

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                   |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | <b>Sperren für die Trägerfrequenz-Nachrichtenübertragung<br/>über Hochspannungsleitungen (TFH-Sperren)</b><br>IEC 353 :1989, modifiziert                                                                                                                                                               | <b>DIN</b><br><b>VDE 0851</b>     |
| <b>VDE</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | Diese Norm ist zugleich eine <b>VDE-Bestimmung</b> im Sinne von VDE 0022. Sie ist nach Durchführung des vom VDE-Vorstand beschlossenen Genehmigungsverfahrens unter nebenstehenden Nummern in das VDE-Vorschriftenwerk aufgenommen und in der etz Elektrotechnische Zeitschrift bekanntgegeben worden. | Klassifikation<br><b>VDE 0851</b> |
| <p>Line traps for power line carrier systems (PLC line traps);<br/>IEC 353 :1989, modified</p> <p>Circuits-bouchons pour systèmes à courants porteurs<br/>sur lignes d'énergie (circuits-bouchons CPL);<br/>IEC 353 :1989, modifiée</p> <p>Die Internationale Norm IEC 353:1989-10 (2. Ausgabe) „Line traps for a. c. power systems“ ist mit nationalen Modifizierungen in diese Deutsche Norm übernommen worden; siehe Verzeichnis „Abweichungen von IEC 353“.</p> <p><b>Beginn der Gültigkeit</b></p> <p>Diese Norm (VDE-Bestimmung) gilt ab 1. Februar 1993.</p> <p>Daneben gilt <b>DIN 57851/VDE 0851/04.73</b> noch in einer Übergangsfrist bis 31. Januar 1995.</p> <p>Bereits bestehende TFH-Sperren sowie Ersatz- und Ergänzungsteile dafür dürfen weiter betrieben werden, wenn sie <b>DIN 57851/VDE 0851/04.73</b> genügen.</p> <p>Norm-Inhalt war veröffentlicht als DIN VDE 0851/Entwurf 04.89.</p> <p>Ersatz für<br/><b>DIN 57851/<br/>VDE 0851/04.73.</b><br/>Siehe jedoch Übergangsfrist!</p> <p>Fortsetzung Seite 2 bis 22</p> <p>Deutsche Elektrotechnische Kommission im DIN und VDE (DKE)</p> |                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                   |

