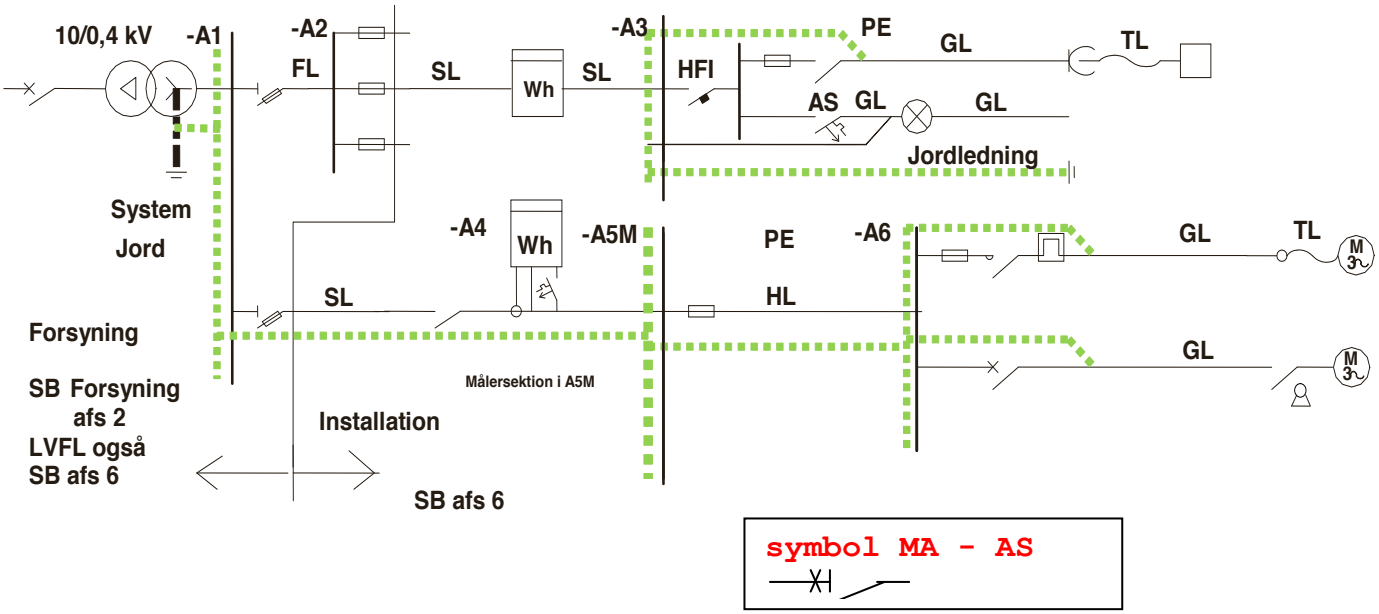
El – “Kogebog”

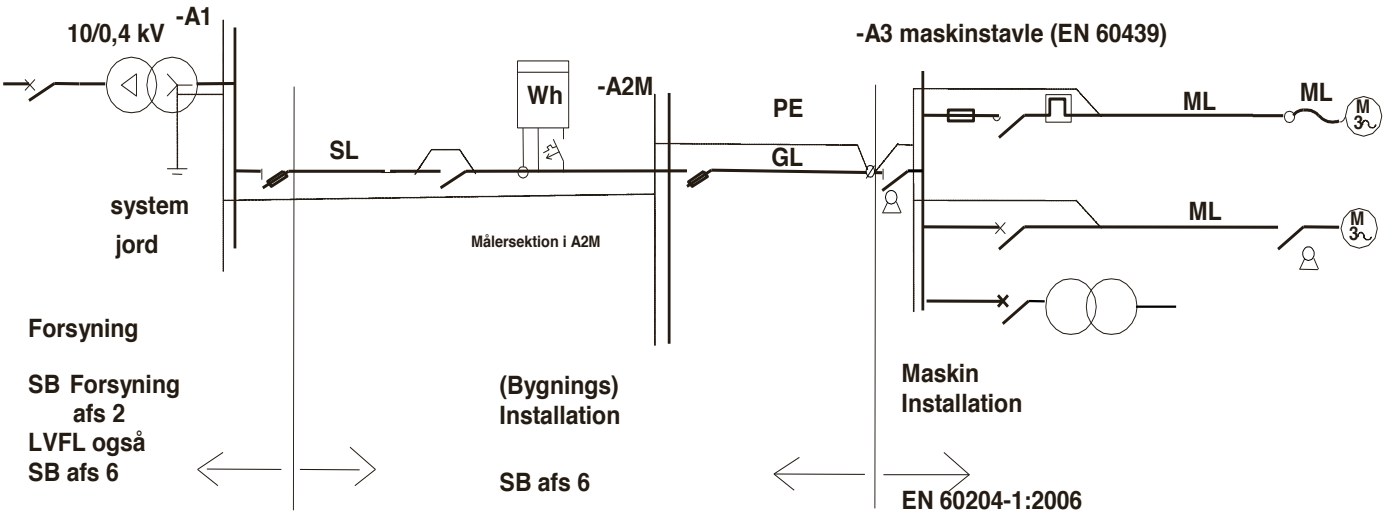
Vejledning til projektering af el installationer

Højspændinginstallationer (SB 2,5)
Bygningsinstallationer (SB 6)
Maskinanlæg (EN 60204-1)

Forsyning SB 2 (LV : SB 6) og (bygnings) installationer SB 6 og tavler EN 60439



Forsyning-SB 2 og (bygnings) installationer SB 6 og maskininstallationer EN 60204-1:2006 og LV tavler EN 60439



Standard er at alle ledere skal tegnes med fuldstreg - gælder også PE leder
Symboler for AS følger VDE standard

Indholdsfortegnelse

Indholdsfortegnelse 1

Højspændingssløjfenet 3

Dimensionering af transformerstation beskyttet med effektafbryder 4

Dimensionering af transformerstation beskyttet med sikring 6

Plantegning transformerstation 10/ 0,4 kV 8

Valg og placering af ob (overbelastningsbeskyttelse) til beskyttelse af ledninger 9

Generelle krav til dimensionering af installationer LVFL - SL – HL- GL -TL når ob (kb) med sikringer og In ≥ 13 A 12

Generelle krav til dimensionering af installationer når ob (kb) med sikringer og $In_{sik} \leq 10$ *A* 13

Generelle krav til dimensionering af installationer SL – HL – GL – TL når ob med automatsikringer type B,C,D 14

Generelle krav til dimensionering af installationer LVFL - SL – HL – GL – TL når ob med maksimalafbryder 15

Generelle krav til dimensionering af installationer når " ob " max last – varmelegeme (ikke stikkontakt tilsluttet) 16

SB afs 6 BILAG C TIL KAPITEL 52 Virkningen af harmoniske strømme i symmetrisk belastede trefasesystemer 17

Generelle krav til dimensionering af installationer på maskiner når ob med termorelæ (Maskinanlæg følger regler i SB 6 IEC) 19

Dimensionering af maskinanlæg med stjerne-trekant starter i maskin tavle (følger SB 6 IEC)) 20

Dimensionering af dahlander starter i maskintavle 21

Dimensionering af fasekompenserings af motor (på maskinanlæg) 23

Dimensionering af fasekompenseringsanlæg (fælles) 24

Generelt kb af ledninger med smeltesikringer 25

Generelt kb af ledninger med maksimalafbryder 26

Målersektion (lavspænding) 27

SB afs 6 danske bestemmelser tabeller til ob/kb af installationer 28

SB afs 6 danske bestemmelser tabeller til ob/kb af installationer 29

5 sekund strøm for smeltesikringer ($I_{5\,[s]}$ *)* 30

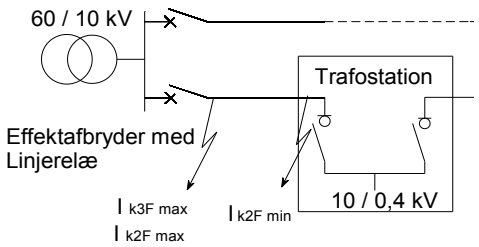
Lavspændings kabel resistans og reaktans (IEC 287-1-1) 31

Reaktans for lavspændings 4 led kabel og 1 led PE kabel 50 Hz 32

Symbolforklaring :

BG	=	BelastningsGrad ($I_B/I_{ZK} = I_B/(I_{Z\,tabel} \cdot K_t)$)
BIB	=	Beskyttelse mod Indirekte Berøring (el stød)
e_K	=	procentisk (impedans) kortslutningsspænding
e_r	=	procentisk (resistans) kortslutningsspænding
e_X	=	procentisk (induktans) kortslutningsspænding
I_B	=	belastningsstrøm $I_B = I_{1/1} \cdot sf \cdot uf = I_{ti} \cdot sf \cdot uf = I_{sa} \cdot uf$
I_{CS}	=	max kortslutningsniveau for afbryder (service)
I_{CU}	=	max kortslutningsniveau for afbryder
I_{cn}	=	max kortslutningsniveau for automatsikringer
$I_e = I_n$	=	afbryders mærkestrøm
$I_{1/1}$	=	fuldlaststrøm
I_2	=	overbelastningens udløsestrøm (1 time strøm)
$I_>$, $I_{n,kb}$	=	indstilling af kortslutningsudløser
$I_>$, $I_{n,ob}$	=	indstilling af overbelastningsudløser
$I_{>>}$,$I_{n,kb}$	=	indstilling af kortslutningsudløser (hurtigudløser)
I_k	=	kortslutningsstrøm (effektivværdi)
I_{kmin}	=	mindste kortslutningsstrøm (effektivværdi)
I_{kmax}	=	største kortslutningsstrøm (effektivværdi)
I_n	=	mærkestrøm for beskyttelsen eller netstrøm
I_p	=	prospektiv kortslutningsstrøm (beregnet I_k)
I_s	=	stødstrøm ($I_s = I_k \cdot n = I_k \cdot \sqrt{2} \cdot \chi$)
I_{start} , I_{st}	=	startstrøm
$I_{Z\,tabel}$	=	leders strømværdi ved 30 °C (SB 6 IEC tabel 52 E)
I_{ZK}	=	leders strømværdi korrigeret for temperatur ($I_{ZK} = I_Z \cdot Kt$)
I_{ZKK}	=	leders strømværdi korrigeret for temperatur og samlet fremføring ($I_{ZKK} = I_Z \cdot Kt \cdot Ks \cdot K_{tm}$)
I_{Zmin}	=	leders mindste tilladelige strømværdi (SB 6 43 A)
K	=	konstant
kb	=	**k**ortslutnings**b**eskyttelse
Kt	=	**k**orrektionsfaktor for **t**emperatur (SB 6 52 F)
Ks	=	**k**orrektionsfaktor for **s**amlet fremføring (SB 6 52 G)
K_{tm}	=	**k**orrektionsfaktor for **t**ermisk **m**odstand i jord (SB 6 52 F3)
K_h	=	**k**orrektionsfaktor for **h**armoniske strømme i nulleder (SB 6 C 52-1)
n	=	nominel , netværdi , mærkeværdi , spændingsomsætningsforhold
ob	=	**o**verbelastnings**b**eskyttelse
$P_{cu1/1}$	=	strømvarmetab ved fuldlast
Q	=	energimængde [J] eller reaktiv effekt [var]
R	=	resistans (modstand)
sa	=	**sa**mtidig belastning $I_B = I_{sa} \cdot uf = I_{ti} \cdot sf \cdot uf$
S	=	leder tværsnitareal (mm^2)
sf	=	**s**amtids**f**aktor
S_n	=	transformerens mærkeeffekt
S_K	=	kortslutningseffekt [MVA] (3-faset)
$t = \theta$	=	temperatur
t	=	tid
ti	=	**ti**lsluttet effekt eller belastning
U_f	=	fasespænding fx 1x230 V
U_n	=	netspænding fx 3x400 V
uf	=	**u**dvidelsesfaktor
X	=	reaktans
Z	=	impedans

Højspændingssløjfenet.



Indstilling af effekt afbryder med linjerelæ
(konstanttidsrelæ).

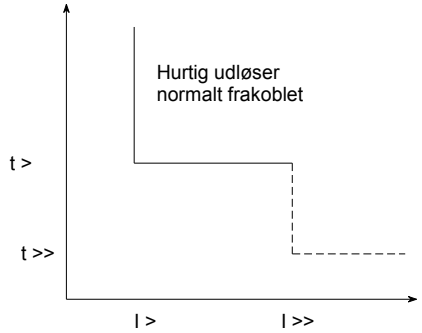
$$I_{>} \geq 1,2 \; til \; 1,5 \cdot I_{1/1 \;\; 60/10\,kV\;trafo}$$

$t_{>}$ = 0,5 til 1,5 [s] (excl. afbryder egentid ca 0,1 s)

Hurtig udløser er normalt frakoblet.

$$I_{>>} \leq 0,75 \cdot I_{1K2f\,\min} \cdot$$

$t_{>>}$ = ca. 50 [ms] (totaltid ca 0,1 s)



Højspændingssløjfenet. -HVFL

Faseleder.

1: $I_{K1s} \geq I_{K3f\,\max} \cdot \sqrt{t_{linjerelæ} + 0,1}$; I_{K1s} se datablad $I_{K3F\,\max} = \dfrac{S_{K\,\max}}{\sqrt{3} \cdot U_n}$

$t_{linjerelæ} = t_{>} + 0,1$ [s] eller $t_{linjerelæ} = t_{>>} + 0,05$ [s]

2: $I_{Zk} = I_{Z\,tabel} \cdot k_t \geq I_B$

Skærm:

Skærm dimensioneres udfra dobbeltjordslutning - I_{1k2f}.

$$I_{K2F\;\max} = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot I_{K3F\,\max}$$

$I_{K1s} \geq I_{K2F\,\max} \cdot \sqrt{t_{linjerelæ}}$; $I_{K1s\;skærm}$ se datablad

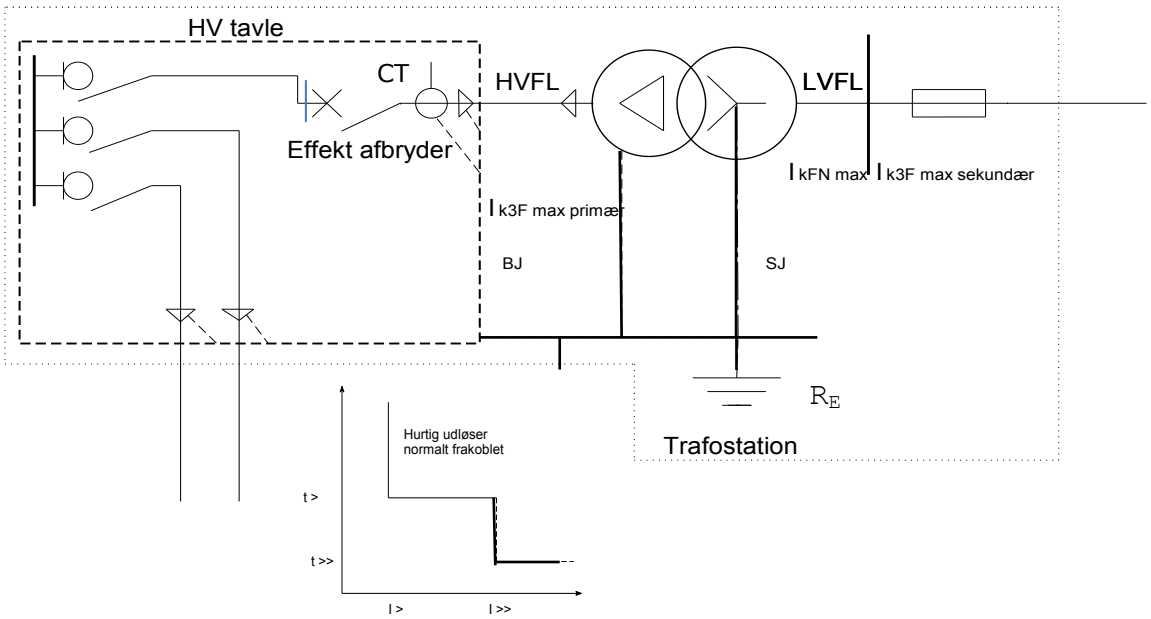
$t_{linjerelæ} = t_{>} + 0,1$ [s] eller $t_{linjerelæ} = t_{>>} + 0,05$ [s]

