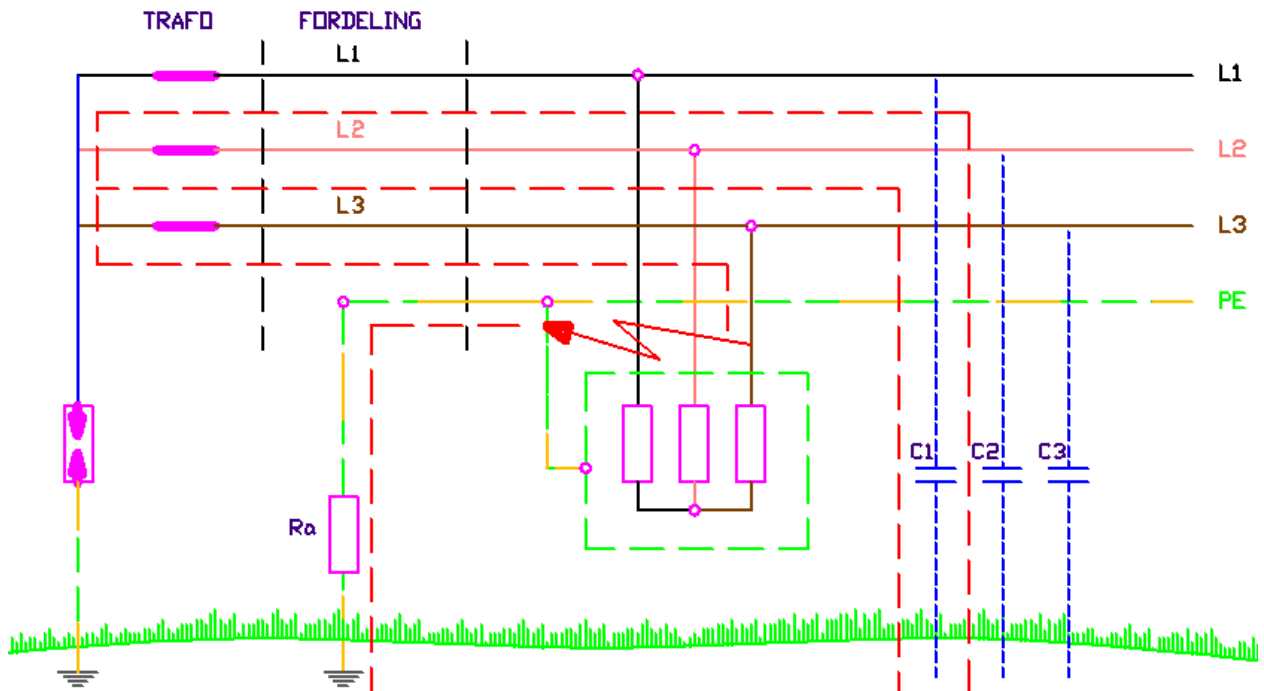
U_0 er nominell AC eller DC fase-jord spenning.

For IT-systemer er U_0 nominell AC eller DC linjespenning pga spenningen til jord ved jordfeil på en fase

MERKNAD 1 – Utkobling kan være nødvendig av andre årsaker enn elektrisk sjokk.