**Inhalt**

|                                                              | Seite |                                                                                                                   | Seite |
|--------------------------------------------------------------|-------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| <b>Hauptabschnitt eins – Allgemeines</b>                     | 2     | <b>Hauptabschnitt fünf – Prüfungen</b>                                                                            | 8     |
| <b>1 Anwendungsbereich</b>                                   | 2     | <b>18 Allgemeine Bedingungen</b>                                                                                  | 8     |
| <b>2 Zweck</b>                                               | 2     | <b>19 Prüfungen</b>                                                                                               | 9     |
| <b>3 In dieser Norm verwendete Kurzzeichen</b>               | 3     | 19.1 Erwärmungsprüfung (Typprüfung)                                                                               | 9     |
| <b>4 Betriebsbedingungen</b>                                 | 3     | 19.2 Teilentladungsmessung; Funkstörspannung (Typprüfung)                                                         | 10    |
| 4.1 Allgemeine Bedingungen                                   | 3     | 19.3 Isolationsprüfungen                                                                                          | 10    |
| 4.2 Höhenlage                                                | 3     | 19.4 Kurzzeitstromprüfungen (Typprüfungen)                                                                        | 12    |
| 4.3 Umgebungstemperatur                                      | 3     | 19.5 Messung der Bemessungsinduktivität $L_{IN}$ der Hauptwicklung (Typ- und Stückprüfung)                        | 13    |
| 4.4 Netzfrequenz                                             | 3     | 19.6 Messung der Netzfrequenzinduktivität $L_p$ der Hauptwicklung (Typ- und Stückprüfung)                         | 13    |
| 4.5 Wellenform                                               | 3     | 19.7 Messung von Sperrwiderstand $R_b$ und Sperrimpedanz $Z_b$ der Hauptwicklung (Typ- und Stückprüfung)          | 13    |
| 4.6 Außergewöhnliche Betriebsbedingungen                     | 3     | 19.8 Messung der Nebenschlußdämpfung $A_l$ und der bezogenen Nebenschlußdämpfung $A_{IR}$ (Typ- und Stückprüfung) | 14    |
| <b>Hauptabschnitt zwei – Begriffe</b>                        | 3     | <b>Hauptabschnitt sechs – Empfohlene Werte</b>                                                                    | 14    |
| <b>5 Allgemeines zur TFH-Sperre</b>                          | 3     | <b>20 Bemessungsinduktivität (Nenninduktivität) <math>L_{IN}</math> der Hauptwicklung bei 50 Hz</b>               | 14    |
| 5.1 Hauptwicklung                                            | 4     | <b>21 Koordinierung von Bemessungsstrom und Bemessungs-Kurzzeitstrom</b>                                          | 14    |
| 5.2 Abstimmeinrichtung                                       | 4     | <b>Anhang A (informativ) Ergänzende Hinweise und Empfehlungen</b>                                                 | 14    |
| 5.3 Überspannungsschutz                                      | 4     | <b>Anhang B (informativ) Einsatz von TFH-Sperren in Umrichteranlagen (Wechselspannung – Gleichspannung)</b>       | 16    |
| 5.4 Sperreigenschaften                                       | 4     | <b>Anhang C Hauptanschlüsse und Aufhängung oder Aufstellung der TFH-Sperre</b>                                    | 18    |
| 5.5 Ströme                                                   | 6     | <b>Zitierte Normen</b>                                                                                            | 19    |
| <b>Hauptabschnitt drei – Anforderungen</b>                   | 6     | <b>Weitere Normen und andere Unterlagen</b>                                                                       | 20    |
| <b>6 Allgemeine Anforderungen</b>                            | 6     | <b>Frühere Ausgaben</b>                                                                                           | 20    |
| 6.1 Hauptwicklung                                            | 6     | <b>Änderungen</b>                                                                                                 | 20    |
| 6.2 Abstimmeinrichtung                                       | 6     | <b>Abweichungen von IEC 353</b>                                                                                   | 21    |
| 6.3 Überspannungsschutz                                      | 6     | <b>Erläuterungen</b>                                                                                              | 21    |
| <b>7 Sperranforderungen</b>                                  | 6     | <b>Internationale Patentklassifikation</b>                                                                        | 22    |
| <b>8 Anforderungen für Dauerbetrieb</b>                      | 6     |                                                                                                                   |       |
| <b>9 Kurzschlußfestigkeit</b>                                | 7     |                                                                                                                   |       |
| 9.1 Mechanische Festigkeit                                   | 7     |                                                                                                                   |       |
| 9.2 Temperaturverhalten                                      | 7     |                                                                                                                   |       |
| <b>10 Isolationsfestigkeit</b>                               | 7     |                                                                                                                   |       |
| 10.1 Isolierung der TFH-Sperre (innere Isolation)            | 7     |                                                                                                                   |       |
| 10.2 Isolierung gegen Erde (äußere Isolation)                | 7     |                                                                                                                   |       |
| 10.3 TFH-Sperren für Einsatz in großen Höhenlagen            | 7     |                                                                                                                   |       |
| <b>11 Funkstörspannung</b>                                   | 7     |                                                                                                                   |       |
| <b>12 Leistungsverluste</b>                                  | 8     |                                                                                                                   |       |
| <b>13 Zugfestigkeit der Aufhängevorrichtung</b>              | 8     |                                                                                                                   |       |
| <b>14 Zubehör</b>                                            | 8     |                                                                                                                   |       |
| 14.1 Vogelschutz                                             | 8     |                                                                                                                   |       |
| 14.2 Anschlüsse                                              | 8     |                                                                                                                   |       |
| <b>Hauptabschnitt vier – Typschilder (Leistungsschilder)</b> | 8     |                                                                                                                   |       |
| <b>15 Typschild der Hauptwicklung</b>                        | 8     |                                                                                                                   |       |
| <b>16 Typschild der Abstimmeinrichtung</b>                   | 8     |                                                                                                                   |       |
| <b>17 Typschild des Überspannungsschutzes</b>                | 8     |                                                                                                                   |       |

**Hauptabschnitt eins – Allgemeines****1 Anwendungsbereich**

Diese Norm gilt für Sperren für die Trägerfrequenz-Nachrichtenübertragung über Hochspannungsleitungen (TFH-Sperren), die in Hochspannungsleitungen (Wechselspannung) eingebaut werden, um einen unzulässigen Verlust an Trägerfrequenzleistung im gebräuchlichen Frequenzbereich von 15 bis 450 kHz und 470 bis 490 kHz<sup>1)</sup> bei allen Netzzuständen zu verhindern und die Beeinflussung durch TFH-Einrichtungen auf benachbarte Übertragungswege auf ein Minimum herabzusetzen. Sie

gilt nicht für Spulen, die zu anderen Zwecken an Hochspannungsleitungen angeschlossen sind.

TFH-Sperren, die in Verbindung mit Umrichteranlagen (Wechselspannung – Gleichspannung) eingesetzt werden, arbeiten unter Netzbetriebsbedingungen, die nicht in dieser Norm festgelegt sind.

Angaben hierüber enthält der ergänzende [Anhang B](#). Er ist nur informativer Art und gehört nicht zum Norminhalt.

**2 Zweck**

Zweck dieser Norm ist, Begriffe, Anforderungen und Prüfverfahren für TFH-Sperren und deren Bemessung festzulegen.

1) Siehe Verzeichnis „Abweichungen von IEC 353“.

