

Info-Brief Nr. 20

Kapazität von Leitungen

1 Leitung als Kondensator

Bei den Leitungen der elektrischen Energieversorgung unterscheidet man zwischen den Betriebskapazitäten C_b , den drei Leiter-Leiter-Kapazitäten C_L und den drei Leiter-Erde-Kapazitäten C_e . Die Betriebskapazität bestimmt den kapazitiven Blindleistungsbedarf einer Leitung und die Leiter-Erde-Kapazität den 1 poligen Fehlerstrom in isoliert oder kompensiert betriebenen Netzen. Einleiter Kabel haben bauartbedingt keine Leiter-Leiter-Kapazitäten.

Die Kapazität eines Plattenkondensators hängt von der Größe der Platten, den elektrischen Eigenschaften des Dielektrikums und von dem Plattenabstand ab.

$$C = \frac{A \cdot \varepsilon}{a}$$

A = Plattengröße

ε = Dielektrizitätskonstante

a = Abstand der Platten

Eine elektrische Leitung ist ein Zylinderkondensator bei dem die Fläche ein Kreis ist. Und somit ändert sich die Formel.

$$C = \frac{2 \cdot \pi \cdot l \cdot \varepsilon}{\ln \frac{a}{r}}$$

l = Länge des Zylinders

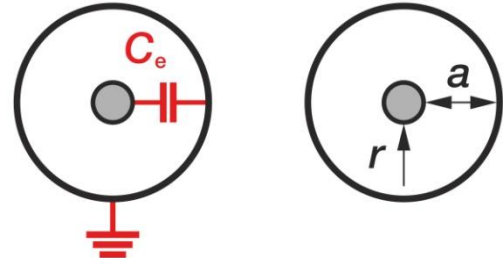
\ln = Logarithmus naturalis

a = Radius der Isolierung

r = Radius Leiter

2 Kabel

2.1 Einadrige Radialfeldkabel



$$C_b = C_e$$

$$C_e = \frac{2 \cdot \pi \cdot \varepsilon_0 \cdot \varepsilon_r}{\ln \frac{a}{r}}$$

C_b = Betriebskapazität

C_e = Leiter-Erde-Kapazität

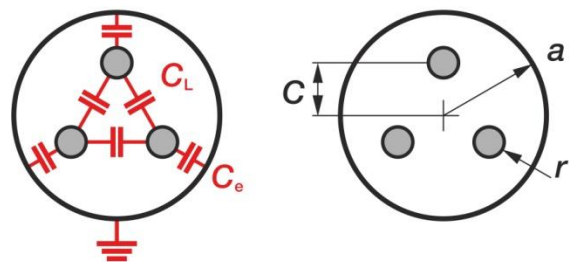
ε_0 = elektrische Feldkonstante 8,85 pF/m

ε_r = relative Dielektrizitätskonstante

a = Radius der Isolierung

r = Radius des Leiters

2.2 Dreiadrige Gürtelkabel



$$C_b = C_e + 3 \cdot C_L$$

$$C_e = \frac{2 \cdot \pi \cdot \varepsilon_0 \cdot \varepsilon_r}{\ln \frac{a^6 - c^6}{3 \cdot c^2 \cdot r \cdot a^3}}$$

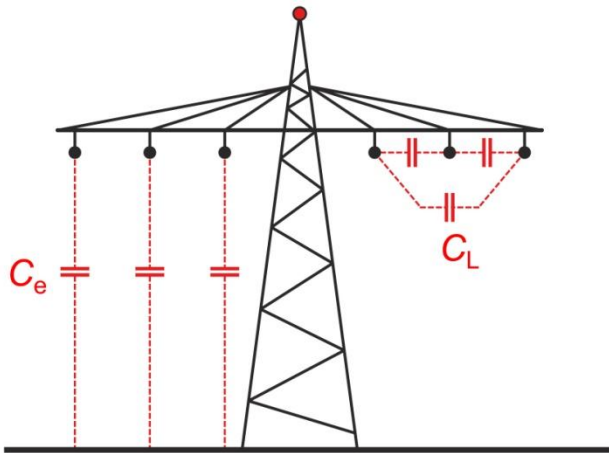
C_L = Leiter-Leiter Kapazität

a = Radius der Isolierung

r = Radius des Leiters

c = Abstand Mitte Kabel – Mitte Leiter

3 Freileitung



Für die Berechnung der Betriebskapazität müssen die im Dreieck geschalteten Leiter-Leiter-Kapazitäten in eine gleichwertige Sternschaltung umgerechnet werden und zu den Leiter-Erde-Kapazitäten addiert werden.

$$C_b = C_e + 3 \cdot C_L$$

Der Ladestrom ist dann pro Phase

$$I_L = \frac{U_N}{\sqrt{3}} \cdot \omega \cdot C_b$$

und der Erdschlussstrom pro Phase

$$I_{Ce} = U_N \cdot \omega \cdot C_e$$

und für eine Leitung

$$I_{Ce} = \sqrt{3} \cdot U_N \cdot \omega \cdot C_e$$

$$C_b = C_e + 3 \cdot C_L \quad C_e = \frac{2 \cdot \pi \cdot \epsilon_0 \cdot \epsilon_r}{\ln \frac{2 \cdot h_m \cdot d_m}{r \cdot D_m}}$$

h_m = mittlere Höhe über Grund (Durchhang)

d_m = mittlerer Phasenabstand

D_m = mittlerer Abstand Spiegelung

Kennwerte einer Leitung

	C_b	C_e	C_L	I_e	I_L
20 kV Freileitung	~ 9 nF/km	~ 4,5 nF/km	~ 1,5 nF/km	0,05 A/km	0,03 A/km
110 kV Freileitung	~ 11 nF/km	~ 5 nF/km	~ 1,6 nF/km	0,3 A/km	0,22 A/km
10 kV Kabel N(A)KBA 3x120 mm ²	~ 560 nF/km	~ 410 nF/km	~ 50 nF/km	2,2 A/km	1,0 A/km
20 kV Kabel N2XSY 1x150 mm ²	~ 250 nF/km	~ 250 nF/km	0	3,0 A/km	1,0 A/km

Wird z.B. in einem 10-kV-Netz ein 20-kV-Kabel eingesetzt, so reduzieren sich die kapazitiven Ströme um die Hälfte (halbe Betriebsspannung)!

Literatur:

- [1] Flosdorff, R. ; Hilgarth, G.: **Elektrische Energieverteilung**. B.G. Teubner Verlag Stuttgart
- [2] Heinbold, L.: **Kabel und Leitungen für Starkstrom**. Teil 1, 4. Auflage 1987 Verlag Siemens AG.
- [3] Gremmel, H.: **Schaltanlagen**. 12 Auflage, ABB Calor Emag Mannheim Cornelsen Verlag

Verfasser: Dieter Spiertz
www.info@a-eberle.de

Die Reihe wird fortgesetzt.
Fehlende Info-Briefe liefern wir Ihnen jederzeit gerne nach.

Ausgabe: 03-2013 / 1020-1-D-1-001-04.docx