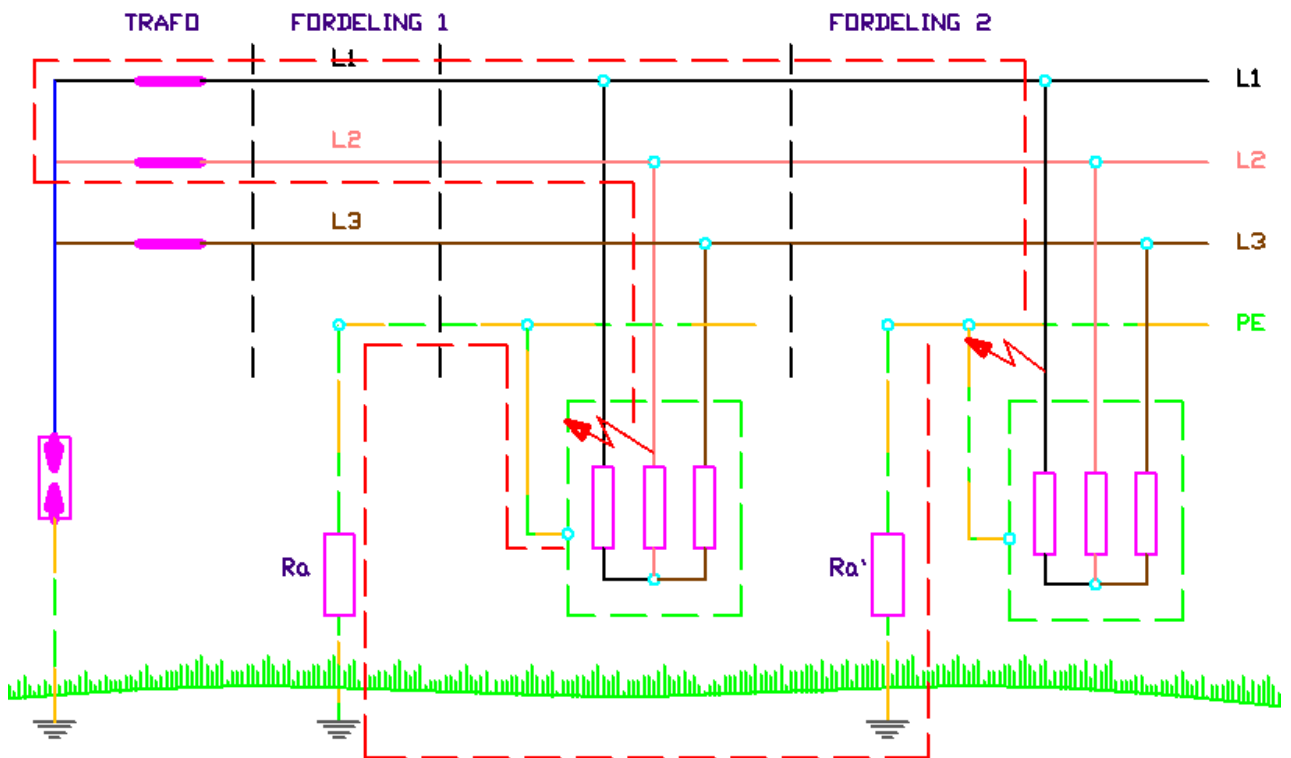
MERKNAD 2 – Hvor det er krevet utkobling med strømstyrt jordfeilvern (RCD), se merknad i avsnitt 411.4.4, merknad 4 i avsnitt 411.5.3 og merknad 4 i avsnitt 411.6.4.

IT-SYSTEM



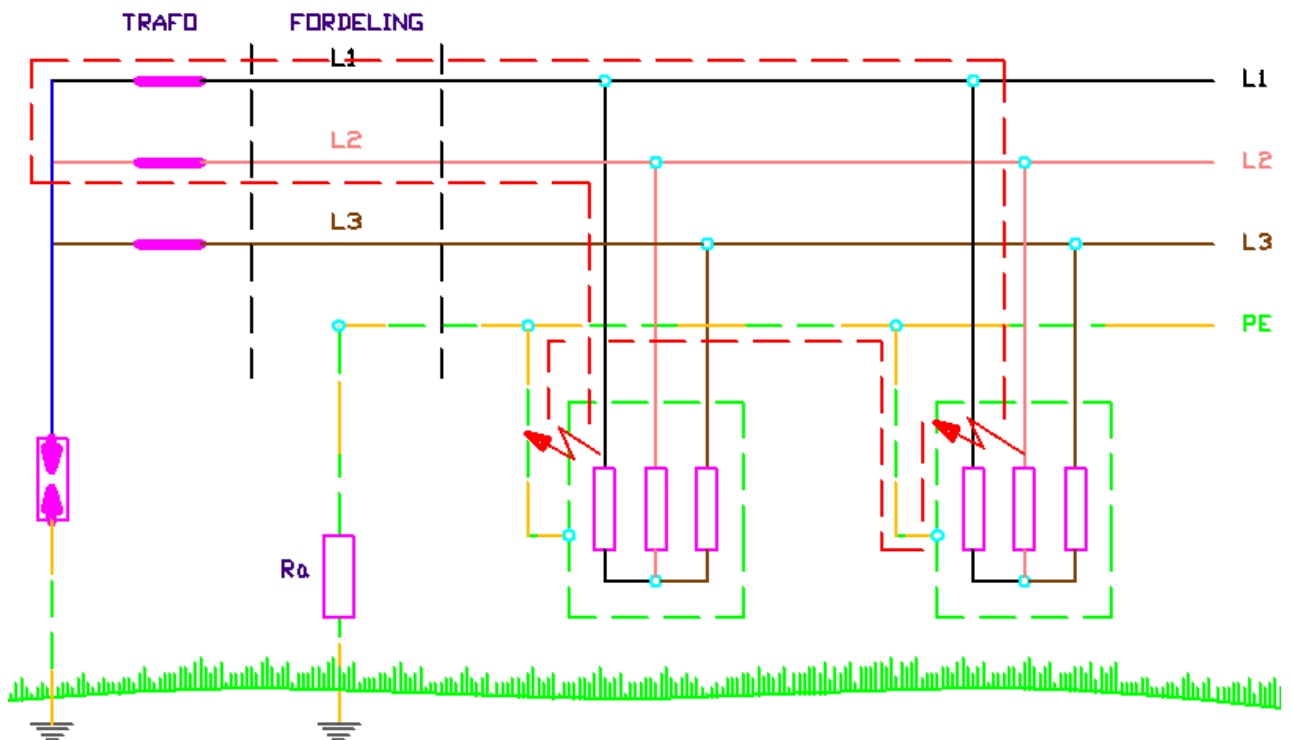
Forventet 1. Jordfeil på IT-system. Jordfeilstrøm er ca 2mA per kVA traføyfelse.