### 3 In dieser Norm verwendete Kurzzeichen

Nur in den Anhängen verwendete Kurzzeichen sind nicht aufgeführt.<sup>2)</sup>

|                                |                                                                                                                                                   |
|--------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $\alpha$                       | Temperaturkoeffizient                                                                                                                             |
| $A_t$                          | Nebenschlußdämpfung                                                                                                                               |
| $A_{tR}$                       | bezogene Nebenschlußdämpfung                                                                                                                      |
| $C_r$                          | Eigenkapazität                                                                                                                                    |
| $\Delta f_1, \Delta f_2$       | Bandbreite                                                                                                                                        |
| $\Delta f_{1R}, \Delta f_{2R}$ | Mindestbandbreite                                                                                                                                 |
| $f_c$                          | Abstimmfrequenz                                                                                                                                   |
| $f_{cR}$                       | bezogene Abstimmfrequenz                                                                                                                          |
| $f_{pN}$                       | Bemessungs-Netzfrequenz                                                                                                                           |
| $I_N$                          | Bemessungsstrom                                                                                                                                   |
| $I_{km}$                       | höchster Augenblickswert der ersten Halbwelle des zulässigen Kurzschluß-Wechselstroms (asymmetrischer Scheitelwert des Bemessungs-Kurzzeitstroms) |
| $I_{kN}$                       | Bemessungs-Kurzzeitstrom                                                                                                                          |
| $J$                            | Kurzzeit-Stromdichte                                                                                                                              |
| $L_p$                          | Netzfrequenzinduktivität der Hauptwicklung                                                                                                        |
| $L_t$                          | Wirkinduktivität der Hauptwicklung                                                                                                                |
| $L_{tN}$                       | Bemessungsinduktivität der Hauptwicklung                                                                                                          |
| $R_b$                          | Sperrwiderstand                                                                                                                                   |
| $T$                            | Kehrwert des Temperaturkoeffizienten                                                                                                              |
| $U$                            | an der TFH-Sperre durch den Bemessungs-Kurzzeitstrom mit Bemessungs-Netzfrequenz erzeugte Spannung                                                |
| $U_m$                          | Höchste Spannung für Betriebsmittel                                                                                                               |
| $Z_b$                          | Sperrimpedanz                                                                                                                                     |
| $\Theta$                       | Temperatur                                                                                                                                        |

## 4 Betriebsbedingungen

### 4.1 Allgemeine Bedingungen

Die allgemeinen Bedingungen beziehen sich auf Freiluftbetrieb. Eine TFH-Sperre muß ihre geforderte Funktion erfüllen können, wenn sie Sonne, Regen, Nebel, Frost, Schnee, Eis usw. ausgesetzt ist. Für den Fall verschärfter Umgebungsbedingungen wie Salznebel, Verunreinigungen durch Industrie und dergleichen sind zwischen Hersteller und Betreiber besondere Vereinbarungen zu treffen.

Es wird empfohlen, auch im Innenraum die Freiluftausführung der TFH-Sperren zu verwenden.<sup>3)</sup>

### 4.2 Höhenlage

In Höhenlagen über 1000 m über Normal-Null (NN) sollte eine TFH-Sperre nicht ohne besondere Vereinbarung zwischen Hersteller und Betreiber und ohne Maßnahmen verwendet werden, die ihre Eignung sicherstellen.

### 4.3 Umgebungstemperatur

Wenn nichts anderes zwischen Hersteller und Betreiber vereinbart wird, sollte eine TFH-Sperre nicht außerhalb eines Umgebungstemperaturbereichs von  $-40$  bis  $+40$  °C verwendet werden.

2) Siehe auch Erläuterungen.

3) Siehe Verzeichnis „Abweichungen von IEC 353“.

## 4.4 Netzfrequenz

Diese Norm gilt nur für Netzfrequenzen von 15 bis 60 Hz einschließlich.

## 4.5 Wellenform

Diese Norm gilt für Netzströme und -spannungen mit ungefähr sinusförmigem Verlauf.

## 4.6 Außergewöhnliche Betriebsbedingungen

Falls die Anforderungen nach den Abschnitten 4.2 und 4.3 nicht erfüllt werden können, gelten die [Abschnitte 8](#) und [10.3](#).

## Hauptabschnitt zwei – Begriffe

Für diese Norm gelten die Begriffserklärungen nach den Abschnitten 5 bis 5.5.3. Andere verwendete Begriffe haben, wenn nicht anders angegeben, die Bedeutung nach IEC 50.

## 5 Allgemeines zur TFH-Sperre<sup>3)</sup> (en: line trap)

Eine TFH-Sperre besteht aus einer Hauptwicklung, einem Überspannungsschutz und, falls erforderlich, einer Abstimmereinrichtung. Sie soll das Abfließen von Trägerfrequenzenergie in nicht zur Übertragung vorgesehene Leitungsabschnitte oder Schaltanlagen (z. B. Sammelschienen und Transformatoren) verhindern. Durch den Einsatz einer Abstimmereinrichtung wird erreicht, daß die TFH-Sperre für eine oder mehrere Trägerfrequenzen oder Trägerfrequenzbänder einen hohen Scheinwiderstand hat, bei Netzfrequenz der Scheinwiderstand der TFH-Sperre aber vernachlässigbar ist. Mit einer TFH-Sperre können an einer Netzabzweigung auch Verluste an Trägerfrequenzleistung begrenzt werden.

Wenn für die Ankopplung eine große Bandbreite gefordert wird, werden nichtabgestimmte TFH-Sperren eingesetzt. Mit Bezug auf [Abschnitt 5.4](#) wird aber darauf hingewiesen, daß der sich ergebende Reihen-Scheinwiderstand bei bestimmten Bedingungen des Hochspannungsnetzes zu einem Kurzschluß für bestimmte TFH-Frequenzen führen kann.

Bild 1 zeigt Beispiele von Schaltbildern üblicher TFH-Sperren.