Spændingsfald.

$$\Delta U_f = I_B \cdot (R_{leder} \cdot \cos\phi_B + X_{leder} \cdot \sin\phi_B)$$

ΔU_f er normalt ikke over 7 % af $U_{f\,nominel}$

Dimensionering af transformerstation beskyttet med effektafbryder



$$I_{>} \geq \frac{1}{n_{m\,CT}} \cdot (1,2\,til\,1,5) \cdot I_{1/1Tprim} \cdot \frac{1}{I_N} = \frac{1}{I_{prim\,CT}} \cdot (1,2\,til\,1,5) \cdot I_{1/1Tprim}$$ · hvor I_N er relæets mærkestrøm –typisk 5 A

$$I_{>} \geq \frac{1}{I_{prim\,CT}} \cdot I'_{start} \cdot \qquad I_{>} \leq = \frac{1}{I_{prim\,CT}} \cdot I'_{2kFN\,\min} \cdot$$

”$I_>$” = Udløsestrøm = $I_>$ n_{mT} I_N

$I_>$ er en indstillingsværdi (faktor) , hvor $I_>$ er den faktor I_N skal ganges med for at finde udløsestrømmen

$I_>$ kan fx indstilles i trin

n_{mCT} er strømtrafoens -CT - omsætningsforhold

I_N er relæets nominelle strøm

$$t_{>} < t_{linjerelæ}$$

$t_>$ indstilles på ca halvdelen af t linjerelæ eller mindst med en tidsforskel på 0,2 [s]

$t_>$ kan normalt indstilles i intervallet 0 – 9,9 [s] med Δt = 0,1 [s]

Udkoblingstiden er indstillingstiden + afbryderensegentid ($I_>$ + ca 0,1 [s])

Hurtigudløser $I_{>>}$ og $t_{>>}$ er frakoblet , **hvis** det giver selektivitetsproblemer,

men hvis $I_{>>}$ > $I`_{2k\,3f\,max}$ er der normalt selektivitet

$$I_{>>} = \frac{1}{n_{mCT}} \cdot (15) \cdot I_{1/1Tprim} \cdot \frac{1}{I_N}$$ (aht selektivitet med LV siden kan den indstille så højt at der ikke udkobles ved $I`_{2K\,3F\,max}$)

$I_{>>}$ 1 til 40 I_N $\qquad$ ($I`_{2k3f\,\max LV} < "I_{>>}" < I_{1k\,2f\min HV}$)

$t_{>>}$ = 50 [ms] (totaltid på ca 0,1 [s])

”$I_{>>}$” = Udløsestrøm = $I_{>>}$· n_{mT}· I_N = $I_{>>}$ · $I_{prim\,CT}$

Relæinstilling af strømafhængig relæ (invers relæ)

$$I_{ob} = \frac{1}{n_{mCT}} \cdot (1\,til\,1,2) \cdot I_{1/1Tprim} \cdot \frac{1}{I_N}$$

”I_{ob}” = Udløsestrøm = $I_>$· n_{mCT}· I_N

$$I_{>>} = \frac{1}{n_{mT}} \cdot (4\,til\,7) \cdot I_{ob}$$

”$I_{>>}$” = Udløsestrøm = I_{ob}· n_{mCT}· I_N

Dimensionering af transformerstation beskyttet med effektafbryder

Højspændingsledning før effekt afbryder (HVFL) (skal normalt **IKKE** dimensioneres)
Krav:

1. $I_{K1s\ kabel} \geq I_{K3f\max prim} \cdot \sqrt{t_{linjerelæ}}$ $t_{linierelæ} = t_> + 0{,}1$ [s] $I_{K1s\ kabel\ særm} \geq I_{K2f\max prim} \cdot \sqrt{t_{linjerelæ}}$
2. vælg HV kabel
3. Kontrol: $I_{ZK} \geq I_{1/1T\ prim}$

Højspændingsledning efter effekt afbryder (HVFL)

Krav:

1. $I_{K1s\ kabel} \geq I_{1K3f\max prim} \cdot \sqrt{t_{relæ}}$ hvis hurtigudløser er frakobler $t_{relæ} = t_> + 0{,}1$ [s] , ellers er $t_{relæ} = t_{>>} + 0{,}05$ [s]
2. vælg HV kabel
3. Kontrol: $I_{ZK} \geq I_{1/1T\ prim}$

Lavspændingsledningen efter transformer (LVFL) , skal ob (SB6)
Krav
Belastning: $I_{ZKK} = I_{ZK} \cdot K_S = I_{Ztabel} \cdot K_S \cdot K_t \geq I_{nob}$. (kan fx være ob af sum af LV sikringen eller Ir $_{MA}$)

$$I_{Ztabel} \geq \frac{I_{n\ ob}}{K_t \cdot K_s}$$

Kortslutning $S^2 \cdot k^2 \geq I^2_{2K3f\max sek} \cdot t_{relæ}$ $k_{cu\ pvc} = 115$ og $k_{Al\ pvc} = 76$ og $k_{cu\ PEX} = 143$
hvis hurtigudløser er frakobler eller $t_{>>}$ stillet så højt at hurtigudløseren ikke aktiveres af I_k på LV siden er $t_{relæ} = t_> + 0{,}1$ [s] , ellers er $t_{relæ} = t_{>>} + 50$ [ms]

Beskyttelsesjord (BJ)

$$S_{BJ-blank\,Cu} \geq \frac{I_{k2f\max prim}}{K} \sqrt{\frac{t_{linierelæ}}{\ln\frac{\theta_f+\beta}{\theta_i+\beta}}} \cdot \quad hvor\ \theta_f = t_{sluttemperatur}\ og\ \theta_i = t_{omgivelser}\ og\ \beta = 234{,}5cu\ og\ K = 226cu$$

indsættes I i [A] og normalt er θ_i = 30 °C og θ_f = 300 °C og $t_{linjerelæ} = t> + 0{,}1$
eller

$S_{BJ_blank\ Cu\ min} = 16\ mm^2$

Systemjord (SJ)

$$S_{SJ-blank\,Cu} \geq \frac{I_{K\,FN\max}}{K} \sqrt{\frac{t_{relæ}}{\ln\frac{\theta_f+\beta}{\theta_i+\beta}}} \cdot \quad hvor\ \theta_f = t_{sluttemperatur}\ og\ \theta_i = t_{omgivelser}\ og\ \beta = 234{,}5cu\ og\ K = 226cu$$

indsættes I i [A] og normalt er θ_i = 30 °C og θ_f = 300 °C
hvis hurtigudløser er frakobler eller $t_{>>}$ stillet så højt at hurtigudløseren ikke aktiveres af I_k på LV siden er $t_{relæ} = t> + 0{,}1$ [s] , ellers er $t_{relæ} = t_{>>} + 50$ [ms]
$S_{SJ_Cu\ min} = 16\ mm^2$

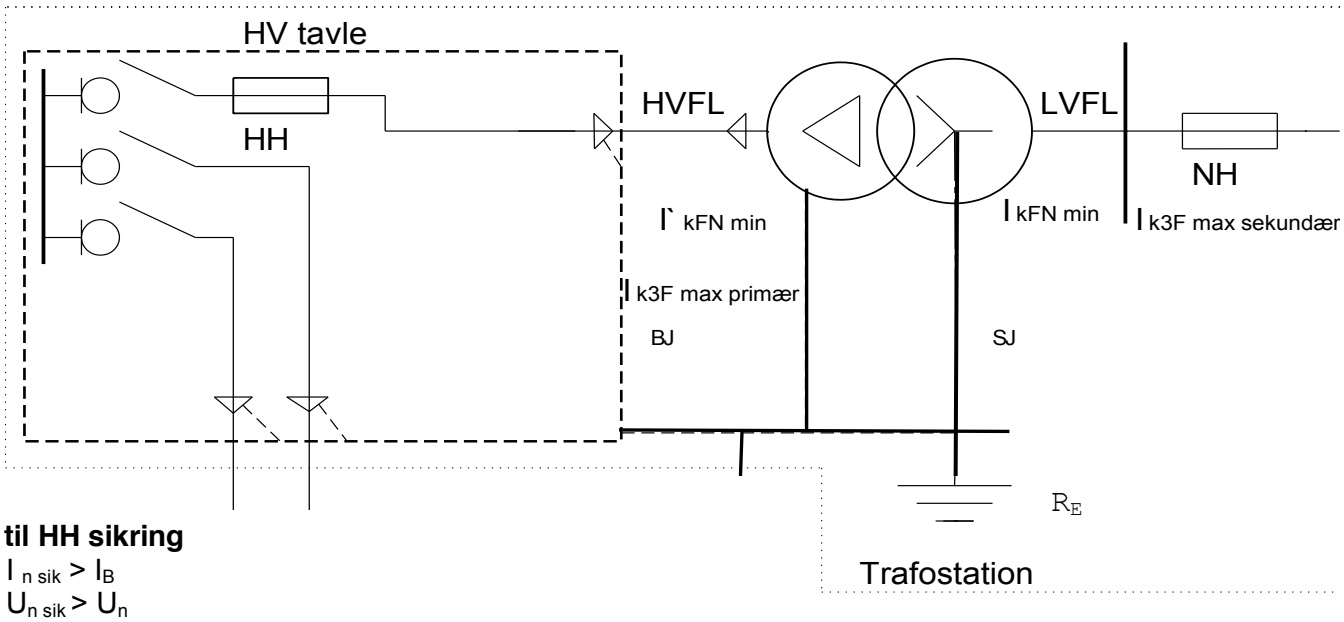
hvis hurtigudløser er frakobler eller $t_{>>}$ stillet så højt at hurtigudløseren ikke aktiveres af I_k på LV siden er $t_{relæ} = t_> + 0{,}1$ [s] , ellers er $t_{relæ} = t_{>>} + 50$ [ms]

Overgangsmodstand R_E

TT system $R_E \leq \frac{U_E}{I_{E(rest)}} = \frac{250}{I_{E(rest)}}$ $SIK\ anbefaler\ U_E = 150V$

TN system: $R_E \leq \frac{U_E}{I_{E(rest)}} = \frac{75}{I_{E(rest)}}$

Dimensionering af transformerstation beskyttet med sikring



Krav til HH sikring

1. $I_{n\,sik} > I_B$
2. $U_{n\,sik} > U_n$
3. $t_{HH\,max} < 2$ s ved $I'_{2k3f\,min}$ aht kb af trafo IEC 60076
4. $t_{HH\,max} < 5$ s ved $I'_{2kFN\,min}$ aht kb af LVFL
5. vælg sikring udfra fx SIBA anbefaling udfra S_T = ? og U_n = ?

Højspændingsledning før HH sikring (HVFL) (skal normalt IKKE dimensioneres)

Krav:

1. $I_{K1s\,kabel} \geq I_{K3f\,\max prim} \cdot \sqrt{t_{linjerelæ}}$ $t_{linjerelæ} = t_> + 0{,}1$ [s]
2. vælg HV kabel
3. Kontrol: $I_{K1s\,kabel} \geq I_{K3f\,\max prim} \cdot \sqrt{t_{linjerelæ}}$
4. Kontrol: $I_{ZK} \geq I_{1/1T\,prim}$

Højspændingsledning efter HH sikring (HVFL)

Krav:

1. $I_{K1s\,kabel} \geq I'_{K\,FN\min sek} \cdot \sqrt{t_{HH\,sikring}}$ hvor $I'_{K\,FN\min sek} = \dfrac{I_{K\,FN\min sek}}{n \cdot \sqrt{3}}$
2. vælg HV kabel
3. Kontrol: $I_{K1s\,kabel} \geq I'_{K\,FN\min sek} \cdot \sqrt{t_{HH\,sikring}} = \sqrt{I'^{2}_{K\,FN\min sek} \cdot t_{HH\,sikring}}$
4. Kontrol: $I_{ZK} \geq I_{1/1T\,prim}$

Lavspændingsledningen efter transformer (LVFL) , skal ob udfra SB afs 6

fx NKT som 1-leder kabel type NOBH (cu -XLPE)

Krav

Belastning: $I_{Z\,tabel} \geq \dfrac{I_{n\,ob}}{K_t \cdot K_s}$ $I_{ZKK} = I_{ZK} \cdot K_S = I_{Z\,tabel} \cdot K_S \cdot K_t \geq I_{n\,ob}$

Kortslutning: $S^2 \cdot K^2 \geq I^2_{K\,FN\min sek} \cdot t_{HH\,sikring}$ **$K_{cu\,PEX}$ = 143 ,** $K_{cu\,pvc}$ = 115 og $K_{Al\,pvc}$ = 76

Sikringen NH i LV tavlen: Krav: $I_{n\,sik} \geq I_B$ og holde til I_{start}

Beskyttelsesjord (BJ) (hvis kb af EA med linjerelæ)

$$S_{BJ-blank\,Cu} \geq \frac{I_{k2f\,\max\,prim}}{K}\sqrt{\frac{t_{linjerelæ}}{\ln\frac{\theta_f+\beta}{\theta_i+\beta}}}\cdot \quad hvor\ \theta_f = t_{sluttemperatur}\ og\ \theta_i = t_{omgivelser}\ og\ \beta = 234{,}5\,cu\ og\ K = 226\,cu$$

indsættes I i [A] og normalt er θ_i = 30 °C og θ_f = 300 °C og t $_{linierelæ}$ = t> + 0,1