IT-SYSTEM



Jordfeil fra to forskjellige installasjoner i samme transformator-krets. Jordingssystem fungerer som et TT-system.

IT-SYSTEM



Jordfeil fra to forskjellige steder i samme installasjon.
Jordingssystem fungerer som et TN-system.

Feilstrøm i TT – system:

- I TT – system er det størrelse på overgangsresistansene i transformatorens (R_b) og installasjonens (R_a) jordelektroder som er bestemmende for jordfeilstrømmen. Feilkretsens impedans har lite betydning for feilstrømmen.

$$I_{\text{feil}} = \frac{U_0}{(R_a + R_b)}$$

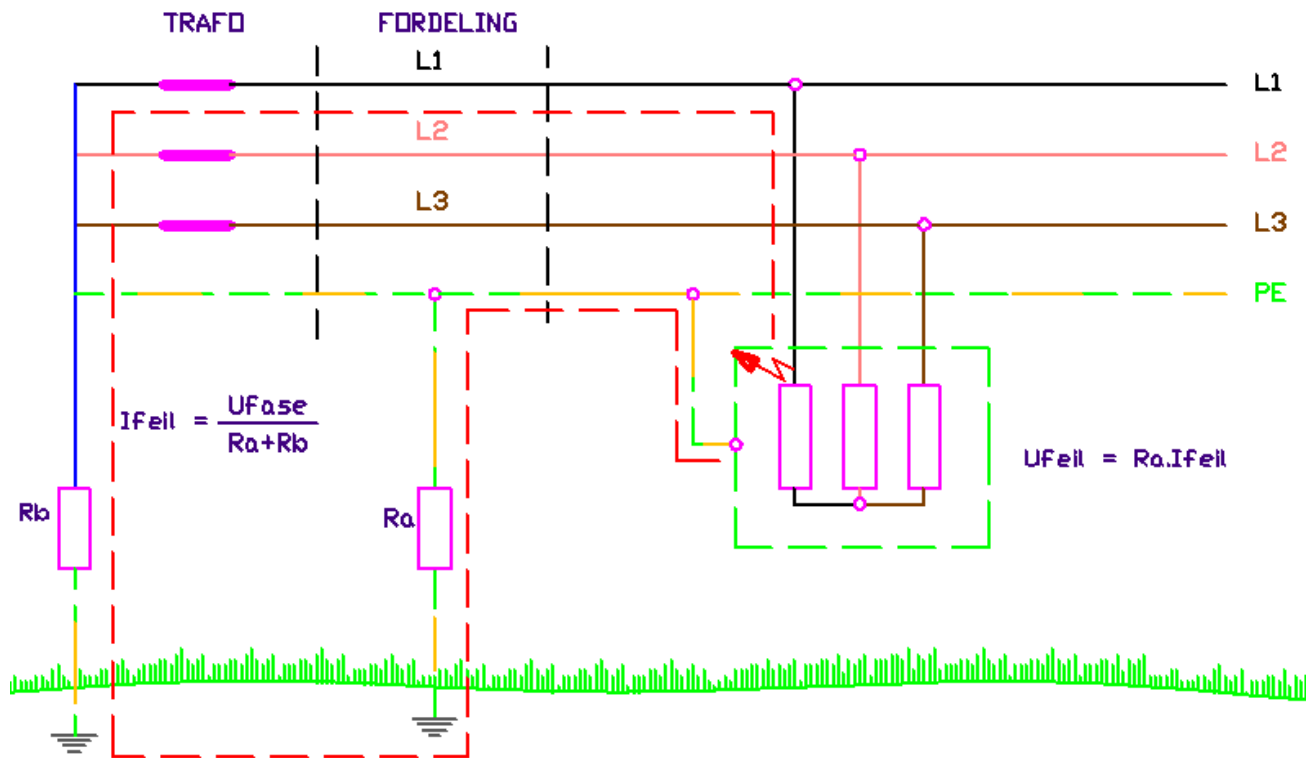
$$U_b \geq R_a \cdot I_{\text{feil}}$$

- FEL § 21: i TT – system må alle kurser beskyttes med jordfeilvern.
- Jordfeilvernets maksimale utløsestrøm kan beregnes ut ifra krav til berøringsspenning og R_a – installasjonens jordingsresistans. Mange kurser og deler av spesielle installasjoner krever allikevel utløsestrømmer på maksimalt 30mA.
- Forventet berøringsspenning skal:

I AC systemer	$R_a \cdot I_{\text{feil}} \leq 50V.$
I DC systemer	$R_a \cdot I_{\text{feil}} \leq 120V.$

- Alle forbrukerkurser, uansett nominell merkestrøm, skal som hovedregel frakoples i henhold til tidene som er oppgitt i tabell 41A.