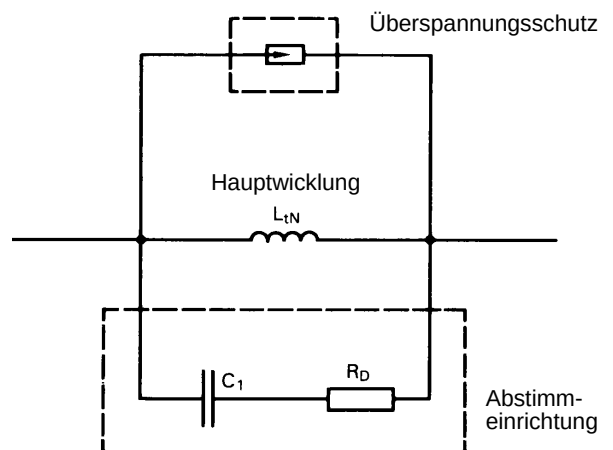


Bild 1a). Beispiel eines Schaltbildes einer TFH-Sperre mit Einfrequenzabstimmung

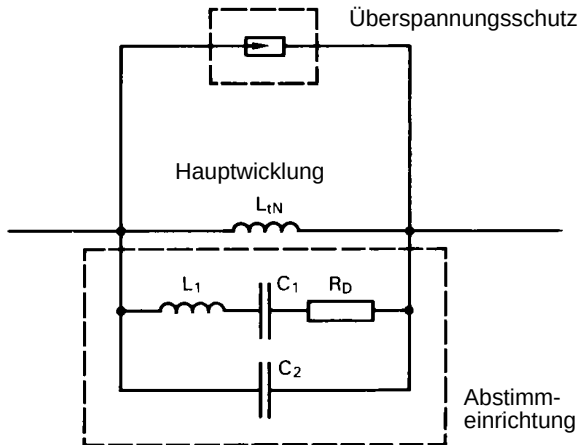


Bild 1b). Beispiel eines Schaltbilds einer TFH-Sperre mit Bandabstimmung

### 5.1 Hauptwicklung (en: main coil)

Die Hauptwicklung ist eine Spule, die den netzfrequenten Strom der Hochspannungsleitung führt.

**5.1.1 Scheininduktivität  $L$**  (en: apparent inductance) ist der Widerstand der Hauptwicklung, geteilt durch die Kreisfrequenz, bei der bei unkompensierter Eigenkapazität der Blindwiderstand ermittelt wurde.

**5.1.2 Netzfrequenzinduktivität  $L_p$**  (en: power-frequency inductance) ist die bei Netzfrequenz gemessene Induktivität.

**5.1.3 Wirkinduktivität  $L_t$**  (en: true inductance) ist die Eigeninduktivität der Hauptwicklung, gemessen bei einer bestimmten Frequenz und bei kompensierter Eigenkapazität.

**5.1.4 Bemessungsinduktivität  $L_{HN}^4$**  (en: rated inductance; fr: inductance assignée) ist der Wert der Wirkinduktivität, gemessen bei 100 kHz.

**5.1.5 Eigenkapazität  $C_e$**  (en: self capacitance) ist die Kapazität, die zusammen mit der Wirkinduktivität ein Mitschwingen der Hauptwicklung mit Eigenresonanz bewirkt. Die Eigenkapazität ist abhängig vom Aufbau der Hauptwicklung.

**5.1.6 Eigenresonanzfrequenz** (en: self-resonant frequency) ist die Frequenz, bei der die Kombination aus Wirkinduktivität und Eigenkapazität zu Resonanz führt.

**5.1.7 Wirkwiderstand der Hauptwicklung** (en: resistance of main coil) ist der ohmsche Widerstand.

**5.1.8 Temperaturkoeffizient  $\alpha$**  (en: temperature coefficient) ist das Verhältnis der Änderung des spezifischen Widerstands aufgrund einer Temperaturänderung um 1 K zum spezifischen Widerstand bei 0 °C.

**5.1.9 Bemessungs-Netzfrequenz  $f_{pN}$**  (en: rated power frequency; fr: fréquence nominale du réseau)<sup>4)</sup> ist die Frequenz der Hochspannungsanlage, in die die TFH-Sperre eingefügt wird.

### 5.2 Abstimmereinrichtung (en: tuning device)

Die Abstimmereinrichtung besteht aus Kondensatoren, Spulen und Widerständen, die parallel zur Hauptwicklung angeschlossen werden. Je nach Trägerfrequenzverhalten

der TFH-Sperre kann die Abstimmereinrichtung auch entbehrlich sein.

### 5.3 Überspannungsschutz (en: protective device)

Der Überspannungsschutz wird parallel zur Hauptwicklung und gegebenenfalls der Abstimmereinrichtung angeschlossen und begrenzt transiente Überspannungen an der TFH-Sperre. Zusätzliche Mittel zum Überspannungsschutz können für die Abstimmereinrichtung vorgesehen sein.

### 5.4 Sperreigenschaften

(en: carrier-frequency characteristics)

Die Sperreigenschaften werden im ungünstigsten Fall durch den Wirkwiderstand der TFH-Sperre bestimmt, denn die Blindwiderstände von Baueinheiten des Hochspannungsnetzes wie Transformatoren, Sammelschienen und Leitungen bilden einen Scheinwiderstand hinter der TFH-Sperre zwischen Leitung und Erde. Dieser Scheinwiderstand in Reihe mit dem Scheinwiderstand der TFH-Sperre kann als Nebenschluß zur TFH-Verbindung wirken. Der sich aus diesem Nebenschluß ergebende Verlust an Signalleistung (TF-Leistung) hängt von der vektoriellen Summe der beiden Teilimpedanzen ab.

