

Berechnung von Kurzschlussströmen - Teil 7

Rückströme der Motoren

Oft ist es schneller, die Motoren als unabhängige Generatoren zu betrachten, die einen "Rückstrom" in den Fehler einspeisen, der sich dem Fehlerstrom des Netzes überlagert.

- **Kurzschluss bei C**

Der von einem Motor abgegebene Strom wird aufgrund der Impedanz "Motor + Kabel" berechnet:

$$X_M = (840 + 2,7) \cdot 10^{-3} \approx 843 \text{ m}\Omega$$

$$R_M = (168 + 19,2) \cdot 10^{-3} \approx 188 \text{ m}\Omega$$

$$Z_M = 863 \text{ m}\Omega \text{ woraus}$$

$$I_M = \frac{410}{\sqrt{3} \times 863 \times 10^{-3}} \approx 274 \text{ A}$$

Für die 20 Motoren

$$I_{MC} = 5\,480 \text{ A.}$$

Statt diese Rechnung durchzuführen, wäre es möglich (siehe **(13)**), den von allen Motoren abgegebenen Strom auf das 3fache ihres Nennstroms (95 A) zu veranschlagen, somit: $(3 \times 95) \times 20 = 5\,700 \text{ A}$. Wie man sieht, liegt dieser Wert sehr nahe am für IMC berechneten Wert von 5 480 A. $I_{MC} : 5\,480 \text{ A}$.

Aus dem Verhältnis $R/X = 0,22$

$$\Rightarrow k = 1,5 \text{ und}$$

$$I_{cc} = 1,5 \times \sqrt{2} \times 5\,480 \approx \mathbf{11\,630 \text{ A.}}$$

Somit erhöht sich der (subtransiente) Kurzschlussstrom an der NS-SS von 12 459 A auf 17 939 A und der I_{cc} von 27 310 A auf 38 940 A.

- **Kurzschluss bei D**

Die in Betracht zu ziehende Impedanz ist 1/19 von Z_M , erhöht um die Impedanz des Kabels.

$$X_{MD} = \left(\frac{843}{19} + 2,7 \right) \cdot 10^{-3} \approx 47 \text{ m}\Omega$$

$$R_{MD} = \left(\frac{187}{19} + 19,2 \right) \cdot 10^{-3} \approx 29 \text{ m}\Omega$$

$$Z_{MD} = 55 \text{ m}\Omega \text{ woraus}$$

$$I_{MD} = \frac{410}{\sqrt{3} \times 55 \times 10^{-3}} \approx 4\,300 \text{ A}$$

d.h. bei D ein Total von: $7\,534 + 4\,300 = 11\,834 \text{ Aeff}$ und ein $I_{cc} \approx \mathbf{17\,876 \text{ A.}}$

- **Kurzschluss bei B**

Wie beim "Kurzschluss bei C" wird der abgegebene Strom aufgrund der Impedanz "Motor + Kabel" berechnet:

$$X_M = (840 + 2,7 + 12) 10^{-3} \approx 855 \text{ m}\Omega$$

$$R_M = (168 + 19,2 + 2,4) 10^{-3} \approx 189,6 \text{ m}\Omega$$

$$Z_M = 876 \text{ m}\Omega \text{ woraus}$$

$$I_M = \frac{410}{\sqrt{3} \times 876 \times 10^{-3}} \approx 270 \text{ A}$$

Woraus für die 20 Motoren $I_{MB} = 5\,400 \text{ A}$ Auch hier ist es möglich, die obengenannte Näherung (3facher Nennstrom von 95 A eines Motors) anzuwenden, d.h. 5 700 A (siehe oben). Dieser Wert liegt nahe am für I_{MB} berechneten Wert.

Aus dem Verhältnis $R/X = 0,22$

$\Rightarrow k = 1,5$ und

$$I_{cc} = 1,5 \times \sqrt{2} \times 5\,400 \approx 11\,455 \text{ A.}$$

Somit erhöht sich der (subtransiente) Kurzschlussstrom am NS-HV von 35 758 A auf 41 158 A und der I_{cc} von 79 900 A auf **91 355 A**. Aber auch hier reduziert sich I_{cc} , wenn der Kurzschlusslichtbogen berücksichtigt wird, auf einen Wert zwischen 45,6 und 73 kA.

- **Kurzschluss bei A (HS-Seite)**

Statt die Ersatzimpedanzen zu berechnen, ist es einfacher, den Rückstrom der Motoren in A abzuschätzen, indem man den unter B erhaltene Wert mit dem NS/HS-Übersetzungsverhältnis **(17)** multipliziert, d.h.:

$$5\,400 \times \frac{410}{20 \times 10^{-3}} \approx 110 \text{ A}$$

Angenäherte Berechnung des Kurzschlusses bei D

Diese Berechnung benützt alle in den vorangehenden Texten genannten Näherungen, wie z.B. die mit **(15)** und **(16)** bezeichneten.

$$\Sigma X = 4,2 + 1,5 + 12 + 0,15$$

$$\Sigma X = 17,85 \text{ m}\Omega = X'_D$$

$$\Sigma R = 2,4 + 19,2 = 21,6 \text{ m}\Omega = R'_D$$

$$Z'_D = \sqrt{R'^2_D + X'^2_D} \approx 28,02 \text{ m}\Omega$$

$$I'_D = \frac{410}{\sqrt{3} \times 28,02 \times 10^{-3}} \approx 8\,448 \text{ A}$$

woraus I_{cc} :

$$\sqrt{2} \times 8\,448 \approx \mathbf{11\,945 \text{ A.}}$$

Zu diesem Wert muss, um das I_{cc} (unsymmetrisches Maximum) zu erhalten, der Beitrag der im Kurzschlussmoment unter Spannung stehenden Motoren hinzugefügt werden, d.h. das 3fache ihres Nennstroms (von 95 A) **(13)** :

$$(3 \times 95) \times 20 = 5\,700 \text{ A, woraus}$$

$$I_{cc} = 11\,945 + [(3 \times 95 \times \sqrt{2}) \times 20] = 20\,005 \text{ A.}$$

Die beiden Resultate liegen nahe an den mit den vollständigen Berechnung erhaltenen

Resultate (11 945 anstelle von 11 843 und 20 005 anstelle von 17 876), wobei vor allem die Abweichungen auf der sicheren Seite liegen.