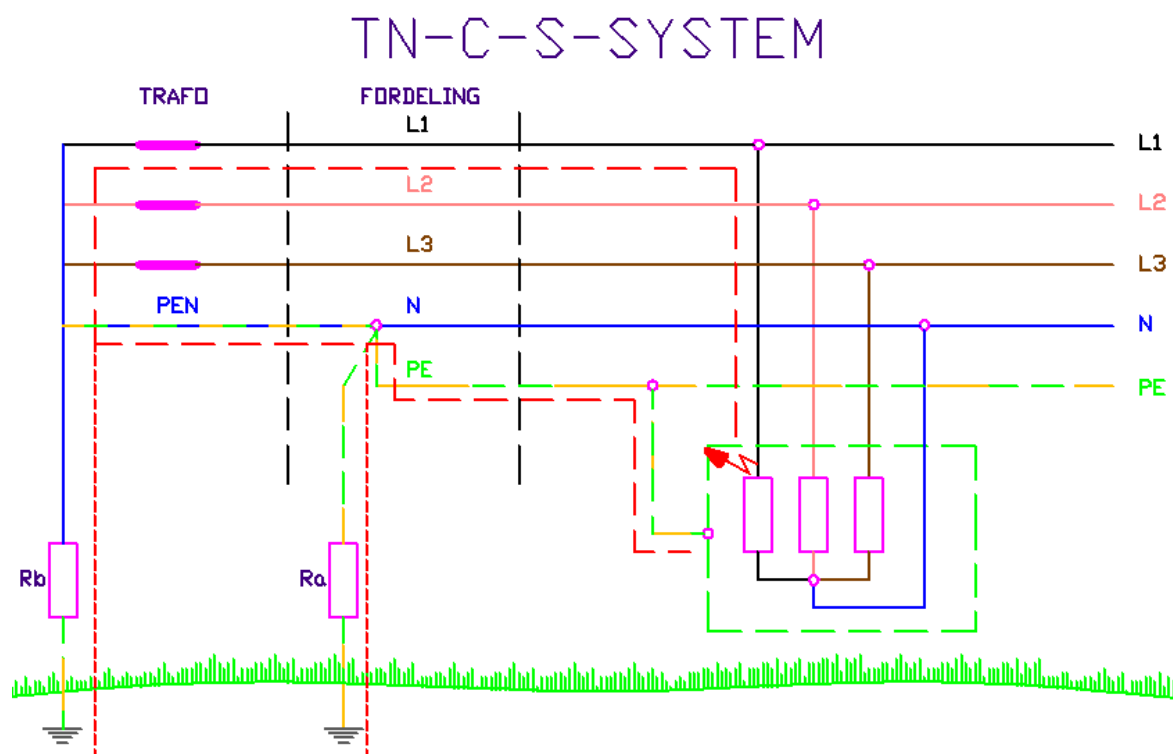
TT-SYSTEM



Jordfellstrøm i TT-system er avhengig av R_a , R_b og fasespenning. Feilkretsens impedans har lite betydning for fellstrøm.

Feilstrøm i TN – system:

- I TN – system er feilstrømmen avhengig av impedansen i feilkretsen, og spenningen mellom fase og jord.
- Sløyfeimpedansen i TN – system er komplisert å regne ut. Vi sammenligner utmålt sløyfeimpedans med sløyfeimpedansen fra tabell i montørhåndboka.
- Ved nytt anlegg kan maksimal kabellengde velges ut fra tabell i montørhåndboka.
- Vern og kabel tverrsnitt skal være valgt slik at vernet løser ut innen tidene som er angitt i NEK 400 - tabell 41A dersom det skulle oppstå en jordfeil.
