Was versteht man unter …

Bündelleiter

Mehrfachleiter, bestehend aus mehreren Teilleitern, die durch Abstandhalter untereinander verbunden sind, s. Bild ❶.

Allgemeines

Hochspannungs-Freileitungen mit Übertragungsspannungen ab 110 kV werden in der Regel mit Zweier- oder Dreierbündelleitern (Zwei- oder Dreileiterbündel) und bei Spannungen ab 380 kV überwiegend mit Viererbündelleitern (Vierleiterbündel) ausgeführt. Die Aufteilung des Hauptleiterquerschnitts auf mehrere Leiterseile (Teilleiter) führt zu einer nennenswerten Vergrößerung der Leiteroberfläche des jeweiligen Strangs. Dadurch verringert sich die elektrische Randfeldstärke an den Leitern (s. Bild ❷), was zu einer Senkung der hochfrequenten Störspannungen und der Koronaverluste führt.
Bündelleiter (engl. bundle conductors) bestehen i. Allg. aus Aluminium. Zwecks Erhöhung der mechanischen Zugfestigkeit der Freileitungsseile sind die blanken Aluminiumdrähte schraubenlinienförmig um einen Stahlkern (Stahlseil) gelegt. Der Nennquerschnitt des Aluminium-Stahlseils beträgt meist 240/40 mm^2.

Abstandhalter

Die Fixierung und Parallelschaltung der seilförmigen Teilleiter einer Hochspannungs-Freileitung erfolgt mittels leitfähiger Abstandhalter an den Isolatorenketten und in Abständen von 50 … 70 m zusätzlich noch innerhalb der Spannfelder. Die Abstandhalter (Stege, Rahmen, engl. spacers) verbinden die Teilleiter untereinander und verhindern deren Zusammenschlagen als Folge elektrischer oder mechanischer (klimatischer) Einflüsse. Der Teilleiterabstand beträgt üblicherweise 400 mm.

Stromkreis

Strombahn zwischen einer Stromquelle (Speisepunkt) und einem elektrischen Verbrauchsmittel.

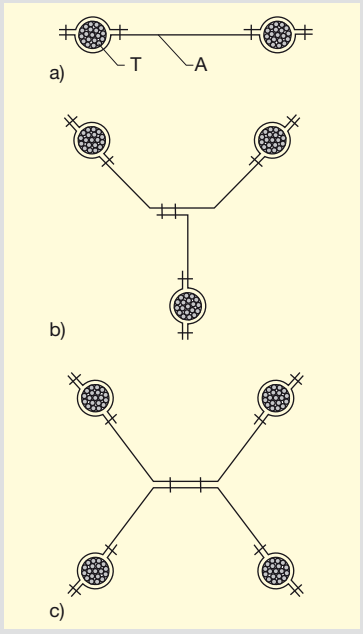
Allgemeines

Zu den Grundelementen eines elektrischen Stromkreises (engl. electrical circuit) gehören unabdingbar eine Stromquelle, eine Leitung (Kabel) und ein Verbrauchsmittel, das die zugeführte elektrische Energie in eine andere Energieform umwandelt, z. B. in mechanische Arbeit, Wärme oder Licht. Darüber hinaus sind für den praktischen Betrieb i. Allg. noch Schalt- und Schutzgeräte erforderlich. Mithilfe dieser Geräte kann der (Betriebs-)Stromkreis beliebig oft geschlossen oder unterbrochen und im Fehlerfall, z. B. bei thermischer Überlastung oder Kurzschluss, können die einzelnen Stromkreiselemente vor Beschädigung geschützt werden.
In elektrischen Anlagen versorgt ein Stromkreis grundsätzlich alle Betriebsmittel, die gegen Überstrom durch dieselbe Schutzeinrichtung geschützt sind [1]. Bei Anschluss von drei einphasigen Verbrauchsmitteln – ein Betriebsmittel zwischen den Leitern L1 und N, ein anderes zwischen L2 und N und das dritte schließlich zwischen L3 und N – mit jeweils eigenen Überstromschutzeinrichtungen handelt es sich mithin um drei verschiedene (selbstständige) Stromkreise.

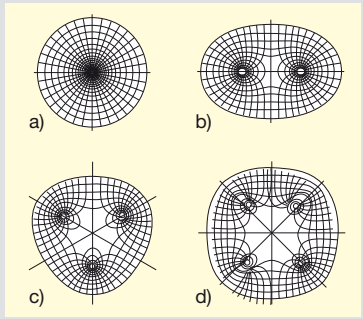
Arten

Elektrische Stromkreise werden i. Allg. wie folgt unterschieden:

