

Gjennomsluppet energi.

Formel (Maks tillatt gjennomsluppet energi)

$$I^2 t \leq k^2 S^2 \quad (\text{NEK 533.3.1.1})$$

Hvor I = Kortslutningsstrøm (A)

t = Utløsertid (s)

k = termisk konstant ($\frac{A\sqrt{s}}{mm^2}$) avhengig av ledermateriale og isolasjon

S = kabelens tverrsnitt (mm^2)

Termisk konstant kan leses fra NEK 400-5-53 Tabell 53A

I klare ord, så betyr dette at gjennomsluppet energi fra vernet skal være mindre eller lik den energien kabelen minst skal tåle.

Vi kan snu på formelen og får maks utløsertid med hensyn til kabelens tåleevne.

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

I NEK 533.3.1.1 kan vi lese

533.3.1.1 Kabler og isolerte ledere

For å være i samsvar med NEK 400-4-43, avsnitt 431.4.4, skal kabler og isolerte ledere være beskyttet av et overstrømsvern som, for alle kortslutningsstrømmer som følge av en kortstning ved ethvert sted i kursen, har en utkoblingstid $\leq$ tiden det tar for ledernes isolasjon å nå sin maksimalt tillatte temperatur.

Hvor utløsetiden for et vern er $< 0,1$ s (for eksempel for strømbegrensende vern), er kravet ovenfor tilfredsstillt dersom gjennomsluppet energi av vernet, $(I^2 t) \leq$ lederens maksimale termiske tåleevne, $(k^2 S^2)$

431.4.4 Beskyttelse av kabler og isolerte ledere

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

Så hvordan skal vi håndtere dette i praksis?

Det er nå vi må holde tungen rett i munnen. NEK 411.3.2.2 har en tabell med makstider for utkoblingstid for forskjellige spenninger ved feil. Tabellen gjelder for kurser med stikkontakter hvor $I_n \leq 63A$ og $I_n \leq 32A$ for fast tilkoblet utstyr.

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	a)	0,4	1	0,2	0,4	0,1	0,1
TT	0,3	a)	0,2	0,4	0,07	0,2	0,04	0,1
IT	0,8	a)	0,4	1	0,3	0,4	0,1	0,1

Vi ser her at maks utkoblingstid ved kortslutning mellom fase og jord for et IT-nett er 0,4s og at maks utkoblingstid ved kortslutning mellom to faser er 0,3s i henhold til NEK400. videre står det

NEK 411.3.2.3 *I TN-systemer skal utkoblingstiden være ≤ 5 s for hovedkurser og for kurser som ikke omfattes av avsnitt 411.3.2.2. For mateledninger i et allment TN lavspennings distribusjonsnett, kan utkoblingstiden være > 5 s dersom det er anordnet lokal utjevningsforbindelse mellom PEN-leder, utsatt ledende deler og andre ledende deler. For stikkledninger skal utkoblingstiden være ≤ 5 s.*

For gate- og veibelysning som inngår direkte i et TN lavspennings distribusjonsnett, tillates utkoblingstider > 5 s så lenge utsatte ledende deler kun er tilgjengelige for sakkyndige personer og/eller instruerte personer.

Smeltesikring

I tilfellene over, for eksempel når det benyttes smeltesikringer, så må vi beregne gjennomsluppet energi.

Eksempel.

$$I_{kmax} = 2\,000A, t = 5s, k = 115 \frac{A\sqrt{s}}{mm^2}, S = 10mm^2$$

gir

$$I^2 t \leq k^2 S^2 \Rightarrow 2\,000^2 A^2 * 5s \leq 115^2 \left(\frac{A\sqrt{s}}{mm^2}\right)^2 * (10mm^2)^2 \Leftrightarrow 20\,000\,000 A^2 s \leq 1\,322\,500 A^2 s$$

Som vi kan se her, så er det ingen mulighet for at en installasjon kan klare beregnet gjennomsluppet energi. Dersom feilen på nettet er en kortslutning, så må sikringene lages slik at sikringen bryter langt tidligere enn som i eksemplet over.

Slik er det heldigvis også.