- Hver forbrukerkurs, i elektriske boliginstallasjoner skal være beskyttet av et eget strømstyrt jordfeilvern med merkeutløsestrøm som ikke overstiger 30 mA – NEK 400 – 823.



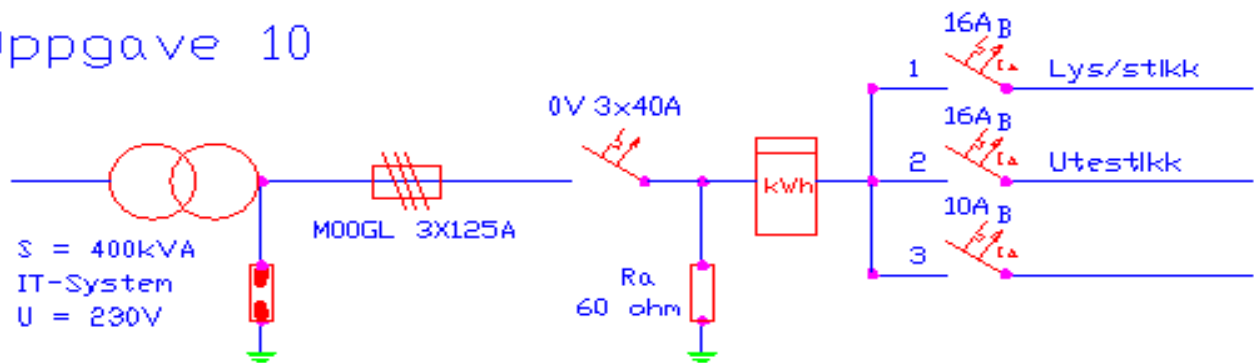
Feilstrømmen er avhengig av feilkretsens impedans og fasespenning.
En liten feilstrøm går gjennom Ra og Rb.

Oppgaver 9 – 15

Oppgave 9

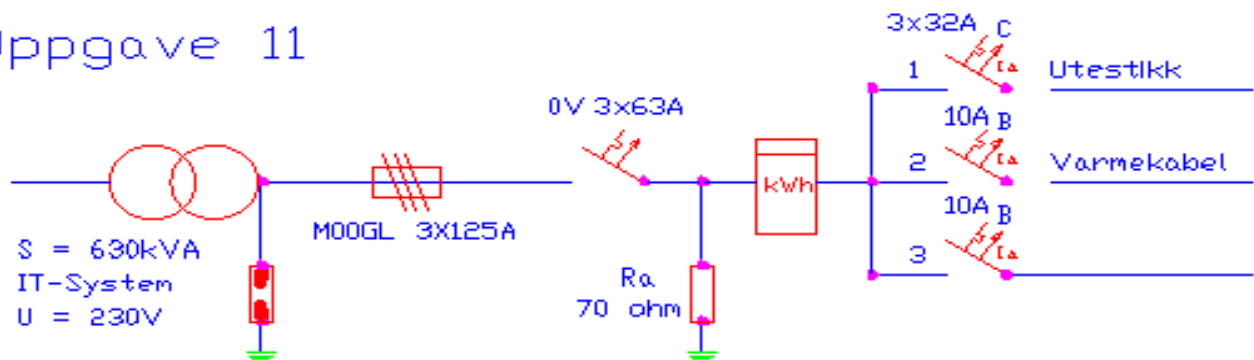
- NEK 400 411.3.3 stilles det krav til 30mA jordfeilvern på enkelte kurs, hvilke?
- Det stilles også krav til 30mA jordfeilvern på enkelte spesielle installasjoner i del 7, hvilke?