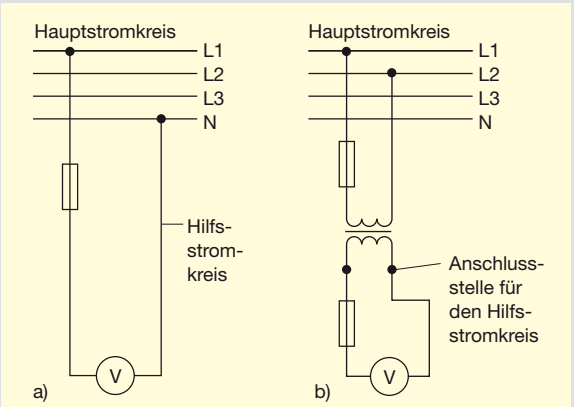
- **Hauptstromkreise** (engl. main circuits)
  Diese Stromkreise enthalten vorzugsweise elektrische Betriebsmittel zum Erzeugen, Übertragen, Verteilen, Umformen, Schalten oder zum Umwandeln elektrischer Energie in eine andere Energieform. Hauptstromkreise – mitunter auch „Betriebsstromkreise“ oder (eher selten) „Leistungsstromkreise“ genannt – sind z. B. Motor-, Beleuchtungs- und Steckdosenstromkreise.
- **Hilfsstromkreise** (engl. auxiliary circuits)
  Diese Stromkreise enthalten überwiegend elektrische Betriebsmittel zum
  – Übertragen von Befehlen (Steuern, Regeln, Verriegeln) oder zum
  – Erfassen und Überwachen (Messen, Melden) von Zuständen zur Beeinflussung von Hauptstromkreisen [2].
  Entsprechend ihrer Funktion werden Hilfsstromkreise mitunter auch *Steuerstromkreise*, *Messstromkreise*, *Meldestromkreise* usw. genannt.
  Hilfsstromkreise, die direkt mit einem Hauptstromkreis elektrisch verbunden sind, beginnen unmittelbar am Hauptstromkreisabzweig, Beispiel s. Bild ❸ a). Bei Verwendung von z. B. Transformatoren oder Wandlern beginnen Hilfsstromkreise jeweils an den Ausgangsklemmen der genannten Geräte, Beispiel s. Bild ❸ b).
  Hilfsstromkreise sind nach DIN VDE 0100-557 [2] auszuführen. Dabei ist sicherzustellen, dass durch Doppelfehler, z. B. Doppelerd- oder Doppelkörperschlüsse, keine Fehlfunktionen auftreten können. Ungeerdete Steuer- und ungeerdete Meldestromkreise sind deshalb auf etwaige Isolationsfehler hin zu überwachen.
  Hilfsstromkreise führen grundsätzlich keine Überlastströme; deshalb dürfen in diesen Stromkreisen Einrichtungen zum Schutz bei Überlast entfallen.
- **Endstromkreise** (engl. final circuits)
  Als Endstromkreise werden in Verbraucheranlagen jene Stromkreise bezeichnet, welche die elektrischen Verbrauchsmittel oder Steckdosen unmittelbar mit Strom versorgen [1]. Diese Stromkreise beginnen folglich an den letzten Überstromschutzeinrichtungen



❶ **Zweier-, Dreier- und Viererbündelleiter**
T Teilleiter; **A** Abstandhalter



❷ **Elektrischer Feldlinienverlauf**
a) Einseilleiter; **b), c), d)** Zweier-, Dreier- bzw. Viererbündelleiter



❸ Hilfsstromkreis (Messstromkreis)
a) mit direktem Anschluss an einen Hauptstromkreis
b) mit Anschluss an einen Transformator oder Wandler

in Energieflussrichtung gesehen. Für vergleichsweise leistungsstarke elektrische Verbrauchsmittel, z. B. Elektroherde, Waschmaschinen, Wäschetrockner und Geschirrspüler, ist jeweils ein eigener (End-)Stromkreis vorzusehen, auch wenn deren Anschluss über Steckvorrichtungen erfolgt [3].

- **Verteilungsstromkreise** (engl. distribution circuits)
  Diese Stromkreise versorgen in Verbraucheranlagen mehrere Verteilungen [1] und sind daher den Endstromkreisen unmittelbar vorgeordnet. Verteilungsstromkreise beginnen grundsätzlich am Hausanschlusskasten (Speisepunkt) und mithin am Anfang einer Verbraucheranlage.

Stromschiene

Starrer, betriebsmäßig Strom führender elektrischer Leiter mit rechteckigem, kreisrundem oder U-förmigem Querschnitt.

Ausführung

Nicht isolierte Stromschienen (Schienenleiter, engl. rigid conductors) zur Verwendung in Schaltanlagen, Schienenverteilern u. dgl. bestehen i. Allg. aus

- elektrochemisch gereinigtem Kupfer (E-Cu) oder aus
- auf elektrolytischem Wege gewonnenem Aluminium (E-Al).

Mitunter wird – insbesondere für Stromschienen mit rundem Querschnitt (Rohr- oder Hohlleiter) – auch eine Aluminiumlegierung (E-Al Mg Si 0,5) oder kupferumhülltes Aluminium (Al Cu 15) verwendet.
Betriebsbedingte Temperaturschwankungen führen zu Längenausdehnungen bzw. -verkürzungen der starren Stromschienen, wodurch erhebliche mechanische Beanspruchungen an den Geräteanschlüssen und Stützpunkten auftreten können. In langen Schienenzügen, z. B. Sammelschienen, sind deshalb elastische Ausdehnungsstücke (Dehnungsbänder) eingebaut.

