

Innehåll

Beräkningar	2
Baserat på maximalt strömbärande kapacitet	2
Beräkning av ledararea med beaktande av spänningsfall	3
Beräkning av ledararea med beaktande av spänningsfall	4
Exempel.....	4
Eko-besparingar	8

Beräkningar

Baserat på maximalt strömbärande kapacitet

$$n = \frac{I}{I_{Smax} * c_t * c_a} \quad \text{ekvation 1}$$

Där;

n = antal ledare

I = strömstyrka

I_{Smax} = kretsens högsta tillåtna strömstyrka

c_t = reduktionsfaktorer såsomgivningstemperatur och termisk resistivitet

c_a = grupperingsfaktorer såsom ledare per krets och avstånd mellan kablar

Beräkningen utförs genom att kretsens högsta tillåtna strömstyrka (I_{Smax}) beräknas utifrån den angivna strömstyrkan, (I). Vidare väljer CableApp en kabelarea med en storlek större än den kabelarea som överensstämmer med angiven strömstyrka. Om den största kabelarean ej är stor nog för angiven strömstyrka adderar CableApp det antal kablar (n) multiplicerat med högsta tillåtna strömstyrka (I_{Smax}) för att finna en krets som kan bära det angivna strömvärdet.

Beräkning av ledararea med beaktande av spänningsfall

$$A = \frac{C * L * I * \cos\phi}{\gamma * (\Delta U - C * 10^{-3} * \left(\frac{\chi}{n}\right) * L * I * \sin\phi} \quad \text{ekvation 2}$$

Där;

A = ledararea

C = $\sqrt{3}$ vid trefas, 2 vid enfas

L = ledarens längd

I = strömstyrka

$\cos\phi$ = cosinus av vinkeln phi (ϕ) mellan fasspänning och ström

$\sin\phi$ = sinus av vinkeln phi (ϕ) mellan fasspänning och ström

γ = konduktivitet (S/m)

χ = reactance, alltid 0,08 ohm/km

n = antal ledare per fas

insulator	conductor	K
PVC	Copper	115.00
XLPE	Copper	143.00
HEPR	Copper	135.00
PVC	Aluminium	89.00
XLPE	Aluminium	94.00
HEPR	Aluminium	89.00

Beräkning av ledararea med beaktande av spänningsfall

$$A = \sqrt{t} * \frac{lcc}{k} \quad \text{ekvation 3}$$

Där;

A = ledararea

t = kortslutningstid i sekunder (s)

lcc = kortslutningsström

k = värde beroende av isolationsmaterial samt des temperatur

insulator	conductor	K
PVC	Copper	115.00
XLPE	Copper	143.00
HEPR	Copper	135.00
PVC	Aluminium	89.00
XLPE	Aluminium	94.00
HEPR	Aluminium	89.00

Exempel

Om angiven strömstyrka kan bäras av en kabel

Tillämpning av ekvation 1 ger oss följande

$$n = \frac{I}{I_{smax} \cdot c_t \cdot c_a}$$

$$n = (250 / (271 * 1 * 1)) = 1$$

$$I = 250 \text{ A}$$

I_{smax} = Det första strömbärande värdet högre än det angivna tas från tabell. Här är det angivna 250 A och således väljer CableApp 271 A vilket är nästa värde i tabell och gäller för en ledararea med 120 mm².

$$c_t = 1$$

$c_a = 1$ då Inga grupperingsfaktora är i detta fall tillagda

Lösningen i detta fall innebär således en ledararea på $A = 120 \text{ mm}^2$ med $n = 1$ ledare per fas

Om angiven strömstyrka ej kan bäras av en kabel måste flera kablar användas, detta ger upphov till behovet av grupperingsfaktorer. Grupperingsfaktorer kommer till då flera kablar i anslutning värmer tillsammans, då värmen ökar minskar konduktiviteten hos kablar.

Tillämpning av ekvation 1 ger oss följande

$$n = \frac{I}{I_{smax} \cdot c_t \cdot c_a}$$

$$I = 550 \text{ A}$$

I_{smax} = Det första strömbärande värdet högre än det angivna tas från tabell. Här är det angivna 550 A. Då detta strömvärde är för högt för de areor som ingår i CableApp så för att åtgärda detta väljer applikationen två kablar med strömbärande förmåga 343 A vilket är nästa värde i tabell och gäller för en ledarearea med 185 mm^2 .

$$c_t = 1$$

c_a = grouping factor for n cables = 0.82 for 2 cables

$$n = (550 / (343 * 1 * 0,85)) = 2$$

**Lösningen i detta fall innebär således en ledarearea på
 $A = 185 \text{ mm}^2$ med $n = 2$ ledare per fas**

På långa avstånd inträffar spänningsfall. I sådant fall beräknar CableApp enligt följande

Definition av korrektionsfaktorer – exempel vid spänningsfall

$$A = \frac{Const \cdot L \cdot I \cdot \cos \phi}{\gamma \cdot (\Delta U - Const \cdot 10^{-3} \cdot x/n \cdot L \cdot I \cdot \sin \phi)}$$

Exempel med lösning vid beräkning med beaktning av spänningsfall. Denna uträkning kompletterar ekvation 1 som användes i det tidigare exemplet

- PVC som isolering, kopparledare → konduktivitet : $\gamma = 48,47$
- $\cos \Phi = 0,9$
- $L = 120 \text{ m}$
- $I = 500 \text{ A}$
- Spänning = 400 V
- Spänningsfall $l\%$ = $3,75\%$
- $\Delta U = (3,75\% \text{ av } 400 \text{ V}) = 15 \text{ V}$
- $x/n = \text{linjerekans} = (0,08 \Omega / \text{km}) / (\text{Antal ledare per fas})$
- Spänningstyp, I detta fall trefas vilket ger $C = \sqrt{3} = 1,732$

$$\text{I detta fall är } n=1 \rightarrow A = (1,732 * 120 * 500 * 0,9) / (48,47 * (15 - ((1,732/1000) * 0,08 * 120 * 500 * 0,43588989))) = 169,623 \text{ mm}^2$$

section is 185 mm^2

Vidare kan CableApp dimensioera utifrån kortslutningsvilkor vilket beskrivs av ekvation 3. Här anges kortslutningsström, kortslutningstid samt en konstant, k .