Oppgave 10



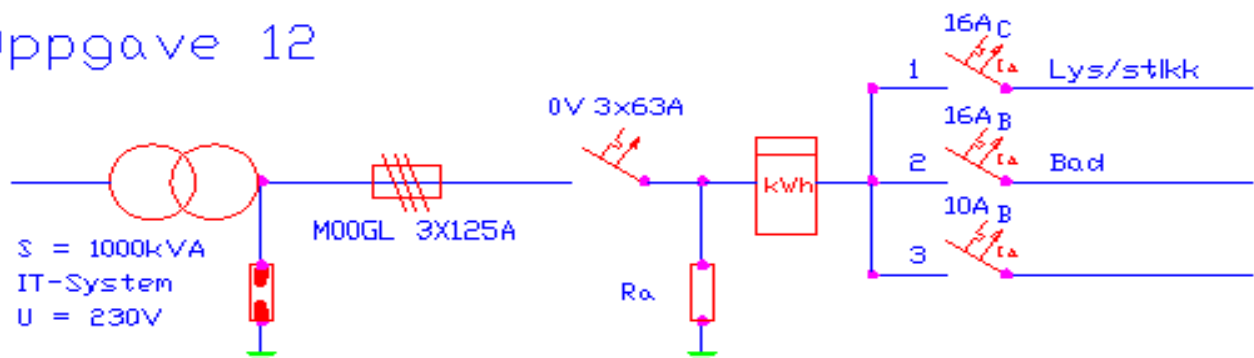
- Beregn forventet l. jordfeilstrøm, berøringsspenning - U_{bl}
- Dimensjoner jordfeilvern for kurs 1 og 2!
- Beregn berøringsspenning etter montering av jordfeilvern!

Oppgave 11



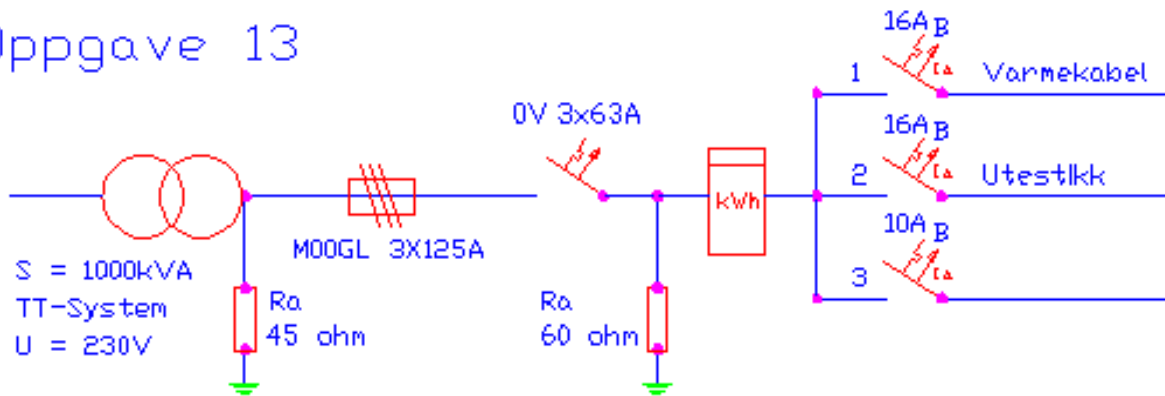
- Beregn forventet l. jordfeilstrøm, berøringsspenning - U_{bl}
- Dimensjoner jordfeilvern for kurs 1 og 2!
- Beregn berøringsspenning etter montering av jordfeilvern!