$S_{BJ_blank\ Cu\ min}$ = 16 mm^2

Systemjord (SJ)

$$S_{SJ-Cu\,blank} \geq \frac{I_{K\,FN\,\min}}{K}\sqrt{\frac{t_{HH\ sikring}}{\ln\frac{\theta_f+\beta}{\theta_i+\beta}}}\cdot \quad hvor\ \theta_f = t_{sluttemperatur}\ og\ \theta_i = t_{omgivelser}\ og\ \beta = 234{,}5\,cu\ og\ K = 226\,cu$$

indsættes I i [A] og normalt er θ_i = 30 °C og θ_f = 300 °C

$S_{SJ_Cu\ min}$ = 16 mm^2

eller

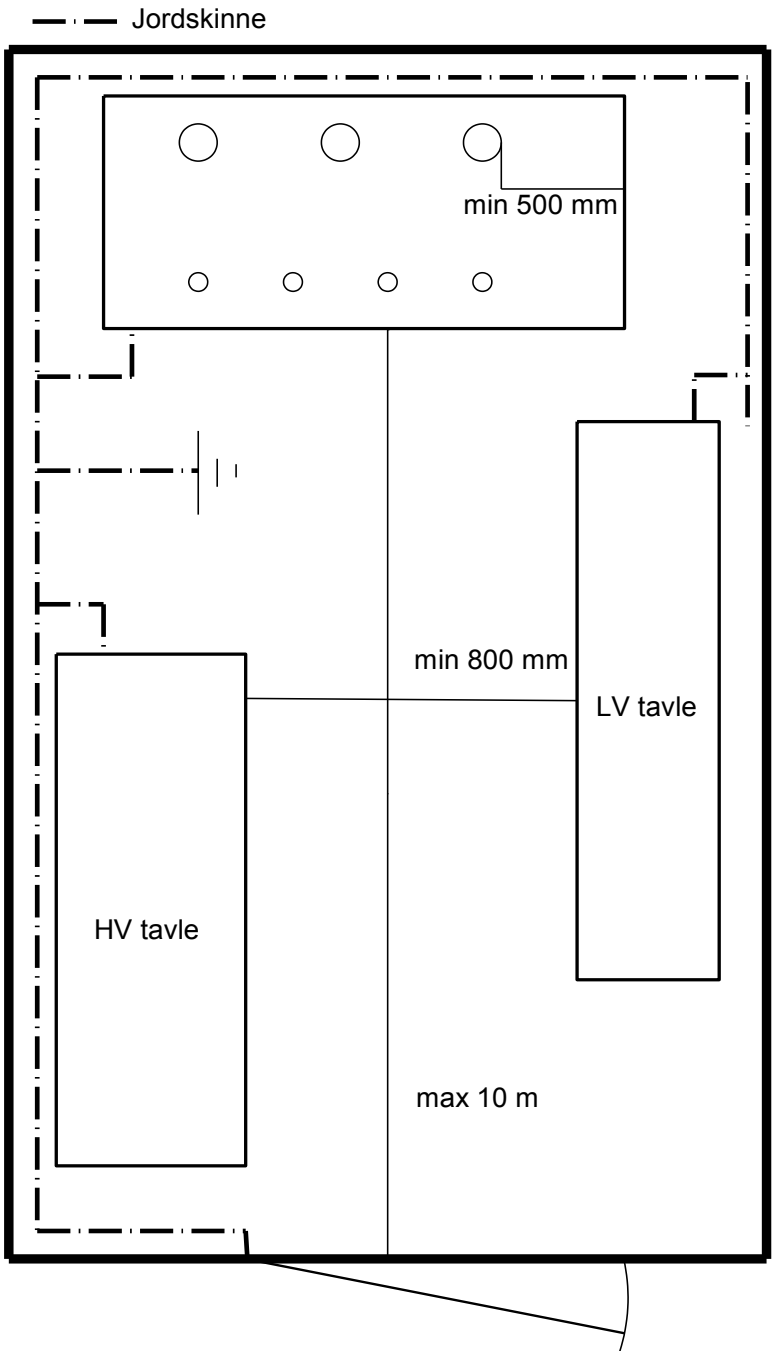
$$S_{SJ-Cu\,blank} \geq \frac{I_{K\,FN\,\min}}{k}\sqrt{t_{HH\,sikring}}$$ hvor k = 160 ved max 200 °C og k = 190 ved 300 °C og θ_i = 30 °C

Overgangsmodstand R_E

TT system $R_E \leq \frac{U_E}{I_{E(rest)}} = \frac{250}{I_{E(rest)}}$ $\quad SIK\ anbefaler\ U_E = 150V$

TN system: $R_E \leq \frac{U_E}{I_{E(rest)}} = \frac{75}{I_{E(rest)}}$

Plantegning transformerstation 10/ 0,4 kV



SB afs 2 § 6 Anlæg

6.1.4:Gang- bredde skal være tilstrækkelig

6.1.5: Belysning - Passende

6.1.7:Mærkning – for at undgå betjeningsfejl

6.3: Åbne indendørs anlæg

Afstande fase-fase og fase-jord §4 tabel 1 ved 10 kV

fase-fase N = 150 mm

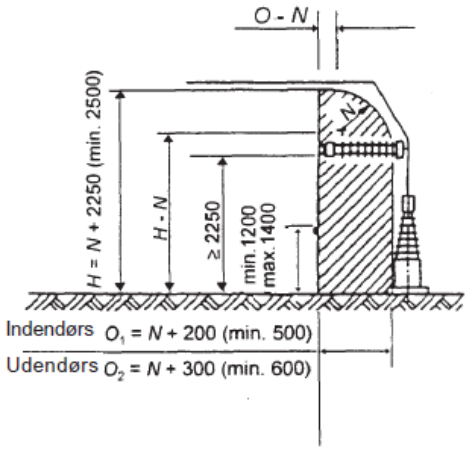
fase-jord N = 90 mm

Afstande -O_1 - til væg –gitter (under 1800 mm) og spærring , bom , reb

O_1 = N + 200 mm (**min 500 mm**)

(se fig 6.1)

Spærring



Barriere mindre end 1800 mm eller bomme, kæder, reb

6.5 : Krav til bygning

6.5.2.1 : Bygning normalt ikke brandbart

Valg og placering af ob (overbelastningsbeskyttelse) til beskyttelse af ledninger

SB afs. 6 KAPITEL 43 OVERSTRØMSBESKYTTELSE

431.1 Spændingsførende ledere skal normalt være beskyttet af en eller flere indretninger, som automatisk afbryder forsyningen i tilfælde af overbelastning (se 433) og kortslutning (se 434),

Note 2

Bestemmelser angående udførelse af overstrømsbeskyttelse er angivet i 473

Note 3

Bøjelige ledninger i fast installation og ledninger tilsluttet kanalskinnesystemer skal overstrømsbeskyttes efter disse bestemmelser.

Tilledninger, som tilsluttes stikkontakter eller udløbsrosetter o.l., er ikke nødvendigvis overbelastningsbeskyttet. Internationale bestemmelser for kortslutningsbeskyttelse af sådanne ledninger er under overvejelse.

KAPITEL 47 ANVENDELSE AF BESKYTTELSESMETODE

473.1 **Overbelastningsbeskyttelse.**

473.1.1 Placering af overbelastningsbeskyttelse.

473.1.1.1 Overbelastningsbeskyttelsen skal anbringes på det sted, hvor en ændring, f.eks. i tværsnit, materiale, installationsmåde eller udformning, medfører en reduktion af ledernes strømværdi, med de undtagelser som er nævnt i 473.1.1.2 og 473.1.2.

473.1.1.2 Overbelastningsbeskyttelsen kan anbringes et vilkårligt sted i den ledning, der skal beskyttes, hvis ledningen mellem det sted, hvor der sker en ændring (i tværsnit, materiale, installationsmåde eller udformning) og det sted, hvor overbelastningsbeskyttelsen er anbragt, hverken har afgreninger eller stikkontakter og opfylder en af følgende betingelser:

a) Den er kortslutningsbeskyttet i overensstemmelse med bestemmelserne i 434.

b) Dens længde overstiger ikke 3 m, den er fremført på en sådan måde, at faren for kortslutning er reduceret til et minimum, og den er ikke anbragt i nærheden af brændbart materiale (se 473.2.2.1).

Note

Bestemmelsen gælder ikke for ledninger i eksplosionsfarlige områder (se DS/EN 60079-14) eller i sprængstofrum (se kapitel 806).

BILAG B TIL KAPITEL 47

Danske eksempler der illustrerer, hvordan visse af bestemmelserne i 473 om overstrømsbeskyttelse af ledningssystemer kan opfyldes. (informativt)

B.473.1.1.2 Alternativ placering af overbelastningsbeskyttelsen.

Fig. B.1 og B.2 viser, hvordan bestemmelserne i henholdsvis a) og b) kan opfyldes.

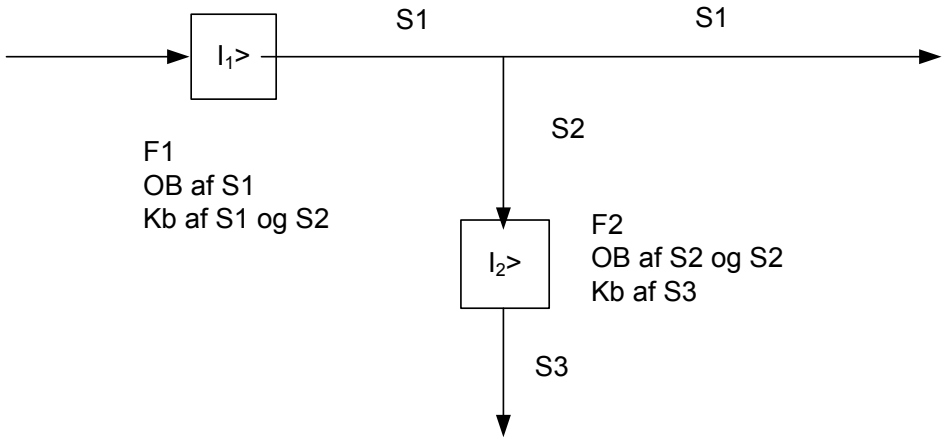


Fig. B.1

Beskyttelsesudstyret F1, der overbelastningsbeskytter ledningen med tværsnit S1 , yder samtidig kortslutningsbeskyttelse for ledningen med tværsnit S2.

Beskyttelsesudstyret F2 overbelastningsbeskytter ledningen med tværsnit S2 og kan være anbragt et vilkårligt sted i denne ledning.

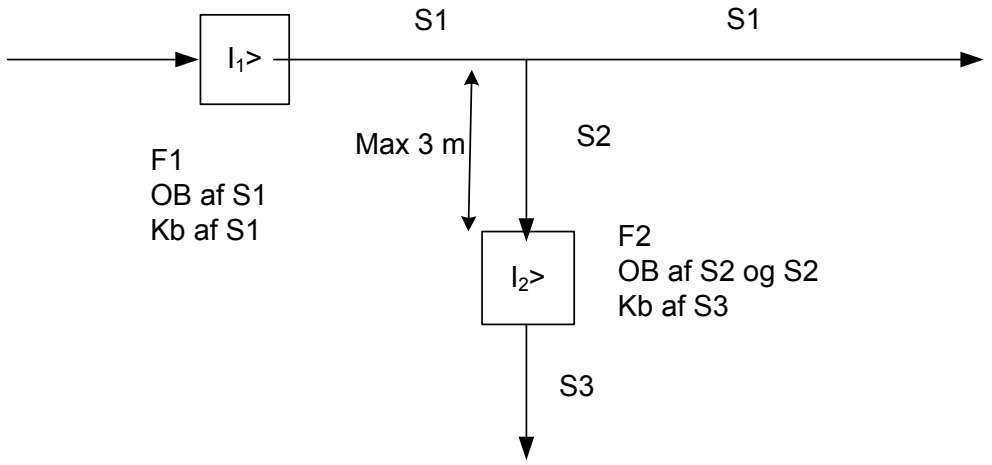


Fig. B.2

Beskyttelsesudstyret F1 kortslutningsbeskytter ledningen med tværsnit S1 , men kan ikke kortslutningsbeskytte ledningen med tværsnit S2. Denne ledning kan overbelastnings- og kortslutningsbeskyttes med beskyttelsesudstyret F2 , forudsat at ledningen mellem afgreningspunktet og F2 opfylder 473.2.2.1 pkt. a), b) og c).

B.473.1.2 Udeladelse af overbelastningsbeskyttelse.

B.473.1.2 a) Ledninger, som er beskyttet af en foransiddende overbelastningsbeskyttelse, kræves ikke særskilt overbelastningsbeskyttet.

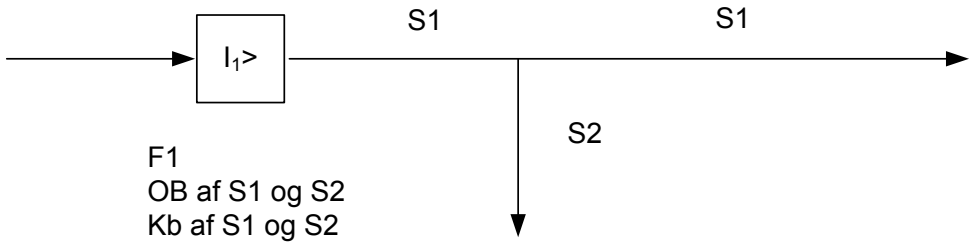


Fig. B.3

Overbelastningsbeskyttelsen F1 beskytter både ledningen med tværsnit S1 og ledningen med tværsnit S2.

B.473.1.2 b) Eksempler på ledninger, som kan antages ikke at blive udsat for overbelastningsstrøm, er
a) en ledning, der kun forsyner en enkelt fast tilsluttet brugsgenstand, som indeholder sin egen overbelastningsbeskyttelse, der samtidig kan beskytte ledningen (fig. B.4)

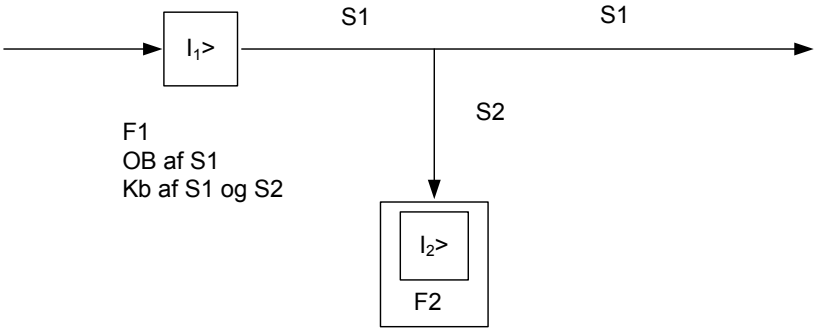


Fig. B.4

Brugsgenstanden med F2 har indbygget overbelastningsbeskyttelse F2, som beskytter ledningen med tværsnit S 2.

b) en ledning, der kun forsyner en enkelt fast tilsluttet brugsgenstand, som ikke har egen overbelastningsbeskyttelse, men som kan antages ikke at kunne forårsage overbelastning af ledningen (fig. B.5).

Note

Eksempler på brugsgenstande, der kan antages ikke at kunne forårsage overbelastning:
- Termiske apparater (vandvarmere, strålevarmere, kogeapparater mv.)
- Belysningsarmaturer (forudsat, at ledningen til armaturet er dimensioneret efter den største lyskildeeffekt, der kan isættes).
- Motorer, som selv med blokeret rotor ikke optager en strøm, der overstiger ledningens strømværdi.

c) en ledning, der forsyner flere strømkredse, som hver har sin egen overbelastningsbeskyttelse, forudsat at summen af overbelastningsbeskyttelsernes mærkestrømme ikke er større end mærkestrømmen for den overbelastningsbeskyttelse, som ville kunne beskytte ledningen (fig. B.6).

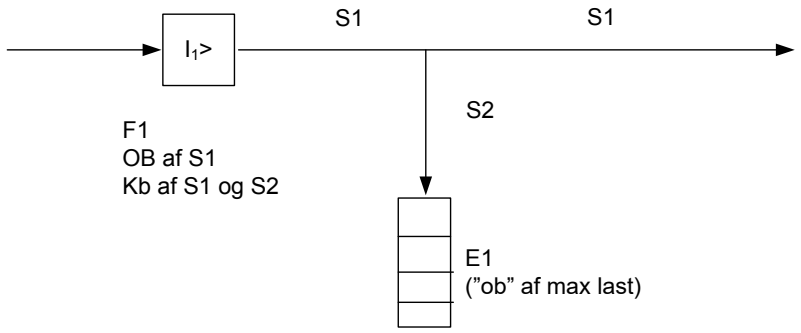


Fig. B.5

Brugsgenstanden E1 har ikke indbygget overbelastningsbeskyttelse, men det antages, at E1 ikke kan forårsage overbelastning af ledningen S 2 . Dette forudsætter bl.a. at E1 ikke indeholder stikkontakter.