Dersom vi har sikret med smeltesikring, så kan vi regne med at sikringen [brytes i løpet av 0,1 til 0,2 sekunder ved 10 ganger sikringens nominelle verdi](#).

Da blir regnestykket over helt annerledes.

$$I_{kmax} = 2\,000A, t = 0,2s, k = 115 \frac{A\sqrt{s}}{mm^2}, S = 10mm^2$$

gir

$$I^2 t \leq k^2 S^2 \Rightarrow 2\,000^2 A^2 * 0,2s \leq 115^2 \left(\frac{A\sqrt{s}}{mm^2}\right)^2 * (10mm^2)^2 \Leftrightarrow 800\,000 A^2 s \leq 1\,322\,500 A^2 s$$

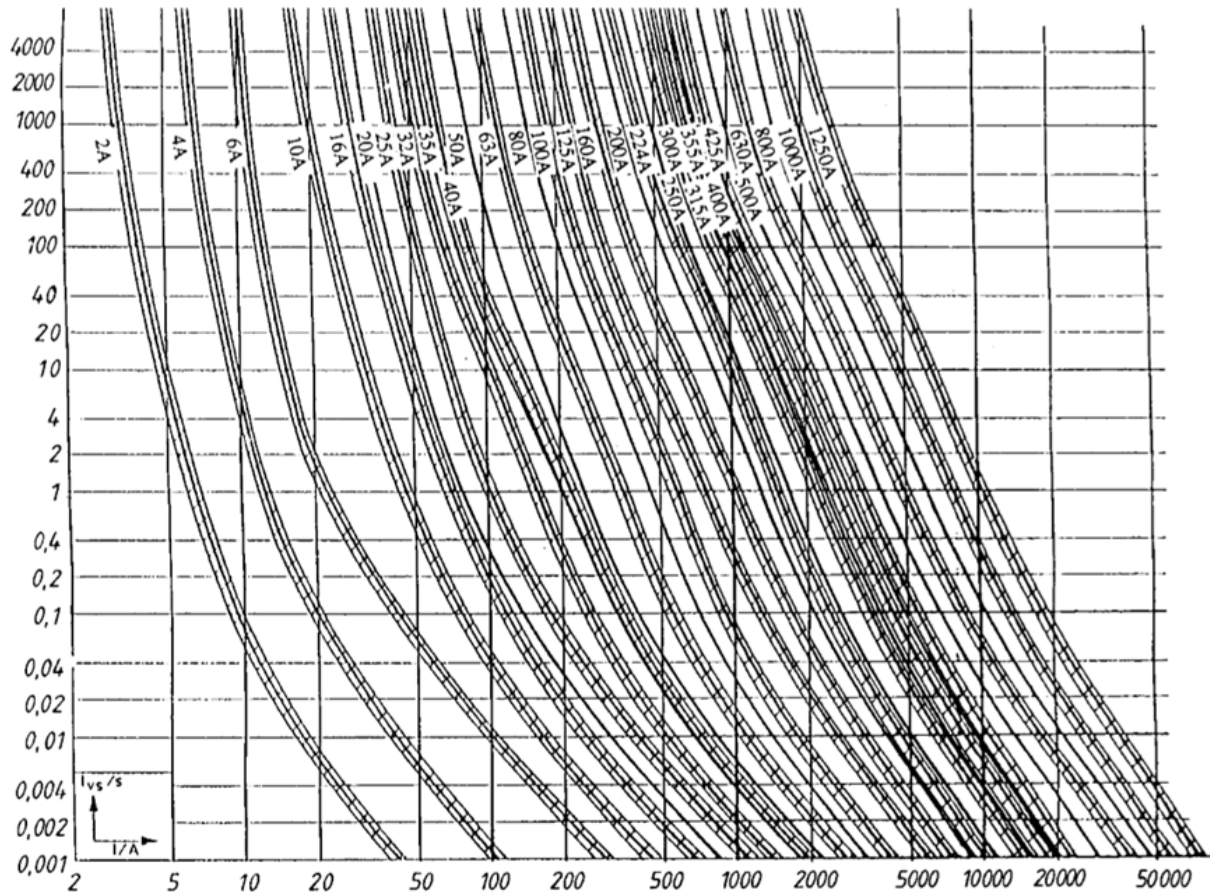
Ved å benytte normen som utgangspunkt, så ser vi at ved kortslutning så skal vi ha maks utløsertid på 0,3s, vi vil da få en gjennomsluppet energi på