Oppgave 12



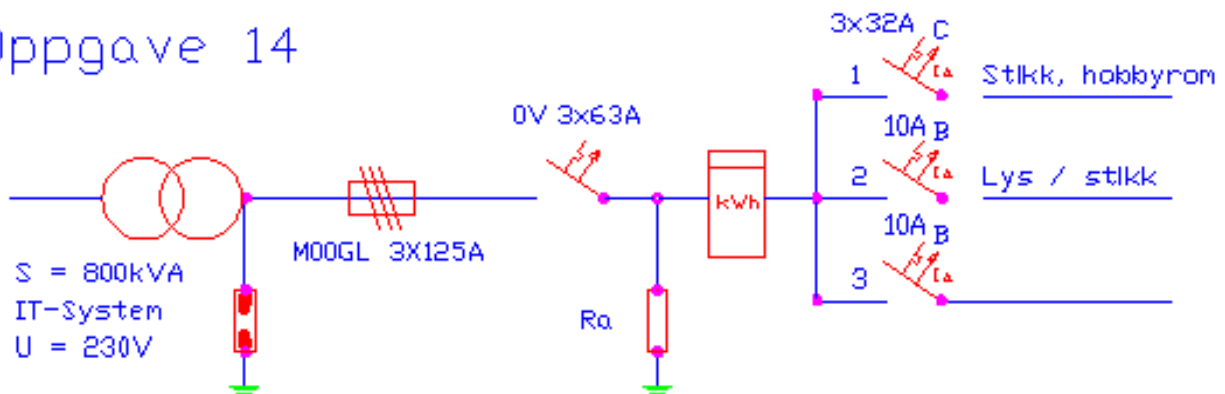
- Beregn forventet l. jordfeilstrøm !
- Hvor stor kan R_a maksimalt være for at $U_{bl} = 50\text{V}$?
Dimensjoner jordfeilvern for kurs 1 og 2 når $R_a = 70\ \text{ohm}$!

Oppgave 13



- Beregn forventet 1. jordfeilstøm, berøringsspenning - U_b !
- Dimensjoner jordfellvern for kurs 1 og 2 !
- Beregn berøringsspenning etter montering av jordfellvern!

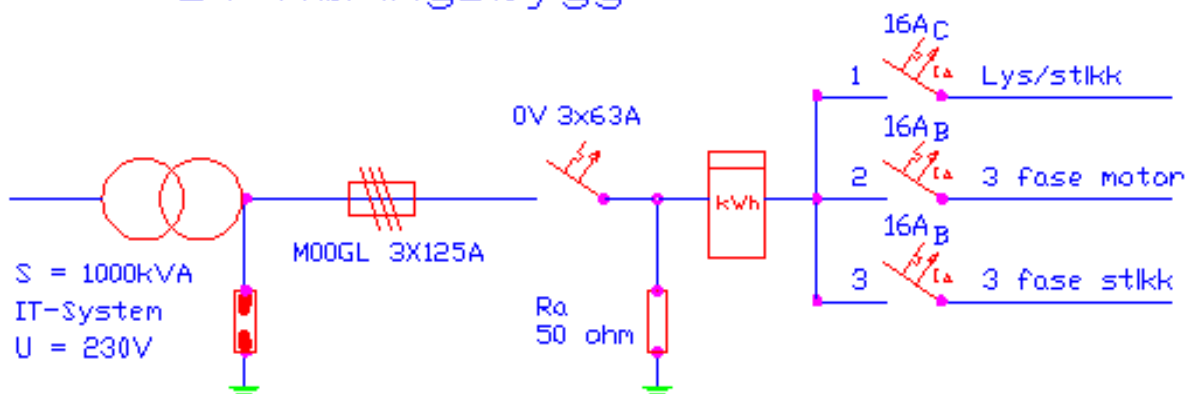
Oppgave 14



- Beregn forventet 1. jordfellstrøm !
- Hvor stor kan R_a maksimalt være for at $U_b = 50V$?
- Dimensjoner jordfellvern for kurs 1 og 2 når $R_a = 60$ ohm!

Oppgave 15

Et næringsbygg



- Beregn forventet 1. jordfellstrøm, berøringsspenning - U_b !
- Dimensjoner jordfellvern for kurs 1 !