Heben sich die Blindanteile der beiden Impedanzen auf, so kann sich die gesamte Nebenschlußimpedanz auf einen unannehmbar niedrigen Wert reduzieren.

Um diesen Fall und weitere mögliche Nebenschlußwirkungen aufgrund von Schaltvorgängen im Starkstromnetz auszuschließen, sollte die Sperrimpedanz der TFH-Sperre immer eine ohmsche Komponente enthalten.<sup>5)</sup>

**5.4.1 Sperrimpedanz  $Z_b$**  (en: blocking impedance) ist der komplexe Widerstand der vollständigen TFH-Sperre innerhalb eines bestimmten Sperrbereichs.

**5.4.2 Sperrwiderstand  $R_b$**  (en: blocking resistance) ist der ohmsche Anteil der Sperrimpedanz.

**5.4.3 Nebenschlußdämpfung  $A_t$**  (en: tapping loss) ist die Dämpfung eines Trägerfrequenzsignals aufgrund der endlichen Sperrfähigkeit der TFH-Sperre. Sie wird in bezug auf das Verhältnis der Signalspannungen (TF-Spannungen) an einer Impedanz entsprechend dem Wellenwiderstand des Übertragungswegs mit und ohne Parallelschaltung der TFH-Sperre definiert und in Dezibel (dB) ausgedrückt.

**5.4.4 Bezogene Nebenschlußdämpfung  $A_{tR}$**  (en: tapping loss based on blocking resistance), in Dezibel (dB) ausgedrückt, ist die auf den Sperrwiderstand  $R_b$  bezogene Dämpfung eines Trägerfrequenzsignals aufgrund des Nebenschlusses des ohmschen Anteils der Sperrimpedanz  $Z_b$ .

**5.4.5 Bandbreite  $\Delta f_1$  oder  $\Delta f_2$**  (en: bandwidth based on blocking impedance) ist das auf die Sperrimpedanz  $Z_b$  bezogene Trägerfrequenzband, in dem der absolute Wert der Sperrimpedanz  $Z_b$  einen bestimmten Wert nicht unterschreitet oder die Nebenschlußdämpfung  $A_t$  einen bestimmten Wert nicht überschreitet (siehe Bild 2).

**5.4.6 Mindestbandbreite  $\Delta f_{1R}$  oder  $\Delta f_{2R}$**  (en: bandwidth based on blocking resistance) ist die auf den Sperrwiderstand  $R_b$  bezogene Bandbreite  $\Delta f_1$  oder  $\Delta f_2$  (siehe Bild 2).

4) „Bemessungs-“ (bzw. „Nenn-“) nach DIN 40 200 (entspricht IEC 50(151)). Siehe Erläuterungen.

5) Siehe Verzeichnis „Abweichungen von IEC 353“.

**5.4.7 Abstimmfrequenz  $f_c$**  (en: centre frequency) ist die Frequenz in der geometrischen Mitte zwischen den Bandgrenzfrequenzen.

**5.4.8 Bezogene Abstimmfrequenz  $f_{cR}$**  (en: centre frequency based on blocking resistance) ist die auf den

Sperrwiderstand  $R_b$  bezogene Abstimmfrequenz  $f_c$ . Bei Bandabstimmung ist  $f_c = f_{cR}$ .

**5.4.9 Gütefaktor  $Q$**  (en: Q factor) ist das Verhältnis von Blindwiderstand und Wirkwiderstand der Hauptwicklung bei einer bestimmten Frequenz.