$$I_{k3pmax} = 2000A, t = 0,3s, k = 115 \frac{A\sqrt{s}}{mm^2}, S = 10mm^2$$

som gir

$$I^2 t \leq k^2 S^2 \Rightarrow 2000^2 A^2 * 0,3s \leq 115^2 \left(\frac{A\sqrt{s}}{mm^2}\right)^2 * (10mm^2)^2 \Leftrightarrow 1200000 A^2 s \leq 1322500 A^2 s$$

For å beregne dette nøyaktig, så må vi se på tabell over den konkrete sikrings karakteristikken for gjennomsluppet energi. Det benyttes ikke I3, I4 eller I5 verdier på smeltesikringer. Men I2 er som regel $I_n * 1,45$ også for smeltesikringer.



Utløserkarakteristikk for høyeffektsikring type L

Ved å se på tabellen her, så vil vi se at en 63A sikring ved 2000A vil løse ut etter 0,002 sekunder.

Vi kan beregne min og maks tillatt utløsertid for kabelen.

La oss si at $I_{k2pmin} = 400A$ og $I_{k2pmax} = 800A$

$$\text{vi får da minste brytertid } t \leq \frac{k^2 S^2}{I^2} \Rightarrow t \leq \frac{115^2 * 10^2}{800^2} \Leftrightarrow t \leq 2,07s$$

$$\text{og største brytertid } t \leq \frac{k^2 S^2}{I^2} \Rightarrow t \leq \frac{115^2 * 10^2}{400^2} \Leftrightarrow t \leq 8,26s$$

Vi sjekker mot tabellen over, og finner at brytertid ved 400A=0,2s og brytertid ved 800A=0,02s. Kabelen er derfor godt beskyttet ved alle kortslutninger.

Automatsikring

For automatsikring så blir mye litt enklere, vi må sikre at kortslutningsstrømmen blir større eller lik automatens I_5 verdi samt sjekke at kortslutningsstrømmen er mindre enn automatens I_c verdi.

Da får vi følgende regnestykke.

$$I_{k3pmax} = 2000A, t = 0,1s, k = 115 \frac{A\sqrt{s}}{mm^2}, S = 10mm^2$$

som gir

$$I^2 t \leq k^2 S^2 \Rightarrow 2000^2 A^2 * 0,1s \leq 115^2 \left(\frac{A\sqrt{s}}{mm^2}\right)^2 * (10mm^2)^2 \Leftrightarrow 400\,000 A^2 s \leq 1\,322\,500 A^2 s$$