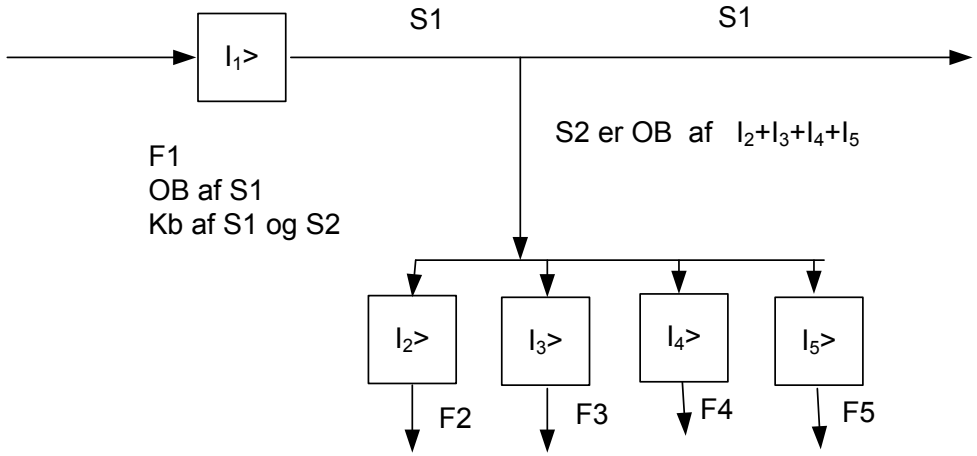


Fig. B.6

Ledningen med tværsnit S 2 er beskyttet af overbelastningsbeskyttelserne F2 til F5.

Generelle krav til dimensionering af installationer LVFL - SL – HL- GL -TL når ob (kb) med sikringer og In ≥ 13 A

Krav : **sikring** -F1 : $I_{n\,sik} \geq I_B$ og holde til startstrøm $I_{sik\,5\,sek} \geq I_{start}$

lastadskiller (afbryder) -Q1 : $I_e = I_n \geq I_B$ og max forsikring $\geq I_{n\,sik}$

GL (ob af -F1) : $I_{zkk} \geq I_{n\,ob} = I_{n\,sik}$ hvor $I_{zkk} = I_{z\,tabel} \cdot K_t \cdot K_s \cdot K_{tm} \cdot K_h$

eller $$I_{Z\,tabel} \geq \frac{I_{n\,ob}}{K_t \cdot K_s \cdot K_{tm} \cdot K_h}$$

$I_{z\,tabel}$ tabel 52 E

K_t tabel 52 F
K_{tm} tabel 52 F3
K_s fra tabel 52 G
K_h fra tabel C 52-1

Kun korrektion med K_S hvis $BG = \frac{I_B}{I_{Z\,tabel} \cdot K_t} \geq 0{,}30$

kb af GL skal ikke kontrolleres når der fælle ob/kb med smeltesikringer –SB 6 kap 435.1 note 2

TL (ikke ob) : $I_{zkk} \geq I_B$ hvor $I_{zkk} = I_{z\,tabel} \cdot K_t \cdot K_s$

eller $$I_{Z\,tabel} \geq \frac{I_B}{K_t \cdot K_s}$$

$I_{z\,tabel}$ for PVC kabel i tabel 52 E

$I_{z\,tabel}$ for gummikabel se fx NKT værdier
K_t tabel 52 F (PVC)eller NKT værdier
K_s fra tabel 52 G (PVC)eller NKT værdier

TL er kb af -F1: max forsikring (mfs) se tabel 43 C eller
$K^2 \cdot S^2 \geq I^2_{k\,min} \cdot t$ $K_{cu\,pvc} = 115$ og $K_{cu\,H07RN} = 141$

ΔU_f

$\Delta U_{f\,GL} = I_B \cdot (R_{GL} \cdot \cos\varphi_B + X_{GL} \cdot \sin\varphi_B)$
$\Delta U_{f\,TL} = I_B \cdot (R_{TL} \cdot \cos\varphi_B + X_{TL} \cdot \sin\varphi_B)$

Generelle krav til dimensionering af installationer når ob (kb) med sikringer og $In_{sik} \leq 10$ A

Krav : **sikring** -F1 : $I_{n\,sik} \geq I_B$ og holde til startstrøm $I_{sik\,5\,sek} \geq I_{start}$

lastadskiller (afbryder) -Q1 : $I_e = I_n \geq I_B$ og max forsikring $\geq I_{n\,sik}$

GL (ob af -F1) : $I_{zkk} \geq = I_{Z\,min}$ $I_{Z\,min}$ tabel 43 A
hvor $I_{zkk} = I_{z\,tabel} \cdot K_t \cdot K_s$

eller $I_{Z\,tabel} \geq \dfrac{I_{z\,min}}{K_t \cdot K_s}$

$I_{z\,tabel}$ tabel 52 E
K_t tabel 52 F
K_s fra tabel 52 G

Kun korrektion med K_S hvis $BG = \dfrac{I_B}{I_{Z\,tabel} \cdot K_t} \geq 0,30$

kb af GL skal ikke kontrolleres når der ob med fælles smeltesikringer

TL (ikke ob) : $I_{zkk} \geq I_B$ hvor $I_{zkk} = I_{z\,tabel} \cdot K_t \cdot K_s$

eller $I_{Z\,tabel} \geq \dfrac{I_B}{K_t \cdot K_s}$

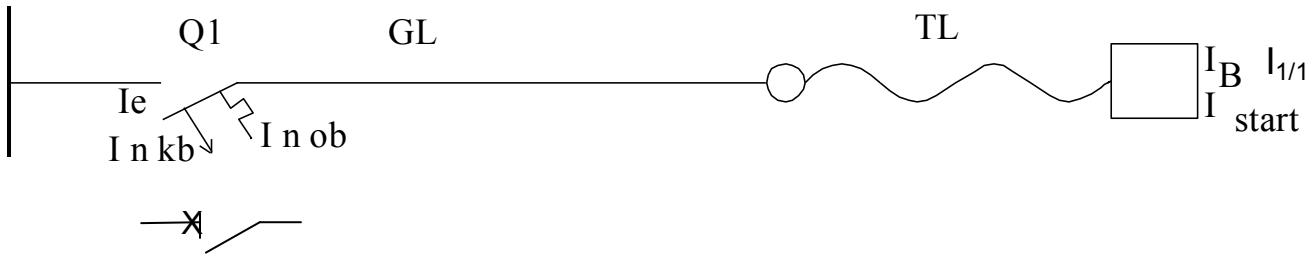
$I_{z\,tabel}$ for PVC kabel i tabel 52 E

$I_{z\,tabel}$ for gummikabel se fx NKT værdier
K_t tabel 52 F eller NKT værdier
K_s fra tabel 52 G eller NKT værdier

TL er kb af -F1: max forsikring (mfs) se tabel 43 C eller
$K^2 \cdot S^2 \geq I^2_{k\,min} \cdot t$ $K_{cu\,pvc} = 115$ og $K_{cu\,H07RN} = 141$

ΔU_f $\Delta U_{f\,GL} = I_B \cdot (R_{GL} \cdot \cos\varphi_B + X_{GL} \cdot \sin\varphi_B)$
$\Delta U_{f\,TL} = I_B \cdot (R_{TL} \cdot \cos\varphi_B + X_{TL} \cdot \sin\varphi_B)$

Generelle krav til dimensionering af installationer SL – HL – GL – TL når ob med automatsikringer - AS type B,C,D



Krav : **AS** -Q1 : $I_e = I_n \geq I_B$ og $I_{cn/cu/cs} \geq I_{k\,max}$

$I_{n\,kb\,max} \leq I_{k\,min}$

$I_{n\,kb\,min} \geq I_{start}$ (holde til startstrøm)

max forsikring $\geq I_{n\,sik}$

GL (ob af -Q1) : $I_{zkk} \geq I_{n\,ob} = I_{n\,termorelæ}$ hvor $I_{zkk} = I_{z\,tabel} \cdot K_t \cdot K_s$

eller $$I_{Z\,tabel} \geq \frac{I_{n\,ob}}{K_t \cdot K_s \cdot K_{tm} \cdot K_h}$$

$I_{z\,tabel}$ tabel 52 E

K_t tabel 52 F

K_s fra tabel 52 G

K_{tm} tabel 52 F3

K_h fra tabel C 52-1

Kun korrektion med K_S hvis $BG = \frac{I_B}{I_{Z\,tabel} \cdot K_t} \geq 0,30$

GL er kb af -Q1 : $K^2 \cdot S^2 \geq I^2_{k\,max} \cdot t$ ($I^2_{k\,max} \cdot t$ = genneløbsenergi)

TL (ikke ob) : $I_{zkk} \geq I_B$ hvor $I_{zkk} = I_{z\,tabel} \cdot K_t \cdot K_s$

eller $$I_{Z\,tabel} \geq \frac{I_B}{K_t \cdot K_s}$$

$I_{z\,tabel}$ for PVC kabel i tabel 52 E

$I_{z\,tabel}$ for gummikabel se fx NKT værdier

K_t tabel 52 F eller fx NKT værdier

K_s tabel 52 G eller fx NKT værdier

TL er kb af -Q1: $K^2 \cdot S^2 \geq I^2_{k\,max} \cdot t$ ($I^2_{k\,max} \cdot t$ = genneløbsenergi)

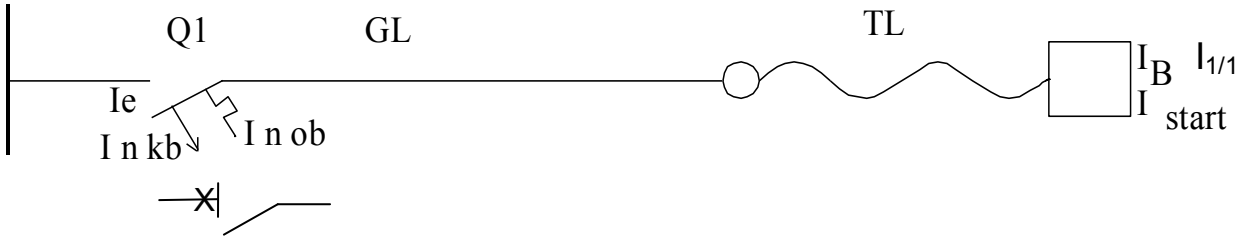
ΔU_f

$\Delta U_{f\,GL} = I_B \cdot (R_{GL} \cdot \cos \varphi_B + X_{GL} \cdot \sin \varphi_B)$

$\Delta U_{f\,TL} = I_B \cdot (R_{TL} \cdot \cos \varphi_B + X_{TL} \cdot \sin \varphi_B)$

for $S \leq 35\ mm^2$ kan normalt ses bort fra X

Generelle krav til dimensionering af installationer LVFL - SL – HL – GL – TL når ob med maksimalafbryder -MA



Krav : MA -Q1 : $I_e \geq I_B$ og

$I_{n\,ob} \leq I_{1/1}$ (hvis ob af motor)
$I_{n\,ob} \geq I_B$ (hvis kun ob af ledning)
$I_{cu/cn} \geq I_{k\,max}$
$I_{n\,kb\,min} \geq I_{start}$
$I_{n\,kb\,max} \leq I_{k\,min}$

GL (ob af -Q1) : $I_{zkk} \geq I_{n\,ob} = I_{n\,termorelæ}$ hvor $I_{zkk} = I_{z\,tabel} \cdot K_t \cdot K_s$

eller $$I_{Z\,tabel} \geq \frac{I_{n\,ob}}{K_t \cdot K_s \cdot K_{tm} \cdot K_h}$$

$I_{z\,tabel}$ tabel 52 E

K_t tabel 52 F
K_s fra tabel 52 G
K_{tm} tabel 52 F3

Kun korrektion med K_S hvis $BG = \frac{I_B}{I_Z \cdot K_t} \geq 0,30$

GL er kb af -Q1 : $K^2 \cdot S^2 \geq I^2_{k\,max} \cdot t$ ($I^2_{k\,max} \cdot t$ = genneløbsenergi)

TL (ikke ob) : $I_{zkk} \geq I_B$ hvor $I_{zkk} = I_{z\,tabel} \cdot K_t \cdot K_s$

eller $$I_{Z\,tabel} \geq \frac{I_B}{K_t \cdot K_s}$$

$I_{z\,tabel}$ for PVC kabel i tabel 52 E

$I_{z\,tabel}$ for gummikabel se fx NKT værdier
K_t (tabel 52 F) eller NKT værdier
K_s (tabel 52 G) eller NKT værdier
K_h fra tabel C 52-1

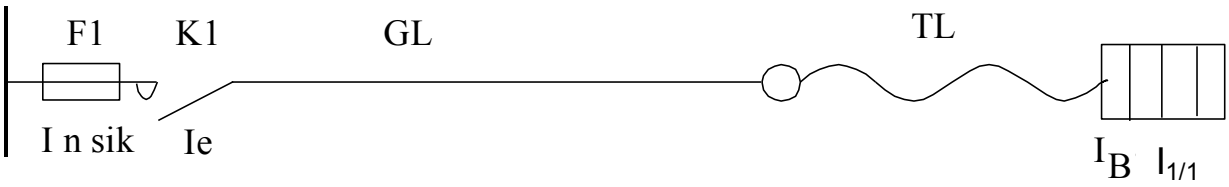
TL er kb af -Q1: $K^2 \cdot S^2 \geq I^2_{k\,max} \cdot t$ ($I^2_{k\,max} \cdot t$ = genneløbsenergi)

ΔU_f

$\Delta U_{f\,GL} = I_B \cdot (R_{GL} \cdot \cos \varphi_B + X_{GL} \cdot \sin \varphi_B)$
$\Delta U_{f\,TL} = I_B \cdot (R_{TL} \cdot \cos \varphi_B + X_{TL} \cdot \sin \varphi_B)$

for $S \leq 35\ mm^2$ kan normalt ses bort fra X

Generelle krav til dimensionering af installationer når " ob " max last – varmelegeme (ikke stikkontakt tilsluttet)



Krav : **sikring** -F1 : $I_{n\,sik} \geq I_B$

kontaktor -K1 : I_e (AC1) $\geq I_B$ og max forsikring $\geq I_{n\,sik}$
(**afbryder**)

GL (ikke ob) : $I_{zkk} \geq I_B$ hvor $I_{zkk} = I_{z\,tabel} \cdot K_t \cdot K_s$

eller $$I_{Z\,tabel} \geq \frac{I_B}{K_t \cdot K_s \cdot K_{tm}}$$

$I_{z\,tabel}$ tabel 52 E

K_t tabel 52 F
K_{tm} tabel 52 F3
K_s fra tabel 52 G

Kun korrektion med K_S hvis $BG = \frac{I_B}{I_{Z\,tabel} \cdot K_t} \geq 0,30$

GL er kb af -F1 : $K^2 \cdot S^2 \geq I^2_{k\,min} \cdot t$

TL (ikke ob) : $I_{zkk} \geq I_B$ hvor $I_{zkk} = I_{z\,tabel} \cdot K_t \cdot K_s$

eller $$I_{Z\,tabel} \geq \frac{I_B}{K_t \cdot K_s}$$

$I_{z\,tabel}$ for PVC kabel i tabel 52 E

$I_{z\,tabel}$ for gummikabel se fx NKT værdier
K_t (tabel 52 F) eller NKT værdier
K_s (tabel 52 G) eller NKT værdier

TL er kb af -F1: max forsikring (mfs) se tabel 43 C eller
$K^2 \cdot S^2 \geq I^2_{k\,min} \cdot t$

ΔU_f $\Delta U_{f\,GL} = I_B \cdot (R_{GL} \cdot \cos\varphi_B + X_{GL} \cdot \sin\varphi_B)$
$\Delta U_{f\,TL} = I_B \cdot (R_{TL} \cdot \cos\varphi_B + X_{TL} \cdot \sin\varphi_B)$

for $S \leq 35\ mm^2$ kan normalt ses bort fra X

SB afs 6 BILAG C TIL KAPITEL 52 Virkningen af harmoniske strømme i symmetrisk belastede trefasesystemer informativ

Hvis nulstrømmen forventes at blive større end fasestrømmen bør overbelastningsbeskyttelsen (og dermed kablets ledertværsnit) vælges på grundlag af nulstrømmen.