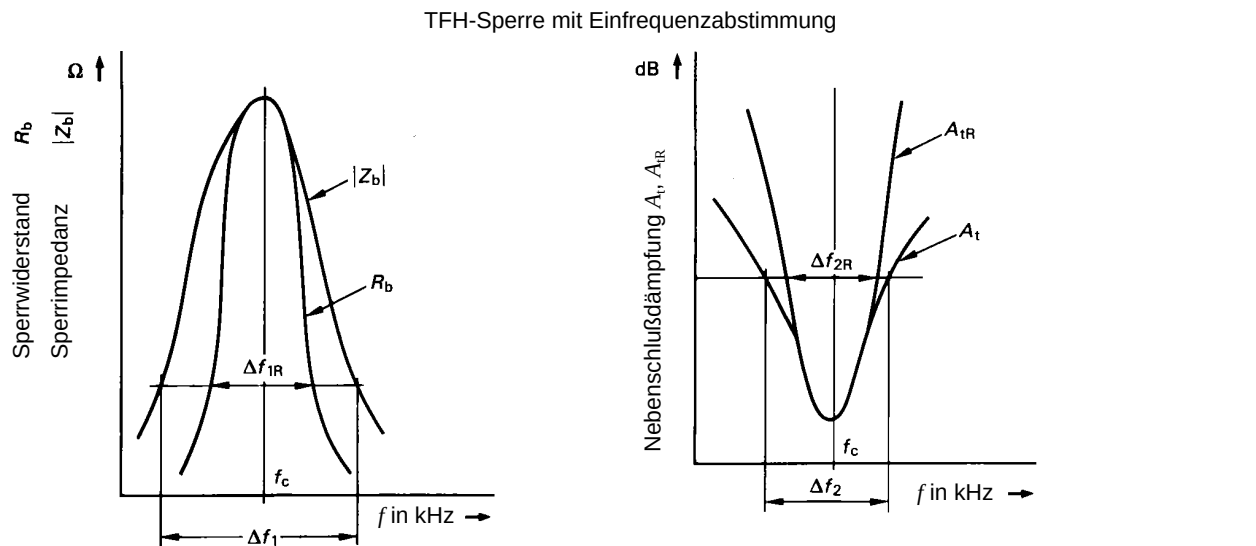


Bild 2a). Bandbreite von TFH-Sperren mit Einfrequenzabstimmung

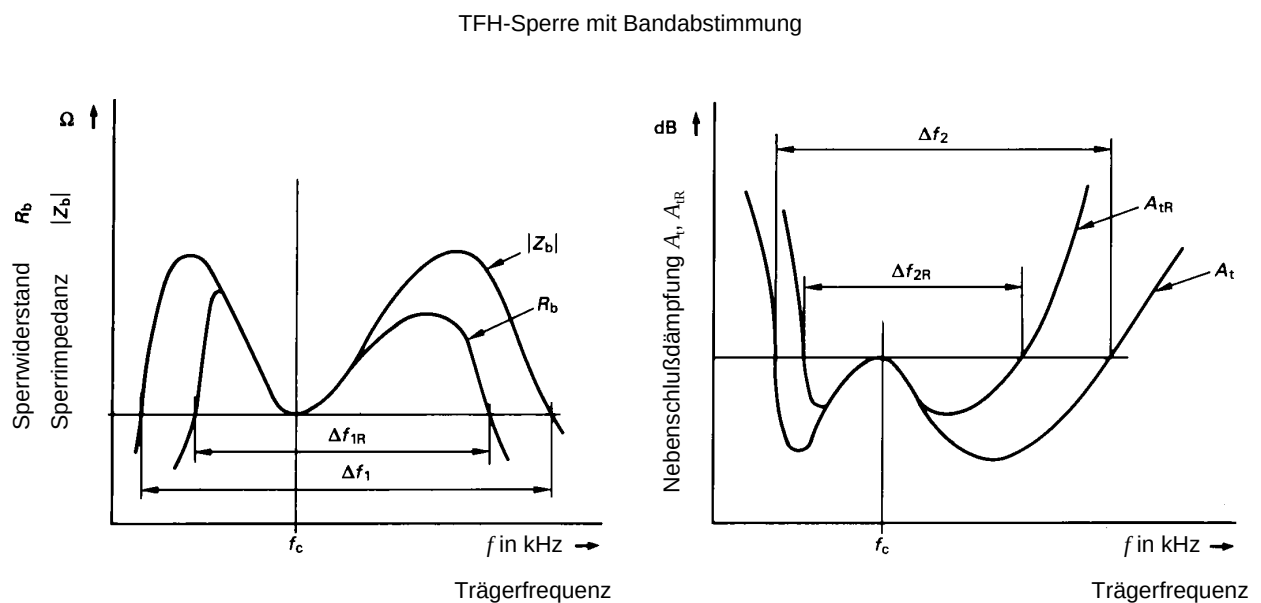


Bild 2b). Bandbreite von TFH-Sperren mit Bandabstimmung

Anmerkung:  $\Delta f_{1R} = \Delta f_{2R}$ , aber  $\Delta f_1 \neq \Delta f_2$ .

## 5.5 Ströme

**5.5.1 Bemessungsstrom  $I_N^{(6)}$**  (en: continuous rated current<sup>7)</sup>; fr: courant permanent assigné) ist der Effektivwert des Dauerstroms bei Netzfrequenz, den die Hauptwicklung führen kann, ohne die höchstzulässigen Temperaturerhöhungen zu überschreiten.

**5.5.2 Bemessungs-Kurzzeitstrom  $I_{KN}^{(6)}$**  (en: rated short-time current; fr: courant assigné de courte durée) ist der Effektivwert des Kurzschluß-Wechselstroms, der während einer festgelegten Zeitspanne durch die Hauptwicklung fließen kann, ohne daß die TFH-Sperre thermisch oder dynamisch beschädigt wird. Als höchster Augenblickswert ( $I_{km}$ ) der ersten Halbwelle des zulässigen Kurzschluß-Wechselstroms (asymmetrischer Scheitelwert des Bemessungs-Kurzzeitstroms) wird das 2,55fache des Bemessungs-Kurzzeitstroms festgelegt.<sup>8)</sup>

**5.5.3 Höchstzulässiger Betriebsstrom** (en: emergency overload current) ist der Strom, den die Hauptwicklung während einer bestimmten Zeitspanne ohne dauernden Schaden oder eine wesentliche Verkürzung der Lebensdauer aushalten kann.

## Hauptabschnitt drei – Anforderungen

## 6 Allgemeine Anforderungen

### 6.1 Hauptwicklung

Die Bemessungsinduktivität der Hauptwicklung muß aus den empfohlenen Werten nach Abschnitt 20 gewählt werden und darf nicht kleiner als 90 % des festgelegten Werts sein.

Wenn Austauschbarkeit gefordert wird, ist zwischen Hersteller und Betreiber ein geeigneter oberer Grenzwert zu vereinbaren. Andernfalls braucht kein oberer Grenzwert festgelegt zu werden.