Strombelastbarkeit

Werte für die zulässige Dauerstrombelastbarkeit von nicht isolierten (blanken) Stromschienen enthalten DIN 43 670 (für E-Al) und DIN 43 671 (für E-Cu). Diese normativen Werte gelten für Einphasen- und Dreiphasen-Wechselstromsysteme mit Bemessungsfrequenzen bis 50 Hz sowie für Gleichstromsysteme. Bei Frequenzen f_x über 50 Hz berechnet sich die zulässige Dauerstrombelastbarkeit I_z wie folgt:

$$I_z = I_{50} \sqrt{50}/f_x$$

I_{50} zulässige Dauerstrombelastbarkeit bei einer Frequenz von 50 Hz.

Für Wechselstrom mit einer Frequenz von 16 2/3 Hz gelten die Werte wie für Gleichstrom.
Die Strombelastbarkeitswerte nach DIN 43670/43671 sind für waagerecht verlegte, hochkant stehende Flach- und U-Schienen sowie für Stromschienen mit rundem Querschnitt anzuwenden. Bei senkrechter Schienenführung über 2 m Länge oder bei flach liegenden, waagerecht geführten Rechteckschienen sind die in den vorgenannten DIN-Normen enthaltenen Korrekturfaktoren zu berücksichtigen.
Die zulässige Dauerstrombelastbarkeit von gestrichenen (gekennzeichneten) Stromschienen – in Dreiphasen-Wechselstromsystemen mit den Farben **Gelb** (L1), **Grün** (L2) und **Violett** (L3), in Gleichstromsystemen mit den Farben **Rot** (L+) und **Blau** (L-) – ist höher als die Belastbarkeit von nicht gestrichenen (blanken) Schienen. Die physikalische Begründung hierfür liefert das **Kirchhoff'sche Strahlungsgesetz**. Danach ist die von einem Körper ausgesendete Strahlungsleistung gleich der des schwarzen Körpers (ein Körper, der Strahlung völlig absorbiert), multipliziert mit seinem eigenen Absorptionsvermögen. Körper mit vergleichsweise großem Absorptionsvermögen sind mithin auch gute Temperaturstrahler.

Kurzschlussfestigkeit

Auf parallel geführte Schienenleiter, deren Länge groß gegenüber dem gegenseitigen Abstand ist, wirken bei Stromfluss Kräfte, die gleichmäßig über die Leiterlänge verteilt sind. Diese Kräfte sind im Kurzschlussfall besonders groß und beanspruchen die Leiter sowie deren Befestigungsmittel auf Biegung, Druck oder Zug. Die Kurzschlussfestigkeit des Schienensystems ist gemäß DIN EN 60865-1 sowie DIN EN 61660-2 (Normenreihe VDE 0103) – bei partiell typgeprüften Niederspannungs-Schaltgerätekombinationen (PTSK) unter Berücksichtigung von DIN IEC 61117 (VDE 0660-509) – unbedingt sicherzustellen.

Stromschienenverschraubung

Verschraubungen von rechteckigen und U-förmigen Stromschienen erfolgen nach DIN 43673. Bei Längs-, Winkel- oder T-Verbindungen mit nur einer Schraube sollen die Schienen abgestützt sein, um ein Lockern der Schraubverbindung zu verhindern. Zur Aufrechterhaltung der geforderten Kontaktkraft sorgen Federelemente, meist in Verbindung mit Unterlegscheiben. Langlöcher sind in Stromschienenverschraubungen grundsätzlich nicht gestattet.
Zur Sicherstellung eines guten elektrischen Kontakts ist vor dem Verschrauben – insbesondere von Aluminiumschienen – die nicht leitende, farblose Oxidschicht auf den Anschlussflächen zu entfernen, z. B. mit einer Drahtbürste oder Feile. Zur Vermeidung erneuter Oxidationen empfiehlt es sich, die Anschlussflächen der Stromschienen unmittelbar nach dem Reinigen mit neutraler Vaseline oder einem anderen geeigneten Antioxidationsmittel zu fetten.
Eine gute Möglichkeit zur einfachen Temperaturkontrolle von Stromschienenverschraubungen bieten **Thermocolorfarben**. Diese ändern beim Überschreiten bestimmter Temperaturgrenzwerte ihre Farbe; aus **Rosa** wird z. B. **Blau**. Die Umschlagfarbe bleibt nach dem Wiedererkalten des Farbträgers noch einige Zeit lang bestehen. Als zweckmäßig hat sich das Bestreichen der Schraubenköpfe mit Thermocolorfarben erwiesen.

R. Müller

Literatur

[1] DIN VDE 0100-200:2006-06 Errichten von Niederspannungsanlagen; Begriffe.
[2] DIN VDE 0100-557:2007-06 –; Auswahl und Errichtung elektrischer Betriebsmittel; Hilfsstromkreise.
[3] DIN 18 015-2:2004-08 Elektrische Anlagen in Wohngebäuden; Art und Umfang der Mindestausstattung.