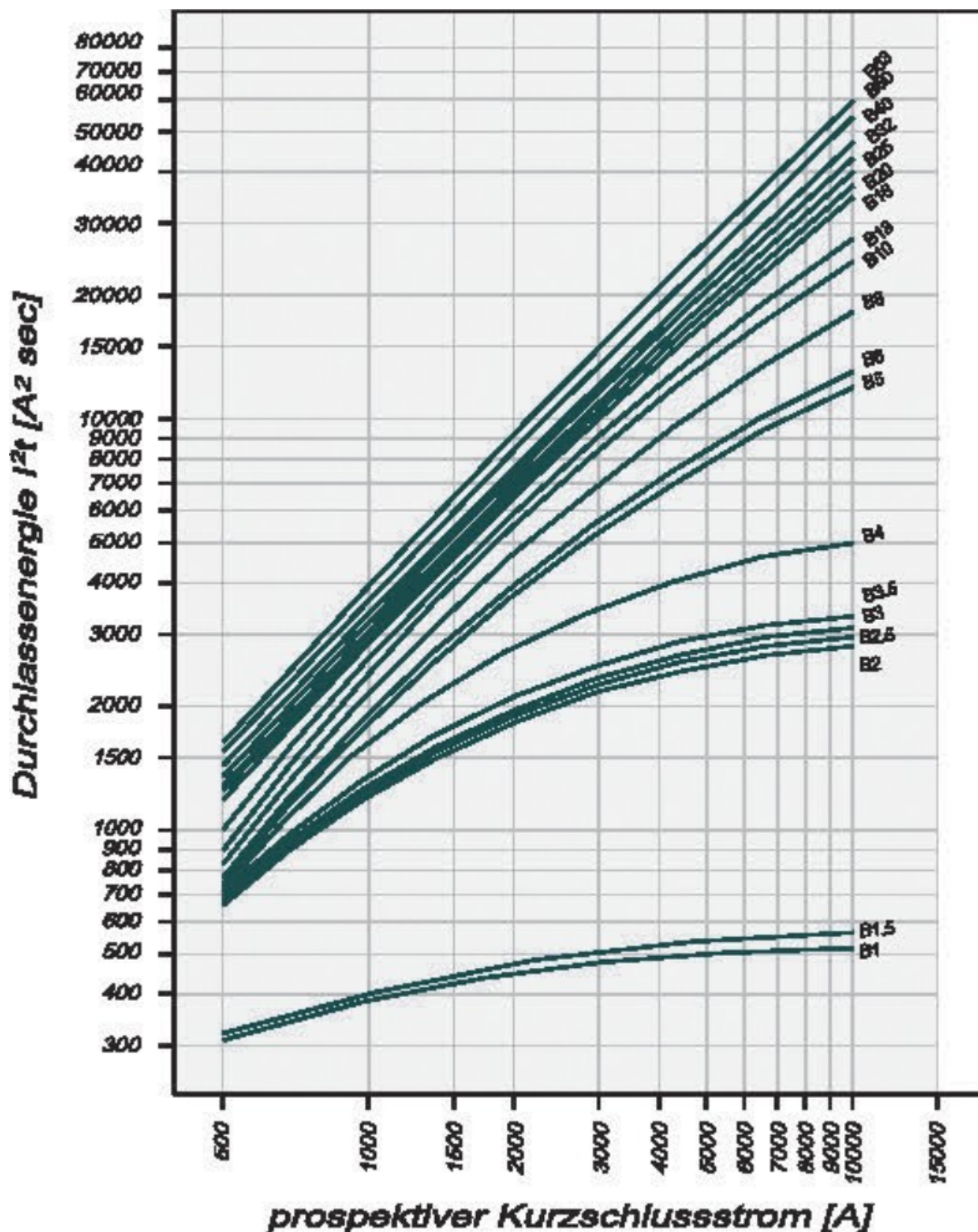
Så nå er alt bra? Trodde du 😊

Dessverre er det ikke helt slik. Formelen over blir unøyaktig når tiden blir mindre enn 0,1s. Ved bryting av kretsen vil det oppstå en lysbue som utgjør en stor del av den totale brytertiden, og produsenten må derfor lage egne datablad for brytertider mindre enn 0,1s. Ved utløsertid mindre enn 0,1s så må vi gå inn i produktets datablad og lese tabell over gjennomsluppet energi ved forskjellig kortslutningstrøm.

La oss si at vi har benyttet en Eaton automatsikring 63A (mMCM-B63/3)



Da oppgir de følgende kurve for gjennomsluppet energi



Vi har $I_{k3pmax} = 2\,000\text{A}$ så da får vi $I^2t = 9000\text{A}^2\text{s}$

Denne verdien ligger langt under maks strøm kabelen kan tåle.

Kurven er laget ved hjelp av praktiske målinger av gjennomsluppet energi ved forskjellige kortslutningstrømmer. Utløsertiden er maks 0,1s.

Konklusjon.

Ved Automatsikring, så må vi sjekke at kortslutningsstrømmen er større enn vernets I_5 -verdi.

Vi får da en utløsertid som er mindre enn 0,1s

Vi må beregne kabelens termiske tåleevne og vi må dokumentere at denne er større enn vernets gjennomsluppede energi ved å lese data fra tabellen.

Ved glassikring eller andre løsninger hvor utløsertiden er større enn 0,1s så må vi beregne kabelens termiske tåleevne og vi må dokumentere at kortslutningsstrømmen er stor nok til at vernet løser ut innen tillatt tid, og at vernets gjennomsluppede energi er mindre enn kabelens termiske tåleevne.