Anmerkung: Für die Berechnung des Sperrwiderstands oder der Bandbreite, bezogen auf den Sperrwiderstand, sollte der untere Grenzwert zugrundegelegt werden.

#### 6.1.1 Eigenresonanzfrequenz (en: self-resonance frequency)

Diese Frequenz sollte immer über 500 kHz liegen. Ausgenommen sind TFH-Sperren mit einer Nenninduktivität über 0,5 mH, wenn es wegen der konstruktiven Ausführung der Hauptwicklung nicht möglich ist, eine so hohe Frequenz zu erreichen.

#### 6.1.2 Gütefaktor $Q$

Wenn Austauschbarkeit von Bedeutung ist, muß bei 100 kHz  $Q \geq 30$  sichergestellt sein. Die Konstruktion der Hauptwicklung kann Einfluß auf den Gütefaktor haben.

#### 6.1.3 Bemessungsströme<sup>6)</sup>

Für die Bemessung der Dauer- und Kurzzeitströme gilt [Abschnitt 21](#).

6) „Bemessungs-“ (bzw. „Nenn-“) nach DIN 40 200 (entspricht IEC 50(151)). Siehe Erläuterungen.

7) Im englischen IEC-Originaltext auch: rated continuous current.

8) Siehe [Erläuterungen](#).

## 6.2 Abstimmereinrichtung

Die Abstimmereinrichtung muß so angeordnet sein, daß ein Auswechseln ohne Demontage der TFH-Sperre möglich ist. Die Abstimmereinrichtung muß so bemessen sein, daß weder ein Temperaturanstieg noch das Magnetfeld der Hauptwicklung bei Bemessungsstrom, Bemessungs-Kurzzeitstrom oder beim höchstzulässigen Betriebsstrom zu einer wesentlichen Beschädigung führt.

## 6.3 Überspannungsschutz

Es wird empfohlen, bei Wechselstromsystemen zur Isolationskoordination Ventilableiter mit nichtlinearem Widerstand nach [DIN VDE 0675 Teil 1](#) und [Teil 2](#) (entspricht IEC 99-1) zu verwenden, und zwar mit einem Bemessungs-Ableitstrom<sup>6)</sup> größer oder gleich demjenigen der nach der TFH-Sperre eingebauten Stationsableiter, jedoch nicht kleiner als 5 kA.

Der Überspannungsschutz muß so bemessen und angeordnet sein, daß durch die Erwärmung oder durch das magnetische Feld der Hauptwicklung bei Bemessungsstrom, Bemessungs-Kurzzeitstrom oder dem höchstzulässigen Betriebsstrom keine die Funktion des Überspannungsschutzes beeinträchtigende Änderung der Schutzeigenschaften oder eine Beschädigung auftreten kann. Der Überspannungsschutz muß auch so angeordnet sein, daß ein Auswechseln ohne Demontage der TFH-Sperre möglich ist.<sup>9)</sup> Der Überspannungsschutz darf weder durch die vom Bemessungs-Kurzzeitstrom an der TFH-Sperre erzeugte Spannung ansprechen, noch darf er auf eine kurzzeitige Überspannung (hervorgeufen durch den Bemessungs-Kurzzeitstrom an der TFH-Sperre) ansprechen oder nach Ansprechen auf eine solche kurzzeitige Überspannung eingeschaltet bleiben.

Die Löschspannung des Ventilableiters muß mindestens das 1,05fache des durch den Bemessungs-Kurzzeitstrom verursachten höchstmöglichen Spannungsfalls an der TFH-Sperre betragen (siehe [Abschnitt 10](#)).<sup>9)</sup>

## 7 Sperranforderungen

Sperrimpedanz und Nebenschlußdämpfung dürfen zwischen Hersteller und Betreiber vereinbart werden, denn diese Norm enthält keine Angaben für diese beiden Größen innerhalb der Bandbreite der TFH-Sperre.

Im [Abschnitt A.3](#) wird jedoch die Beziehung zwischen Bemessungsinduktivität, Sperrwiderstand und Bandbreite beschrieben.

Zur Festlegung der Bandbreite werden für die Nebenschlußdämpfung und die bezogene Nebenschlußdämpfung höchstens 2,6 dB empfohlen. Dies entspricht einem Sperrwiderstand der TFH-Sperre vom 1,41fachen Wellenwiderstand der Hochspannungsleitung. Ein typisches Beispiel ist eine TFH-Sperre mit einem Sperrwiderstand von 570  $\Omega$ , die an eine Hochspannungsleitung mit einem Wellenwiderstand von 400  $\Omega$  angeschlossen ist, einem üblichen Wert des Widerstands zwischen Leiter und Erde bei einer Einzelleiter-Hochspannungsleitung.

## 8 Anforderungen für Dauerbetrieb

Die Temperaturerhöhung aller Teile einer TFH-Sperre darf, bezogen auf den Bemessungsstrom, in Höhenlagen unter 1000 m über NN im Umgebungstemperaturbereich nach [Abschnitt 4.3](#) die Werte nach [Tabelle 1](#) nicht überschreiten. Die Temperaturerhöhung ist unmittelbar am wärmsten

9) Siehe Verzeichnis „Abweichungen von IEC 353“.