Hvis kablets ledertværsnit vælges på grundlag af en nulstrøm, der ikke er væsentlig større end fasestrømmen, er det nødvendigt at reducere den strømværdi, der er angivet i tabellerne ($I_{Z\ tabel}$) for tre belastede ledere.
Hvis nulstrømmen overstiger 135% af fase strømmen, og kablets ledertværsnit vælges på grundlag af nulstrømmen, vil de tre faseledere ikke blive fuldt belastede. Reduktionen af den varme, der produceres af faselederne, udligner den varme, der produceres af nullederen, og gør det unødvendigt at anvende korrektionsfaktor på strømværdien for tre belastede ledere.
SB 6 Tabel C.52-1

Fasestrømmens indhold af tredje harmoniske %	**Korrektionsfaktor**	**K_h**
	Valg af tværsnit baseret på fasestrøm	**Valg af tværsnit baseret på nulstrøm**
0 - 15	1,0	-
15 - 33	0,86	-
33 - 45	-	0,86
>45	-	1,0

Korrektionsfaktorer (K_h) for harmoniske strømme i 4 - og 5 - leder kabler

C.2 Eksempler på anvendelse af korrektionsfaktorer for harmoniske strømme
(redigeret af nbc 2013 11)

Eksempel 1
En trefaset strømkreds med en forventet belastning på I_B = 39 A (forudsætter at $I_{n\ ob}$ = 39 A) og at t = 30 °C) skal installeres ved anvendelse af et fire-leder PVC isoleret kabel fastgjort til en væg, reference installationsmåde C.

Hvis der er 20% tredje harmoniske, skal der anvendes en korrektionsfaktor på k_h = 0,86 og den beregnede strøm bliver:

Krav: $$I_{Z\ tabel} \geq \frac{I_{nob}}{k_t \cdot k_s \cdot k_h \cdot k_{tm}} = \frac{39}{1 \cdot 1 \cdot 0,86} = 45,4\ A$$

Valg og kontrol : 5G10 mm² PVC kabel der har $I_{Z\ tabel}$ = 57 A > 45,4 A ob OK
hvis der ikke er samlet fremføring.
$I_{Z\ tabel}$ = 57 A fra tabel 52-E3 kol 6

Eksempel 2
Hvis der er 40% (0,4) tredje harmoniske (150 Hz), vælges tværsnittet ud fra nulstrømmen, som er:
$I_{nul\ 150\ Hz}$ = 3 *$I_{fase\ 150\ Hz}$ = 3*39 * 0,4 = 46,8 A
Det forudsættes af $I_{n\ ob}$ = 46,8 A og at t = 30 °C og der anvendes en korrektionsfaktor på k_h = 0,86, hvilket medfører en beregnet strøm på:

Krav: $$I_{Z\ tabel} \geq \frac{I_{nob}}{k_t \cdot k_s \cdot k_h \cdot k_{tm}} = \frac{46,8}{1 \cdot 1 \cdot 0,86} = 54,4\ A$$

Valg og kontrol : 5G10 mm² PVC kabel der har $I_{Z\ tabel}$ = 57 A > 54,4 A ob OK
hvis der ikke er samlet fremføring.
$I_{Z\ tabel}$ = 57 A fra tabel 52-E3 kol 6

Eksempel 3

Hvis der er 50% (0,5) tredje harmoniske (150 Hz), vælges tværsnittet ud fra nulstrømmen, som er:

$I_{nul\ 150\ Hz}$ = 3 *$I_{fase\ 150\ Hz}$ = 3*39 * 0,5 = 58,5 A

Det forudsættes af $I_{n\ ob}$ = 58,5 A og at t = 30 °C

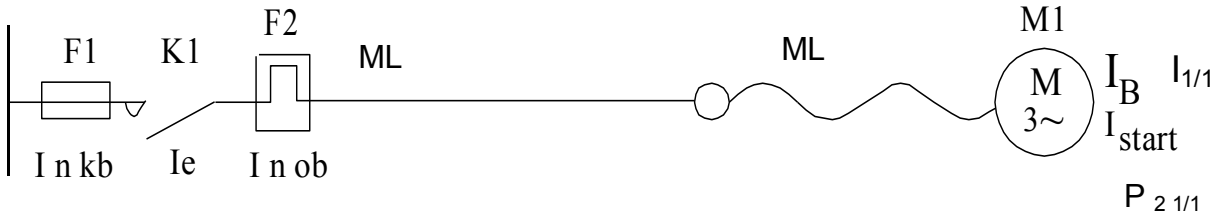
og der anvendes en korrektionsfaktor på k_h = 1, hvilket medfører en beregnet strøm på:

Krav: $$I_{Z\ tabel} \geq \frac{I_{nob}}{k_t \cdot k_s \cdot k_h \cdot k_{tm}} = \frac{58,5}{1 \cdot 1 \cdot 1} = 58,5\ A$$

Valg og kontrol : 5G16 mm² PVC kabel der har $I_{Z\ tabel}$ = 76 A > 58,5 A ob OK
hvis der ikke er samlet fremføring.
$I_{Z\ tabel}$ = 76 A fra tabel 52-E3 kol 6

Generelle krav til dimensionering af installationer på maskiner når ob med termorelæ (Maskinanlæg følger regler i SB 6 IEC)

(motorværn)



Krav : **termorelæ** -F2 : $I_{n\,ob} \leq I_{1/1}$ (skal ob -M1)
og max forsikring $\geq I_{n\,sik}$

kontaktor -K1 : $I_e \geq I_B$ eller $P_{kontaktor} \geq P_{2\ 1/1}$

sikring -F1 : $I_{n\,sik} \geq I_B$ og holde til startstrøm $I_{sik\ 5\ sek} \geq I_{start}$

ML (ob af -F2) : $I_{zkk} \geq I_{n\,ob} = I_{n\,termorelæ}$ hvor $I_{zkk} = I_{z\,tabel} \cdot K_t \cdot K_s$

eller $$I_{Z\,tabel} \geq \frac{I_{nob}}{K_t \cdot K_s} \cdot$$

$I_{z\,tabel\ PVC\ /XLPE}$ tabel 52 E

$I_{z\,tabel}$ for H07RN se fx NKT værdier
K_t tabel 52 F eller NKT værdier
K_s tabel 52 G eller NKT værdier

Kun korrektion med K_S hvis $BG = \frac{I_B}{I_{Z\,tabel} \cdot K_t} \geq 0,30$

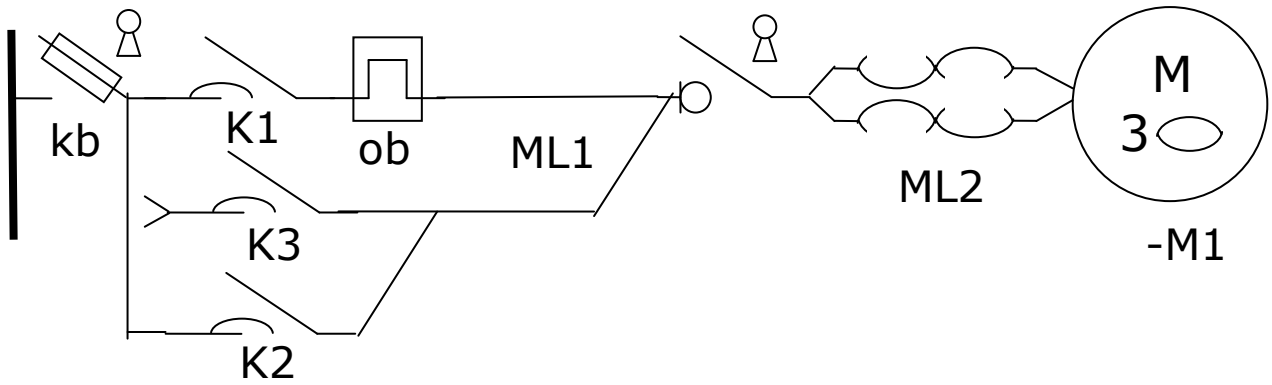
ML er kb af -F1 : $K^2 \cdot S^2 \geq I^2_{k\,min} \cdot t$

ΔU_f

$\Delta U_{f\,GL} = I_B \cdot (R_{GL} \cdot \cos \varphi_B + X_{GL} \cdot \sin \varphi_B)$
$\Delta U_{f\,TL} = I_B \cdot (R_{TL} \cdot \cos \varphi_B + X_{TL} \cdot \sin \varphi_B)$

for $S \leq 35\ mm^2$ kan normalt ses bort fra X

Dimensionering af maskinanlæg med stjerne-trekant starter i maskintavle (følger SB 6 IEC))



Krav : **termorelæ** : $I_{nob} \leq \frac{I_{M1/1}}{\sqrt{3}}$ (skal ob -M1)

og max forsikring $\geq I_{n\ sik}$

kontaktor -K1 og -K2: $I_e \geq \frac{I_{M1/1}}{\sqrt{3}}$ (AC3)

kontaktor -K3: $I_e \geq \frac{I_{M1/1}}{3}$

sikring : $I_{n\ sik} \geq I_{M1/1}$ og holde til startstrøm $I_{sik\ 5\ sek} \geq I_{start}$

sikrings afbr -adskiller : $I_e \geq I_{M1/1}$ (AC23) 3 polet

afbr -adskiller ved motor: $I_e \geq \frac{I_{M1/1}}{\sqrt{3}}$ (AC23) 6 polet

ML (ob af termorelæ) : $I_{zkk} \geq I_{n\ ob} = I_{n\ termorelæ}$ hvor $I_{zkk} = I_{z\ tabel} \cdot K_t \cdot K_s \cdot K_{tm}$

eller $I_{Z\ tabel} \geq \frac{I_{nob}}{K_t \cdot K_s \cdot K_{tm}}$

$I_{z\ tabel}$ tabel 52 E

$I_{z\ tabel}$ for gummikabel
se fx NKT værdier

K_t tabel 52 F

K_{tm} tabel 52 F3

K_s fra tabel 52 G

Kun korrektion med K_S hvis $BG = \frac{I_B}{I_{Z\ tabel} \cdot K_t} \geq 0,30$

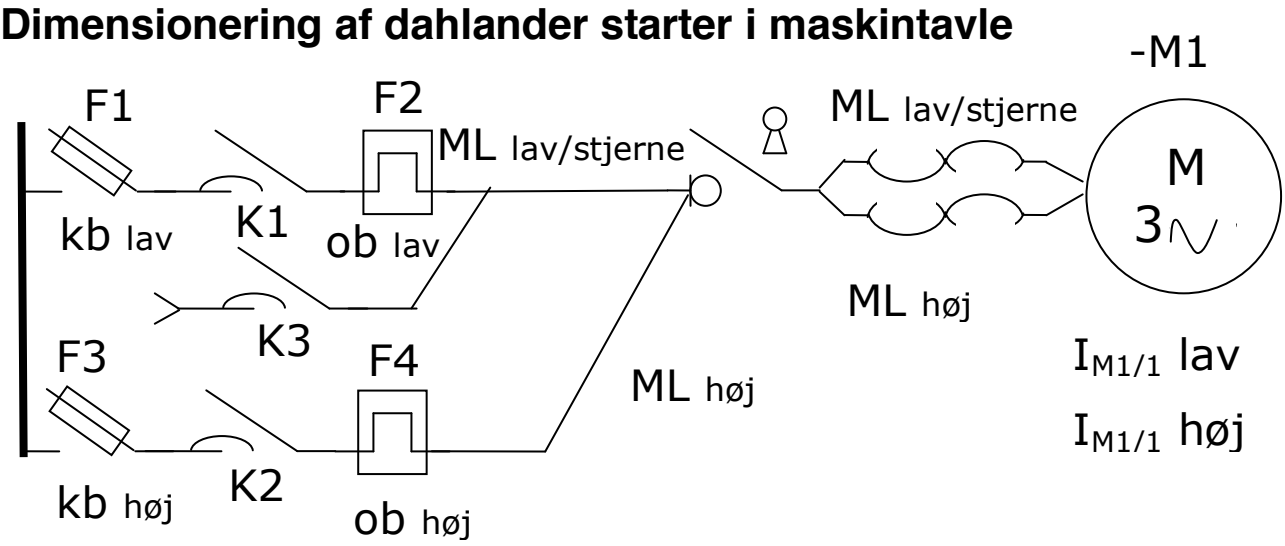
ML er kb af smeltesikringen: $K^2 \cdot S^2 \geq I^2_{k\ min} \cdot t$

ΔU_f $\Delta U_{f\ GL} = I_B \cdot (R_{GL} \cdot \cos \varphi_B + X_{GL} \cdot \sin \varphi_B)$

$\Delta U_{f\ TL} = I_B \cdot (R_{TL} \cdot \cos \varphi_B + X_{TL} \cdot \sin \varphi_B)$ hvor $I_B \leq \frac{I_{M1/1}}{\sqrt{3}}$

for $S \leq 35\ mm^2$ kan normalt ses bort fra X

Dimensionering af dahlander starter i maskintavle



Krav : **termorelæ -F2** lav: $I_{nob}\ lav \le I_{M1/1}\ lav$ (skal ob -M1 i lav hastighed)

og max forsikring $\ge I_{n\ sik}$ -F1

termorelæ -F4 høj: $I_{nob}\ høj \le I_{M1/1}\ høj$ (skal ob -M1 i høj hastighed)

og max forsikring $\ge I_{n\ sik}$ -F3

kontaktor -K1 : $I_e \ge I_{M1/1}\ lav$ (AC3)

kontaktor -K2 : $I_e \ge I_{M1/1}\ høj$ (AC3)

kontaktor -K3: $I_e \ge \frac{I_{M1/1}\ høj}{2}$ (AC3)

sikring -F1: $I_{n\ sik} \ge I_{M1/1}$ lav og holde til startstrøm $I_{sik\ 5\ sek} \ge I_{start}$

sikring -F2: $I_{n\ sik} \ge I_{M1/1}$ høj og holde til startstrøm $I_{sik\ 5\ sek} \ge I_{start}$

Hvis det ikke giver problemer kan -F1 og -F3 erstattes af et fælles sæt sikringer og fælles sikringsafbryder. (3 polet)

sikrings afbr -adskiller (-F1): $I_e \ge I_{M1/1}$ lav (AC23) 3 polet

sikrings afbr –adskiller (-F3) : $I_e \ge I_{M1/1}$ høj (AC23) 3 polet

hvis der er krav om fælles adskiller i tavlen for motorinstallation vælges**:**

afbr -adskiller : $I_e \ge I_{M1/1}\ høj$ (AC23) 3 polet

afbr -adskiller ved motor: $I_e \ge I_{M1/1}\ høj$ (AC23) 6 polet

Dimensionering af dahlander starter i maskintavle

Krav: **ML lav/stjerne**

(ob af termorelæ -F2 eller halv værdi for termorelæ -F4)

$I_{zkk} \geq I_{n\,ob}$ lav og $I_{zkk} \geq \frac{I_{nob}\ høj}{2}$ hvor $I_{zkk} = I_{z\,tabel} \cdot K_t \cdot K_s \cdot K_{tm}$

eller $$I_{Z\,tabel} \geq \frac{I_{nob}\,lav}{K_t \cdot K_s \cdot K_{tm}}$$ **og** $$I_{Z\,tabel} \geq \frac{\frac{I_{nob}\,høj}{2}}{K_t \cdot K_s \cdot K_{tm}}$$

$I_{z\,tabel}$	tabel 52 E
K_t	tabel 52 F
K_{tm}	tabel 52 F3
K_s	fra tabel 52 G

Kun korrektion med K_S hvis $BG = \frac{I_B}{I_{Z\,tabel} \cdot K_t} \geq 0,30$

ML lav er kb af smeltesikringen F1: $K^2 \cdot S^2 \geq I^2_{k\,min} \cdot t$

ML $_{høj}$ (ob af termorelæ -F4)