Hur den bästa lösningen väljs

Vi har då 3 lösningar beräknade på olika vis:

- Enligt strömstyrka (denna beräknas alltid) → area x ledare per krets --> $S_i \times N_i$
- Enligt spänningsfall → area x ledare per krets --> $S_{vd} \times N_{vd}$
- Enligt kortslutningsvillkor → area x ledare per krets --> $S_{sc} \times N_{sc}$

3 lösningar kan tas i åtanke vid beräkning beroende på de angivna värdena

$$\begin{aligned} & S_{i1} \times N_{i1}; S_{i2} \times N_{i2}; S_{i3} \times N_{i3}; \\ & S_{vd1} \times N_{vd1}; S_{vd2} \times N_{vd2}; S_{vd3} \times N_{vd3}; \\ & S_{sc1} \times N_{sc1}; S_{sc2} \times N_{sc2}; S_{sc3} \times N_{sc3}; \end{aligned}$$

Den bästa lösningen är den med högst värde av produkten mellan section och antal ledare. Om olika uträknignar har samma värde väljs den med lägst antal ledare per krets.

Exempel :

Minsta area beräknad enligt strömbärande kapacitet

Vi väljer

Nästa storlek på area är

Minsta area enligt spänningsfall

Vi väljer

Nästa storlek på area är

Minsta area enligt kortslutning

Vi väljer

The next largest size is

$$S_{i1} \times N_{i1} = 150 \text{ mm}^2 \times 2$$

$$S_{i2} \times N_{i2} = 185 \text{ mm}^2 \times 2$$

$$S_{i3} \times N_{i3} = 240 \text{ mm}^2 \times 2$$

$$S_{vd1} \times N_{vd1} = 185 \text{ mm}^2 \times 1$$

$$S_{vd2} \times N_{vd2} = 240 \text{ mm}^2 \times 1$$

$$S_{vd3} \times N_{vd3} = 300 \text{ mm}^2 \times 1$$

$$S_{sc1} \times N_{sc1} = 10 \text{ mm}^2 \times 1$$

$$S_{sc2} \times N_{sc2} = 16 \text{ mm}^2 \times 1$$

$$S_{sc3} \times N_{sc3} = 25 \text{ mm}^2 \times 1$$

Den bästa lösningen är den enligt strömbärande kapacitet

$$185 \text{ mm}^2 \times 2$$

$$\text{Då: } 185 \times 2 = 370 > 240 \times 1 = 240 > 16 \times 1 = 16$$

Exempel

Minsta area beräknad enligt strömbärande kapacitet

$$S_{11} \times N_{11} = 120 \text{ mm}^2 \times 2$$

Vi väljer

$$S_{12} \times N_{12} = 150 \text{ mm}^2 \times 2$$

Nästa storlek på area är

$$S_{13} \times N_{13} = 185 \text{ mm}^2 \times 2$$

Minsta area enligt spänningsfall

$$S_{vd1} \times N_{vd1} = 240 \text{ mm}^2 \times 1$$

We will choose

$$S_{vd2} \times N_{vd2} = 300 \text{ mm}^2 \times 1$$

Nästa storlek på area är

$$S_{vd3} \times N_{vd3} = \text{Not available}$$

Minsta area enligt kortslutning

$$S_{sc1} \times N_{sc1} = 10 \text{ mm}^2 \times 1$$

Vi väljer

$$S_{sc2} \times N_{sc2} = 16 \text{ mm}^2 \times 1$$

Nästa storlek på area är

$$S_{sc3} \times N_{sc3} = 25 \text{ mm}^2 \times 1$$

Den bästa lösningen är den enligt spänningsfall

300 x 1

$$\text{då } 150 \times 2 = 300 = 300 \times 1 = 300 > 16 \times 1 = 16 \\ \text{and } 1 < 2$$

Eko-besparingar

Effektförluster beskrivs av Joules lag:

$$P = R \cdot I^2$$

Termiska förluster beskrivs med följande formel

$$E_P = n \cdot R \cdot L \cdot I^2 \cdot t/1000$$

där:

E_P : Effektförluster [kWh]

n : Antal belastade ledare

R : ledarresistens [Ω /km]

L : kretsens längd [km]

I : strömstyrka [A]

t : tid [h]

Energiförluster från den enligt den utvalda ledarrarean R_1 jämförs med en större area och därmed lägre resistans R_2 för att visa på skillnad i effektförluster. E_A visar då på energibesparingen.

$$E_A = n \cdot (R_1 - R_2) \cdot L \cdot I^2 \cdot t/1000 \quad (S_2 > S_1)$$

Detta värde används för att beräkna den ekonomiska besparingen ($A_{€}$) samt koldioxidbesparing vilka baseras på energipris uttryckt i SEK/kWh samt uppskattade värden för CO₂-besparingar uttryckt i A_{CO_2} per kWh.