$I_{zkk} \geq I_{n\,ob}$ høj hvor $I_{zkk} = I_{z\,tabel} \cdot K_t \cdot K_s \cdot K_{tm}$

eller $$I_{Z\,tabel} \geq \frac{I_{nob}\,høj}{K_t \cdot K_s \cdot K_{tm}}$$

$I_{z\,tabel}$	tabel 52 E
$I_{z\,tabel}$	for gummikabel se fx NKT værdier
K_t	tabel 52 F eller fx NKT værdier
K_{tm}	tabel 52 F3
K_s	fra tabel 52 G

Kun korrektion med K_S hvis $BG = \frac{I_B}{I_{Z\,tabel} \cdot K_t} \geq 0,30$

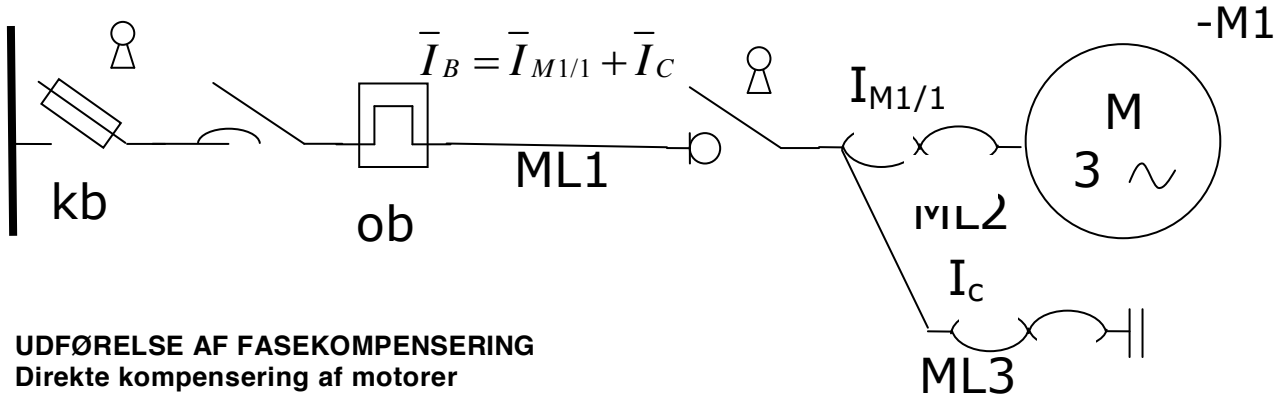
ML $_{lav}$ er kb af smeltesikringen -F3: $K^2 \cdot S^2 \geq I^2_{k\,min} \cdot t$

ΔU $_f$: $\Delta U_{f\,ML\,lav/stjerne} = I_{B\,lav/stjerne}\,(R_{ML\,lav/stjerne} \cdot \cos\varphi_{B\,lav/stjerne} + X_{ML\,lav/stjerne} \cdot \sin\varphi_{B\,lav/stjerne})$

$\Delta U_{f\,ML\,høj} = I_{B\,høj}\,(R_{ML\,høj} \cdot \cos\varphi_{B\,høj} + X_{ML\,høj} \cdot \sin\varphi_{B\,høj})$

for $S \leq 35\ mm^2$ kan normalt ses bort fra X

Dimensionering af fasekompenserings af motor (på maskinanlæg)



UDFØRELSE AF FASEKOMPENSERING
Direkte kompensering af motorer

Ved direkte kompensering af motorer må kondensatorstrømmen normalt ikke overstige 90 % af motorens tomgangsstrøm.

Opmærksomheden henledes på, at det ved direkte kompensering af motorer med elektrisk bremse og motorer med stor svingmasse kan være nødvendigt at tage specielle hensyn til dette.

Krav : **termorelæ** : $I_{n\,ob} \leq I_B$ (skal ob M1) og max forsikring $\geq I_{n\,sik}$
kontaktor : $I_e \geq I_B$
sikring : $I_{n\,sik} \geq I_B$ og holde til startstrøm $I_{sik\,5\,sek} \geq I_{start}$
sikrings afbr -adskiller : $I_e \geq I_B$ (AC23) 3 polet

ML1 (ML3)(ob af termorelæ) : $I_{zkk} \geq I_{n\,ob} = I_{n\,termorelæ}$
hvor $I_{zkk} = I_{z\,tabel} \cdot K_t \cdot K_s \cdot K_{tm}$

eller $I_{Z\,tabel} \geq \dfrac{I_{nob}}{K_t \cdot K_s \cdot K_{tm}}$

$I_{z\,tabel}$ tabel 52 E
K_t tabel 52 F
K_{tm} tabel 52 F3
K_s tabel 52 G

Kun korrektion med K_S hvis $BG = \dfrac{I_B}{I_{Z\,tabel} \cdot K_t} > 0{,}30$

ML1 (ML3) er kb af smeltesikring : $K^2 \cdot S^2 \geq I^2_{k\,min} \cdot t$

M**L2** : $I_{zkk} \geq I_{M1/1}$ hvor $I_{zkk} = I_{z\,tabel} \cdot K_t \cdot K_s$

eller $I_{Z\,tabel} \geq \dfrac{I_{M1/1}}{K_t \cdot K_s}$

$I_{z\,tabel}$ for PVC kabel i tabel 52 E
$I_{z\,tabel}$ for gummikabel se fx NKT værdier
K_t tabel 52 F eller fx NKT værdier
K_s fra tabel 52 G eller fx NKT værdier

ML2 er kb af smeltesikring: $K^2 \cdot S^2 \geq I^2_{k\,min} \cdot t$

ΔU_f

$\Delta U_{f\,ML1} = I_B \cdot (R_{ML1} \cdot \cos \varphi_B + X_{ML1} \cdot \sin \varphi_B)$
$\Delta U_{f\,ML2} = I_{M1/1} \cdot (R_{ML2} \cdot \cos \varphi_B + X_{ML2} \cdot \sin \varphi_B)$
for $S \leq 35\ mm^2$ kan normalt ses bort fra X

Dimensionering af fasekompenseringsanlæg (fælles)

FR 2011 DEL D
UDFØRELSE AF FASEKOMPENSERING
27. Generelt

27.1 I installationer med faseforskydning skal effektfaktoren (≈cos φ) være mellem 0,9 induktiv og 1,0 regnet som middelværdi målt over en 1/4 time.
Boliger kræves ikke fasekompenseret.

27.2 Ved direkte indkobling af kondensatorbatteriet dimensioneres dette efter cos φ målt som middelværdi over 1/4 time under den maksimale kVA-belastning.

28. Automatisk indkobling af kondensatorbatteri

28.1 Kondensatorbatterier skal tilsluttes således, at de kobles ind og ud samtidig med den tilhørende belastning eller således, at ind og udkobling styres automatisk.

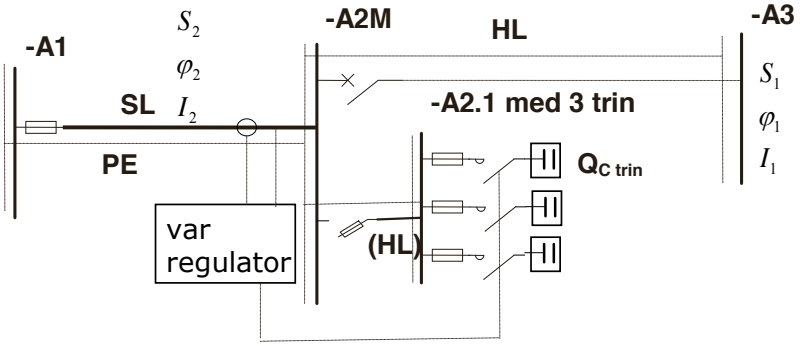
28.2 Automatikken skal være indstillet således, at batteriet indkobles, når belastningens reaktive del udgør ca. 70% af kondensatorbatteriets mærkeeffekt.

Index:
1: Værdier før fasekompensering
2: Værdier efter fasekompensering

$$I_C \geq I_1 \cdot \cos\varphi_1 \cdot (\tan\varphi_1 - \tan\varphi_2)$$
$$Q_C \geq S_1 \cdot \cos\varphi_1 \cdot (\tan\varphi_1 - \tan\varphi_2)$$
$$Q_C = \sqrt{3} \cdot U_n \cdot I_C$$

$$antal\ trin \geq \frac{Q_C}{Q_{C\ trin}}$$

$$\overline{S}_{B2} = \overline{S}_{B1} + \overline{Q}_C$$
$$\overline{I}_{B2} = \overline{I}_{B1} + \overline{I}_C$$



Sikring for kondensatortrin: $I_{n\ sik} \geq (mellem\ 1-1,7) \cdot I_{C\ trin}$
Kontaktor: $Q_{kontaktor} \geq Q_{C\ trin}$ og max forsikring

Sikring foran –A2.1: $I_{n\ sik} \geq I_C$ pas på selektivetet med SL sikring
Afbryder foran –A2.1 : $Q_{afbryder} \geq Q_C$

Hvis –A2.1 ikke er sammenbygget med –A2M er ledningen mellem –A2M og –A2.1 en HL

$$I_{Z\,tabel\ HL} \geq \frac{I_{n\ \ sikring}}{K_t \cdot K_s}$$

Generelt kb af ledninger med smeltesikringer

Krav : LVFL-SL-HL-GL-TL (ML) $S^2 \cdot K^2 \geq I_K^2 \cdot t$

Hvis t ≥ 0,1 s kan S_{min} eller t_{max} findes direkte ud fra formlen.

$$t_{\max} = \left(\frac{S \cdot K}{I_K}\right)^2 \quad eller \quad S_{\min} = \frac{\sqrt{(I_K^2 \cdot t)}}{K}$$

K værdi **tabel 43 B**

K pvc cu = 115 K pvc al = 76
K_{PEX} cu = 143 K_{PEX} al = 94
K gummi cu = 141

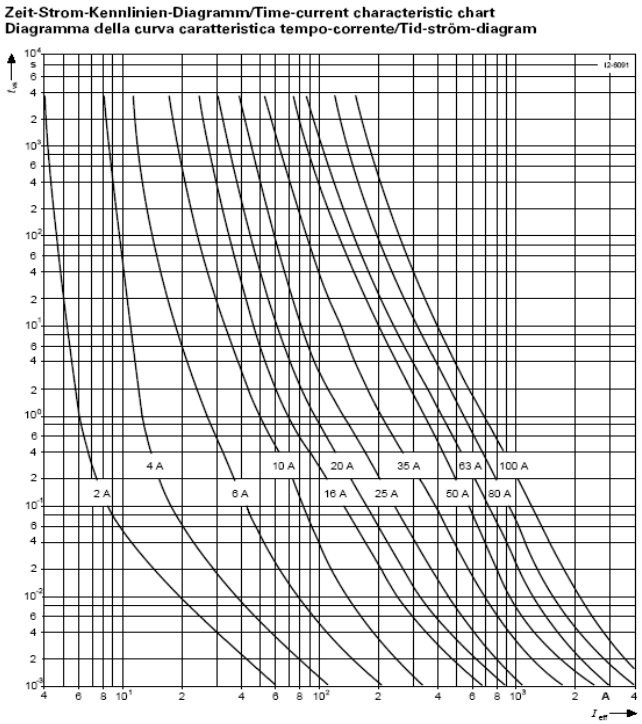
$I_K^2 \cdot t$ er total specifik energi for sikringen

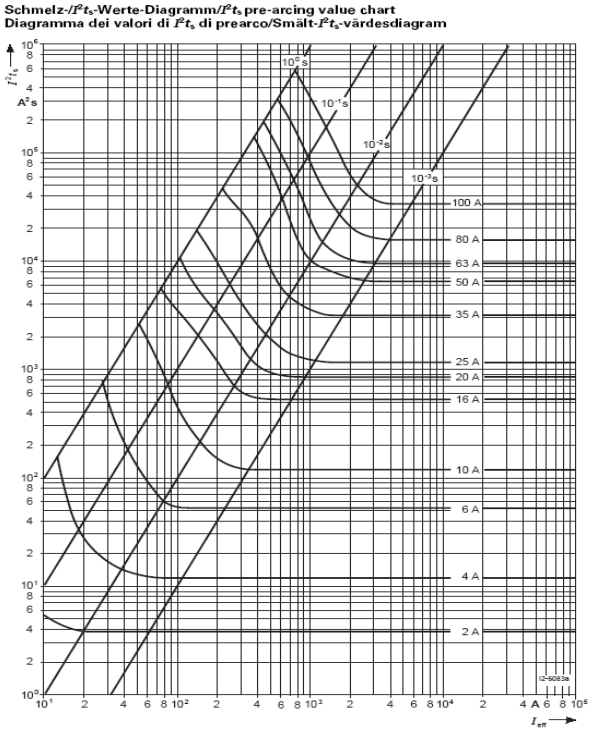
$(I_K^2 \cdot t)_{total} = (I_K^2 \cdot t)_{smelte} + (I_K^2 \cdot t)_{lysbue}$ total = indeks :a , smelte = indeks :s

hvis t_{vs} ≤ 10 ms er $(I_K^2 \cdot t)_{lysbue} = (I_K^2 \cdot t)_{smelte}$ lysbuetiden er normalt max 10 ms (halv perode)

hvis t_{vs} ≤ 1 ms er $(I_K^2 \cdot t)_{lysbue} = \text{konstant}$ fra tabel eller graf

$(I_K^2 \cdot t)_{smelte}$ kan beregnes som $I_p^2 \cdot t_{vs}$ eller aflæses på smelteenergikurverne





Baureihe	I_n	P_v	$\Delta\vartheta$	I^2t_s	I^2t_s	I^2t_a	I^2t_a
Range				**1 ms**	4 ms	AC 230 V	AC 400 V
Siemens	A	W	K	A^2s	A^2s	A^2s	A^2s
5SE2 202	2	1,8	21	3,9	3,7	8,3	10,5
5SE2 204	4	1,3	16	14	15	21	24,5
5SE2 206	6	1,4	18	54	56	112	140
5SE2 210	10	1	20	116	149	305	360
5SE2 216	16	1,6	28	518	603	780	920
5SE2 220	20	1,5	26	880	950	1 560	2 000
5SE2 225	25	1,7	28	1 310	1 440	2 500	3 300
5SE2 235	35	2,4	34	3 200	3 440	5 700	7 000
5SE2 250	50	3,1	42	6 650	7 180	12 300	15 200
5SE2 263	63	4,2	49	9 150	9 940	18 600	23 000
5SE2 280	80	5,4	38	17 000	18 900	28 600	34 400
5SE2 300	100	6,3	38	31 500	34 500	48 000	62 500

Generelt kb af ledninger med maksimalafbryder

(håndbetjentmotorværn og automatsikring)

Krav : LVFL-SL-HL-GL-TL (ML) $S^2 \cdot K^2 \geq I_K^2 \cdot t$

Hvis t ≥ 0,1 s kan S_{min} eller t_{max} findes direkte ud fra formlen.

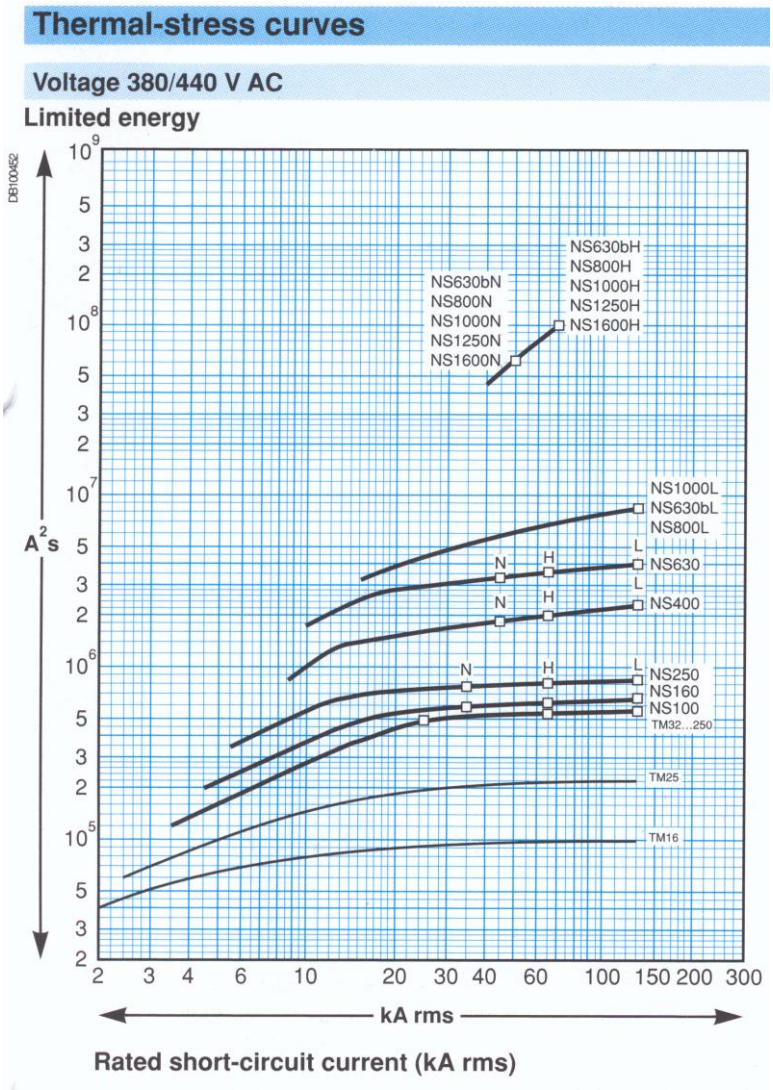
$$t_{max} = \left(\frac{S \cdot K}{I_K}\right)^2 \quad eller \quad S_{min} = \frac{\sqrt{(I_K^2 \cdot t)}}{K}$$

K værdi **tabel 43 B**

K pvc cu = 115 K pvc al = 76
K_{PEX} cu = 143 K_{PEX} al = 94
K gummi cu = 141

$I_K^2 \cdot t$ er gennemløbs (total) specifik energi for maksimalafbryderen

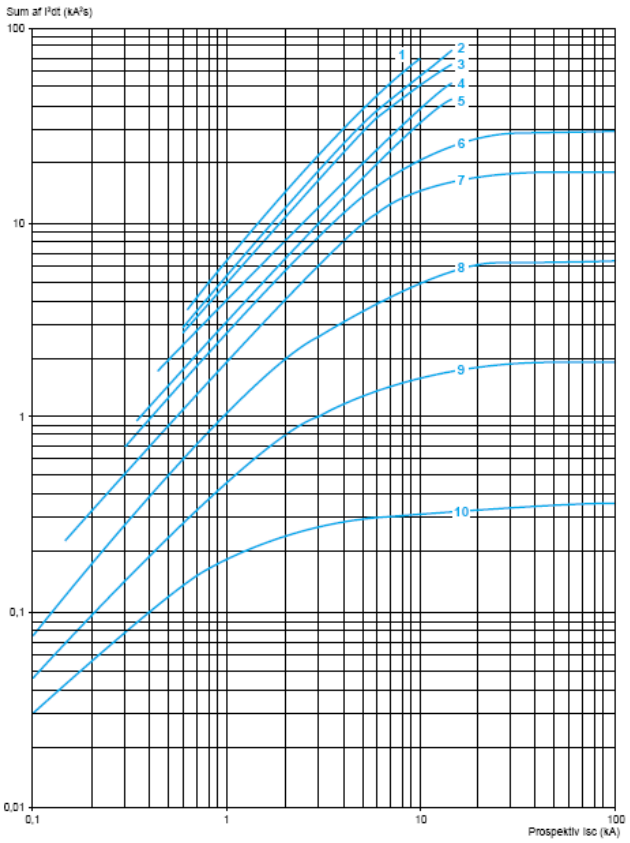
$I_K^2 \cdot t\,[A^2 \cdot s]$ kan aflæses på en gennemløbs energikurve



Strømbegrænsning ved kortslutning for GV2-ME og GV2-P

Termiske påvirkninger (kA2s)

Sum af I²dt = f (prospektiv Isc) ved 1.05 Ue = 435 V



1 24-32 A
2 20-25 A
3 17-23 A
4 13-18 A
5 9-14 A
6 6-10 A
7 4-6.3 A
8 2.5-4 A
9 1.6-2.5 A
10 1-1.6 A

Målersektion (lavspænding)

Målersektion i lavspændingstavlen uddrag fra FR 2014

13.2 I 230/400 V installationer, hvor mærkestrømmen for **overstrømsbeskyttelsen** for måler er **større end 63 A**, skal der anvendes måling med strømtransformere.

21. Generelt

21.1 I en målesektion må kun anbringes ledere og materiel, der vedrører elmålingen.
Der kan dog - efter aftale med netselskabet - anbringes signaludstyr samt udstyr til beskyttelse mod indirekte berøring og beskyttelse mod overspænding.
Strømtransformere til andet formål end elmåling kan anbringes i strømtransformerfeltet under forudsætning af, at de mærkes med tilhørsforhold, og at sekundærledningerne er fremført til separate klemmer uden for målesektionen.
21.2 Tavlefelter for umålt strøm, skal have separate plomberbare dæksler eller låger.
21.3 Måletransformerfeltet skal - mod omgivende felter - have en kapsling, der mindst er i kapslingsklasse IP2X.
Målerfelter skal - mod omgivende felter - have en kapsling, der mindst er i kapslingsklasse IP4X.

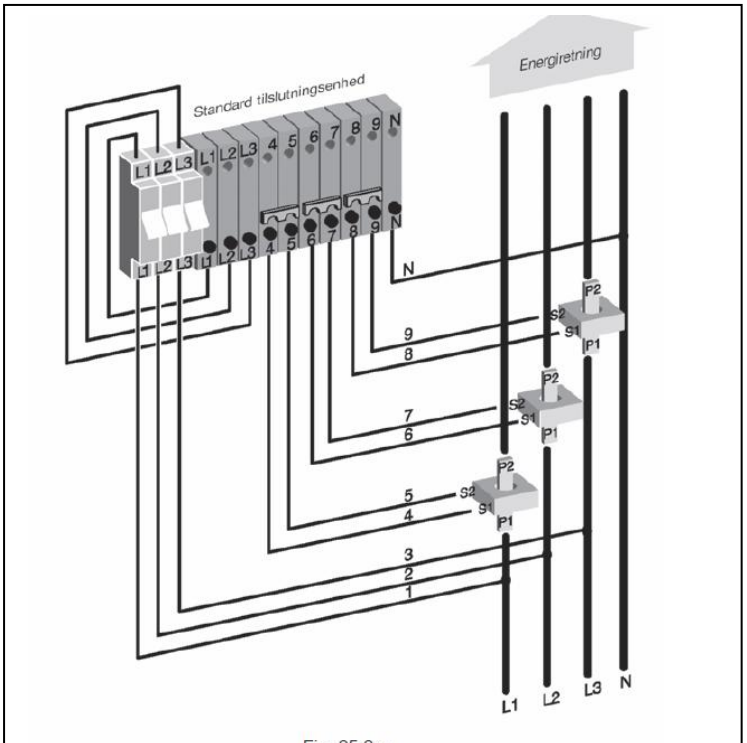


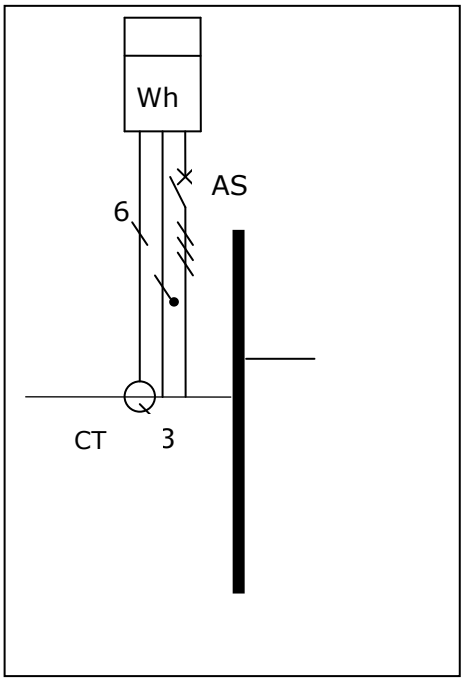
Fig. 25.2.a

22. Strømtransformere (CT)
22.1 Strømtransformere skal være anbragt i et felt for måletransformere.
Feltet skal være anbragt i nærheden af målerfeltet.

22.3 Strømtransformere monteres på skinnelaskerne på en sådan måde, at transformernes tekniske data umiddelbart kan aflæses.
Alle tilslutningssteder skal være let tilgængelige for netselskabets personale, så forbindelser, bolte mv. kan kontrolleres.

22.4 **Strømtransformere** (CT) skal afpasses efter målesektionens største samtidige belastningsstrøm.

Der anvendes følgende størrelser:
- 300/5, 600/5, 1000/5 og 1200/5.
Ved belastningsstrøm > 1200 A, aftales strømtransformerstørrelse med netselskabet i hvert enkelt tilfælde.
Strømtransformere skal være **klasse 0,2 s** og overholde gældende krav til DS/EN 60044-1 med følgende tilføjelse:
Strømtransformere skal have faste klemmer.



22.5 Strømtransformere (CT) skal monteres på Cu-skinnelasker :

26.3 Målerens **spændingskreds** skal kortslutningsbeskyttes med en trepolet **automatsikring** i specialudførelse:
- Den automatiske udkobling skal ske for alle tre faser på en gang
- Automatsikringen (AS) skal have en mærkestrøm på minimum 2A med en D karakteristik og en **brydeevne på mindst 100 kA** iht. EN 60947-2

26.4 Automatsikringer og klemrække skal have **tilslutningsmuligheder for 2,5 mm²** ledning.
Ledninger og klemmer skal være mærket som vist i fig. 25.2.a .

SB afs 6 danske bestemmelser tabeller til ob/kb af installationer

$I_{zk} = I_z \cdot K_t$ $I_{zkk} = I_{zk} \cdot K_s$ Krav SL - HL - GL : $I_{ZKK} \geq I_{n\,ob}$ Krav TL : $I_{ZKK} \geq I_B$

Tabel A.2

Strømværdi - I_z - PVC for PVC isoleret kabel eller ledninger ved 30 °C A1,A2,B1,B2,C,E,F se tabel 52-D2						Gummi kabel I_z 4 leder 3 faser
Leder-tværsnit S mm²	Mindre Gode Varmeafledningsforhold		Normale VarmeAfledningsforhold		Særlige Gode Varmeledningsforhold	H07RN-F H05RR-F TL - NKT
Kobber	I_z - mgvaf A		I_z- nvaf A		I_z- sgvaf A	I_z A
	A1	A2	B1,C	B2	E,F	
0,75 1 1,5	7,5 10,5 13,5	7,5 10,5 10,5	**9** **12** **15,5**	**9** **12** **15**	10 14,5 18,5	**6** **10** **16**
2,5 4 6	18 24 31	17,5 23 29	**21** **28** **36**	**20** **27** **34**	25 34 43	**20** **30** **37**
10 16 25	42 56 73	39 52 68	**50** **68** **89**	**46** **62** **80**	60 80 101	**52** **69** **92**
35 50 70	89 108 136	83 99 125	**111** **134** **171**	**99** **118** **149**	126 153 196	**114** **143** **178**
95 120 150	164 188 216	150 172 196	**207** **239** **299**	**179** **206**	238 276 319	**210** **246** **282**
185 240 300	248 286 328	223 261 298	**341** **403** **464**		364 430 497	**319** **377** **430**
Aluminium mm²	I_z al mgvaf A		I_z al nvaf A		I_z al sgvaf A	
16 25 35	43 57 70	41 53 65	**53** **69** **86**	48 62 77	61 78 96	
50 70 95	84 107 129	78 98 118	**105** **133** **161**	**92** **116** **139**	117 150 183	
120 150 185	149 170 194	135 155 176	**186** **227** **259**	160	212 245 280	
240 300	227 261	207 237	**305** **351**		330 381	

NKT: Nkt teknisk katalog 2005
I_Z : tabel 45
Kt : tabel 47

GKSOJ = H07RN-F

Tabel A.4

Korrektionsfaktorer - K_t - for PVC isolerede kabler og ledninger ved omgivelsestemperarturer forskellig fra 30°C		Gummi - EPR H07RN-F H05RR-F
Omgivelsestemperatur °C t> - ≥t	K_t PVC	K_t Gummi NKT
0 – 10 10 - 15 15 - 20	1,22 1,17 1,12	**1** **1** **1**
20 - 25 25 - **30** 30 - 35	1,06 1 0,94	**1** **1** **0,91**
35 - 40 40 - 45 45 - 50	0,87 0,79 0,71	**0,82** **0,71** **0,58**
50 – 55 55 - 60	0,61 0,50	**0,41**

Tabel A.5

Sideløbskorrektion K_s hvis BG>0,75 og l > 35 cm og a< 2d

Nr	Fremføring	Antal strømkredse				
		2	3	4	6	9
1	Bundt på flade eller forsænket	0,80				
2	Enkelt lag væg/gulv	0,85	0,80			
3	Enkelt lag loft	0,80				
4	Enkelt lag perf.kabelbak.	0,90	0,80			
5	Enkelt lag kabelstige	0,85	0,80	0,80	0,80	0,80

$$BG = \frac{I_B}{I_Z \cdot k_t}$$

Tabel 43 A

Sikringer In ≤ 10A

$I_{n\,sik}$	I_{zmin}
2	2,5
4	5
6	7
10	12

Krav : $I_{ZKK} \geq I_{zmin}$

Hvis ob med sikringer med In ≤ 10 A

Tabel for automatsikringer type L/G/U

$I_{n\,AS}$	I_{zmin}
6	7,9
10	13,1
16	21
20	24,1
25	30,2
32	35,3
40	44,1
50	55,1

Krav : $I_{ZKK} \geq I_{zmin}$

Bilag A til kap 43 kb af TL

S mm²	$I_{n\,kb}$ [A] max f sik
0,5 0,75 1 1,5	10 20 25 32
2,5 4 6 10	40 50 80 100
16 25 35	160 200 250
50 70 95	315 400 500

Kortslutningsbeskyttelse SB § 434

Krav:: $S^2 K^2 \geq I_k^2 \; t$

Hvis t ≥ 0,1 s kan S_{min} eller t_{max} findes direkte udfra formlen.

$$t_{max} = \left(\frac{S \cdot K}{I_K}\right)^2 \quad eller \quad S_{min} = \frac{\sqrt{(I_K^2 \cdot t)}}{K}$$

K værdi **tabel 43 B**

K pvc cu = 115 K pvc al = 76

K_{PEX} cu = 143 K_{PEX} al = 94

K gummi cu = 141

SB afs 6 danske bestemmelser tabeller til ob/kb af installationer

$I_{zk} = I_z \cdot K_t$ $I_{zkk} = I_{zk} \cdot K_s$ Krav SL - HL - GL : $I_{ZKK} \geq I_{n\,ob}$ Krav TL : $I_{ZKK} \geq I_B$

Tabel A.3

Leder-tværsnit S mm²	Strømværdi - I_z - XLPE for PEX isoleret kabel eller ledninger ved 30 °C A1,A2,B1,B2,C,E,F se tabel 52-D2: Mindre Gode Varmeafledningsforhold A1	A2	Normale VarmeAfledningsforhold B1,C	B2	Særlige Gode Varmeledningsforhold E,F	Gummi kabel I_z 4 leder 3 faser H07RN-F H05RR-F TL - NKT
Kobber	I_z - mgvaf A		I_z- nvaf A		I_z- sgvaf A	I_z A
0,75 1 1,5	17	16,5	**20**	**19,5**	23	**6** **10** **16**
2,5 4 6	23 31 40	22 30 38	**28** **37** **48**	**26** **35** **44**	32 42 54	**20** **30** **37**
10 16 25	54 73 95	51 68 89	**66** **88** **117**	**60** **80** **105**	75 100 127	**52** **69** **92**
35 50 70	117 141 179	109 130 164	**144** **175** **222**	**128** **154** **194**	158 192 246	**114** **143** **178**
95 120 150	216 249 285	197 227 259	**269** **312** **371**	**233** **268**	298 346 399	**210** **246** **282**
185 240 300	324 380 435	295 346 396	**424** **500** **570**		456 538 621	**319** **377** **430**
Aluminium mm²	I_z al mgvaf A		I_z al nvaf A		I_z al sgvaf A	
16 25 35	58 76 94	55 71 87	**71** **93** **116**	**64** **84** **103**	77 97 120	
50 70 95	113 142 171	104 131 157	**140** **179** **217**	**124** **156** **188**	146 187 227	
120 150 185	197 226 256	180 206 233	**251** **283** **323**	**216**	263 304 347	
240 300	300 344	273 313	**382** **440**		409 471	

NKT:
Nkt teknisk katalog 2005
I_Z : tabel 45
Kt : tabel 47

GKSOJ = H07RN-F

Tabel A.4

Korrektionsfaktorer - K_t - for XLPE isolerede kabler og ledninger ved omgivelsestemperarturer forskellig fra 30°C: Omgivelsestemperatur °C t> - ≥t	K_t XLPE	Gummi - EPR H07RN-F H05RR-F K_t Gummi NKT
0 – 10 10 - 15 15 - 20	1,15 1,12 1,08	**1** **1** **1**
20 - 25 25 - **30** 30 - 35	1,04 1 0,96	**1** **1** **0,91**
35 - 40 40 - 45 45 - 50	0,91 0,87 0,82	**0,82** **0,71** **0,58**
50 – 55 55 - 60	0,76 0,71	**0,41**

Tabel A.5

Sideløbskorrektion K_s hvis BG>0,75 og l > 35 cm og a< 2d

Nr	Fremføring	Antal strømkredse 2	3	4	6	9
1	Bundt på flade eller forsænket	0,80				
2	Enkelt lag væg/gulv	0,85	0,80			
3	Enkelt lag loft	0,80				
4	Enkelt lag perf.kabelbak.	0,90	0,80			
5	Enkelt lag kabelstige	0,85	0,80	0,80	0,80	0,80

$$BG = \frac{I_B}{I_Z \cdot k_t}$$

Tabel 43 A
Sikringer In ≤ 10A

$I_{n\,sik}$	I_{zmin}
2	2,5
4	5
6	7
10	12

Krav : $I_{ZKK} \geq I_{zmin}$

Hvis ob med sikringer med In ≤ 10 A

Tabel for automatsikringer type L/G/U

$I_{n\,AS}$	I_{zmin}
6	7,9
10	13,1
16	21
20	24,1
25	30,2
32	35,3
40	44,1
50	55,1

Krav : $I_{ZKK} \geq I_{zmin}$

Bilag A til kap 43 kb af TL

S mm²	$I_{n\,kb}$ [A] max f sik
0,5 0,75 1 1,5	10 20 25 32
2,5 4 6 10	40 50 80 100
16 25 35	160 200 250
50 70 95	315 400 500

Kortslutningsbeskyttelse
SB § 434

Krav:: $S^2 K^2 \geq I_k^2 \; t$

Hvis t ≥ 0,1 s kan S_{min} eller t_{max} findes direkte udfra formlen.

$$t_{max} = \left(\frac{S \cdot K}{I_K}\right)^2 \quad eller \quad S_{min} = \frac{\sqrt{(I_K^2 \cdot t)}}{K}$$

K værdi **tabel 43 B**

K pvc cu = 115 K pvc al = 76

K_{PEX} cu = 143 K_{PEX} al = 94

K gummi cu = 141

5 sekund strøm for smeltesikringer gG ($I_{5[s]}$)

Anvendes til kontrol af motor startstrøm .$I_{5[s]} \geq I_{start}$

(Giver også oversigt over sikringstyper - størrelser)

Type	In [A]	sikring 5 sek strøm	Type	In [A]	sikring 5 sek strøm	Tyge	In [A]	sikring 5 sek strøm
D01	2	5,5	NH00 og NH 0	6	17	NH 2	80	330
	4	11		10	32		100	420
	6	22		16	5i		125	590
	10	38		20	66		160	780
	13	49						
	16	57		25	83		200	980
D02	20	80		32	110		224	1300
	25	92		35	135		250	1500
	35	140		40	150		300/315	1850
	50	225		50	190		355	2200
	63	285		63	245		400	2500
D03	80	370		80	330	NH 3	425	2900
	100	440		100	480		500	3400
DZII hurtig	2	4,5		125	530		630	4200
	4	9		160	720	NH 4 og NH 4a	800	5850
	6	16	NH 1	35	105		1000	7900
	10	23		40	120		1250	10500
	16	42		50	200	Anvendes til kontrol motor startstrøm . $I_{5sek} \geq I_{start}$		
	20	53		63	250			
	25	75		80	300			
DZIII hurtig	35	95		100	420			
	50	160		125	610			
	63	190		160	780			
DZIV hurtig	80	230		200	1050			
	100	320		224	1200			
				250	1500			

Lavspændings kabel resistans og reaktans (IEC 287-1-1)

Vekselstrømsresistans ved 20 °C			
S tværsnit [mm²]	Installationskabel 3-4-5 leder		Tilledning 3-4-5 leder
	Kobber Ω/km	Aluminium Ω/km	Kobber Ω/km
0,75	-	-	26,00
1	-	-	19,50
1,5	12,10	-	13,30
2,5	7,41	-	7,98
4	4,61	-	4,95
6	3,08	-	3,30
10	1,83	-	1,91
16	1,15	1,910	1,21
25	0,7274	1,200	0,7803
35	0,5246	0,8682	0,5545
50	0,3878	0,6413	0,3868
70	0,2692	0,4435	0,2732
95	0,1946	0,3207	0,2076
120	0,1551	0,2539	0,1630
150	0,1266	0,2071	0,1315
185	0,1023	0,1654	0,1091
240	0,0796	0,1269	0,0841
300		0,1024	0,0691

nkt cables

Tabel 16: Reaktans X_1 i ohm/km ved 50 Hz for 3-, 4- og 5-leder kabler
Tabellen angiver reaktansen i ohm/km.

Tværsnit	Kabeltype						
	PVIKL[1], PVIK[1] PVIKS[1], NOIK NOIKL, NOBH	PVIKL[1], PVIK[1] PVIKS[1], NOIK NOIKL, NOBH NOBH-CU-S	PVIKL[1], PVIK[1] PVIKS[1], NOIK NOIKL, NOBH	NOIK-AL-M NOIK-AL-S NOBH-AL-M NOBH-AL-S PEX-M-AL[2]	NOIK-AL-M	NOSP-CU NOPBH-CU NOSP-AL NOPBH-AL	NOSP-CU NOPBH-CU NOSP-AL NOPBH-AL
mm²	3-leder	4-leder	5-leder	4-leder	5-leder	3-leder	4-leder
1,5	0,108	0,115	0,128	-	-	-	-
2,5	0,099	0,107	0,120	-	-	0,099	-
4	0,096	0,103	0,117	-	-	0,096	-
6	0,093	0,100	0,114	-	-	0,093	-
10	0,083	0,090	0,104	-	-	0,091	-
16	0,086	0,093	0,107	0,091	0,105	0,086	-
25	0,085	0,092	0,106	0,084	0,098	0,077	-
35	0,073	0,080	0,094	0,082	-	0,070	-
50	0,073	0,080	-	0,081	-	0,074	0,080
70	0,072	0,079	-	0,080	-	0,073	0,079
95	0,070	0,077	-	0,078	-	0,071	0,077
120	0,070	0,077	-	0,077	-	0,070	0,077
150	0,070	0,077	-	0,078	-	0,071	0,077
185	0,070	0,077	-	0,078	-	0,071	0,077
240	0,070	0,077	-	0,077	-	0,070	0,077
300	-	-	-	0,077	-	-	-

1) Kun 1,5 - 16mm²
2) Kabeltypen må ikke umiddelbart anvendes i installationer omfattet af SB afsnit 6: 2001.

Reaktans for lavspændings 4 led kabel og 1 led PE kabel 50 Hz

Leder tvær-snit		tæt		0,1 m		0,25 m		0,5 m		1m		2 m	
S_{L123} mm²	S_{PE} mm²	Fase-leder X_{L123} mΩ/m	PE-leder X_{PE} mΩ/m	Fase-leder X_{L123} mΩ/m	PE-leder X_{PE} mΩ/m	Fase-leder X_{L123} mΩ/m	PE-leder X_{PE} mΩ/m	Fase-leder X_{L123} mΩ/m	PE-leder X_{PE} mΩ/m	Fase-leder X_{L123} mΩ/m	PE-leder X_{PE} mΩ/m	Fase-leder X_{L123} mΩ/m	PE-leder X_{PE} mΩ/m
6	6	0,157	0,153	0,280	0,276	0,337	0,333	0,381	0,377	0,424	0,420	0,468	0,464
10	6	0,150	0,163	0,262	0,276	0,320	0,333	0,363	0,377	0,407	0,420	0,451	0,464
10	10	0,153	0,150	0,262	0,260	0,320	0,318	0,363	0,361	0,407	0,405	0,451	0,448
16	6	0,142	0,168	0,250	0,276	0,307	0,333	0,351	0,377	0,394	0,420	0,438	0,464
16	10	0,144	0,155	0,250	0,260	0,307	0,318	0,351	0,361	0,394	0,405	0,438	0,448
16	16	0,146	0,143	0,250	0,246	0,307	0,304	0,351	0,347	0,394	0,391	0,438	0,434
25	6	0,134	0,175	0,234	0,276	0,292	0,333	0,335	0,377	0,379	0,420	0,422	0,464
25	10	0,136	0,162	0,234	0,260	0,292	0,318	0,335	0,361	0,379	0,405	0,422	0,448
25	16	0,137	0,150	0,234	0,246	0,292	0,304	0,335	0,347	0,379	0,391	0,422	0,434
25	25	0,140	0,138	0,234	0,232	0,292	0,290	0,335	0,333	0,379	0,377	0,422	0,420
35	6	0,129	0,181	0,223	0,276	0,281	0,333	0,324	0,377	0,368	0,420	0,411	0,464
35	10	0,131	0,168	0,223	0,260	0,281	0,318	0,324	0,361	0,368	0,405	0,411	0,448
35	16	0,132	0,155	0,223	0,246	0,281	0,304	0,324	0,347	0,368	0,391	0,411	0,434
35	25	0,134	0,143	0,223	0,232	0,281	0,290	0,324	0,333	0,368	0,377	0,411	0,420
35	35	0,136	0,133	0,223	0,220	0,281	0,278	0,324	0,321	0,368	0,365	0,411	0,409
50	10	0,111	0,160	0,212	0,260	0,269	0,318	0,313	0,361	0,356	0,405	0,400	0,448
50	16	0,113	0,147	0,212	0,246	0,269	0,304	0,313	0,347	0,356	0,391	0,400	0,434
50	25	0,115	0,135	0,212	0,232	0,269	0,290	0,313	0,333	0,356	0,377	0,400	0,420
50	35	0,117	0,126	0,212	0,220	0,269	0,278	0,313	0,321	0,356	0,365	0,400	0,409
50	50	0,119	0,118	0,212	0,210	0,269	0,267	0,313	0,311	0,356	0,355	0,400	0,398
70	16	0,122	0,167	0,201	0,246	0,258	0,304	0,302	0,347	0,345	0,391	0,389	0,434
70	25	0,123	0,155	0,201	0,232	0,258	0,290	0,302	0,333	0,345	0,377	0,389	0,420
70	35	0,125	0,145	0,201	0,220	0,258	0,278	0,302	0,321	0,345	0,365	0,389	0,409
70	50	0,127	0,136	0,201	0,210	0,258	0,267	0,302	0,311	0,345	0,355	0,389	0,398
70	70	0,128	0,126	0,201	0,199	0,258	0,256	0,302	0,300	0,345	0,343	0,389	0,387
95	25	0,120	0,161	0,191	0,232	0,249	0,290	0,292	0,333	0,336	0,377	0,379	0,420
95	35	0,121	0,151	0,191	0,220	0,249	0,278	0,292	0,321	0,336	0,365	0,379	0,409
95	50	0,123	0,142	0,191	0,210	0,249	0,267	0,292	0,311	0,336	0,355	0,379	0,398
95	70	0,124	0,132	0,191	0,199	0,249	0,256	0,292	0,300	0,336	0,343	0,379	0,387
95	95	0,127	0,125	0,191	0,189	0,249	0,247	0,292	0,291	0,336	0,334	0,379	0,378
120	50	0,119	0,146	0,183	0,210	0,241	0,267	0,284	0,311	0,328	0,355	0,371	0,398
120	70	0,120	0,136	0,183	0,199	0,241	0,256	0,284	0,300	0,328	0,343	0,371	0,387
120	95	0,123	0,129	0,183	0,189	0,241	0,247	0,284	0,291	0,328	0,334	0,371	0,378
120	120	0,124	0,123	0,183	0,182	0,241	0,239	0,284	0,283	0,328	0,327	0,371	0,370
150	35	0,114	0,160	0,175	0,220	0,233	0,278	0,276	0,321	0,320	0,365	0,363	0,409
150	50	0,116	0,150	0,175	0,210	0,233	0,267	0,276	0,311	0,320	0,355	0,363	0,398
150	70	0,117	0,140	0,175	0,199	0,233	0,256	0,276	0,300	0,320	0,343	0,363	0,387
150	95	0,119	0,133	0,175	0,189	0,233	0,247	0,276	0,291	0,320	0,334	0,363	0,378
150	120	0,120	0,127	0,175	0,182	0,233	0,239	0,276	0,283	0,320	0,327	0,363	0,370
150	150	0,122	0,121	0,175	0,174	0,233	0,232	0,276	0,276	0,320	0,319	0,363	0,363
185	50	0,115	0,155	0,169	0,210	0,227	0,267	0,271	0,311	0,314	0,355	0,358	0,398
185	70	0,116	0,145	0,169	0,199	0,227	0,256	0,271	0,300	0,314	0,343	0,358	0,387
185	95	0,118	0,138	0,169	0,189	0,227	0,247	0,271	0,291	0,314	0,334	0,358	0,378
185	120	0,119	0,132	0,169	0,182	0,227	0,239	0,271	0,283	0,314	0,327	0,358	0,370
185	150	0,121	0,126	0,169	0,174	0,227	0,232	0,271	0,276	0,314	0,319	0,358	0,363
185	185	0,122	0,122	0,169	0,169	0,227	0,226	0,271	0,270	0,314	0,313	0,358	0,357
240	50	0,112	0,161	0,161	0,210	0,218	0,267	0,262	0,311	0,305	0,355	0,349	0,398
240	70	0,113	0,151	0,161	0,199	0,218	0,256	0,262	0,300	0,305	0,343	0,349	0,387
240	95	0,115	0,144	0,161	0,189	0,218	0,247	0,262	0,291	0,305	0,334	0,349	0,378
240	120	0,116	0,137	0,161	0,182	0,218	0,239	0,262	0,283	0,305	0,327	0,349	0,370
240	150	0,117	0,131	0,161	0,174	0,218	0,232	0,262	0,276	0,305	0,319	0,349	0,363
240	185	0,119	0,127	0,161	0,169	0,218	0,226	0,262	0,270	0,305	0,313	0,349	0,357
240	240	0,121	0,120	0,161	0,160	0,218	0,218	0,262	0,262	0,305	0,305	0,349	0,349