Punkt zu messen und die durchschnittliche Temperaturerhöhung aus der Widerstandszunahme der Hauptwicklung nach [Abschnitt 19.1](#) zu errechnen.

Zumal eine TFH-Sperre während ihrer Lebensdauer gewöhnlich nicht voll belastet wird, sind die Werte nach Tabelle 1 höher als nach [DIN VDE 0530 Teil 1/07.91, Anhang A](#) (entspricht IEC 85).

**Tabelle 1. Höchstzulässige Temperaturerhöhung<sup>10)</sup>**

| Einteilung der Isolierstoffe |                                           | Höchstzulässige Temperaturerhöhung K   |                                                          |
|------------------------------|-------------------------------------------|----------------------------------------|----------------------------------------------------------|
| Wärme-<br>klasse             | Zugeordnete höchstzulässige Temperatur °C | unmittelbar am wärmsten Punkt gemessen | aus der Widerstandszunahme errechneter Durchschnittswert |
| A                            | 105                                       | 75                                     | 65                                                       |
| E                            | 120                                       | 100                                    | 85                                                       |
| B                            | 130                                       | 110                                    | 90                                                       |
| F                            | 155                                       | 135                                    | 115                                                      |
| H                            | 185                                       | 155                                    | 140                                                      |
| C                            | 220                                       | 200                                    | 160                                                      |

**Anmerkung 1:** Für Isolierstoffe, die der Tabelle 1 nicht zuzuordnen sind, dürfen darüber hinausgehende Temperaturerhöhungen zwischen Hersteller und Betreiber vereinbart werden. Siehe auch [Abschnitt A.5.11\)](#)

Überschreitet die Umgebungstemperatur am Einsatzort den oberen Grenzwert nach [Abschnitt 4.3](#) (+ 40 °C) um höchstens 10 K, so ist die zulässige Temperaturerhöhung herabzusetzen

- um 5 K, wenn die Überschreitung bis 5 K beträgt, und
- um 10 K, wenn die Überschreitung über 5 K bis 10 K beträgt.

<sup>11)</sup>

Bei einer TFH-Sperre, die zum Einsatz in Höhenlagen über 1000 m über NN bestimmt ist, aber in tieferen Höhenlagen geprüft wird, sind die höchstzulässigen Temperaturerhöhungen um 2,5 % je 500 m über 1000 m über NN zu verringern.

**Anmerkung 2:** Für bestimmte Teile einer TFH-Sperre können abhängig von ihrer Lage zur Hauptwicklung abweichende Temperaturfestlegungen erforderlich oder zulässig sein. Bei blanken metallischen Teilen oder Wicklungen sind Temperaturerhöhungen über den für benachbarte Werkstoffe geltenden Grenzwerten nicht zulässig. Zur Temperaturbemessung von Anschlüssen wird auf [DIN VDE 0670 Teil 2](#) (entspricht IEC 129) hingewiesen; dabei ist zu beachten, daß die Anschlüsse von TFH-Sperren aufgrund von Wirbelströmen, die durch das magnetische Feld der Hauptwicklung erzeugt werden, höheren Temperaturen ausgesetzt sind.

10) Siehe [Erläuterungen](#).

11) Siehe [Verzeichnis „Abweichungen von IEC 353“](#).

## 9 Kurzschlußfestigkeit

### 9.1 Mechanische Festigkeit

Die TFH-Sperre muß den durch den asymmetrischen Scheitelwert  $I_{km}$  des Bemessungs-Kurzzeitstroms  $I_{kN}$  verursachten mechanischen Beanspruchungen standhalten; dies ist nach [Abschnitt 19.4.1](#) zu prüfen.

### 9.2 Temperaturverhalten

Die TFH-Sperre muß der Wärmewirkung des Bemessungs-Kurzzeitstroms  $I_{kN}$  standhalten; dies ist nach [Abschnitt 19.4.1](#) zu prüfen.

## 10 Isolationsfestigkeit

### 10.1 Isolierung der TFH-Sperre (innere Isolation)

Die Isolationsfestigkeit der Isolierung zwischen den Anschlüssen einer TFH-Sperre wird durch die Bemessungsspannung des Überspannungsschutzes bestimmt. Die Isolierungen der Hauptwicklung und der Abstimmeinrichtung müssen ausreichend bemessen sein, und zwar für:

- a) die an der TFH-Sperre durch den Bemessungs-Kurzzeitstrom mit Bemessungs-Netzfrequenz erzeugte Spannung  $U$ . Für diese Spannung (in kV) gilt:

$$U = 2\pi \cdot f_{pN} \cdot L_p \cdot I_{kN}$$

Dabei bedeuten

$f_{pN}$  Bemessungs-Netzfrequenz (in Hz)

$L_p$  Netzfrequenzinduktivität der Hauptwicklung (in mH), gemessen nach [Abschnitt 19.6](#)

$I_{kN}$  Bemessungs-Kurzzeitstrom (in kA)

Die Bemessungsspannung des Überspannungsschutzes muß größer als  $U$  sein;

- b) die Stirn-Ansprechstoßspannung oder die durch den Nenn-Ableitstrom des Überspannungsschutzes verursachte Restspannung, je nachdem, was höher ist.

### 10.2 Isolierung gegen Erde (äußere Isolation)

Die Isolierung einer TFH-Sperre gegen geerdete Teile der Hochspannungsanlage bilden im allgemeinen Ketten- oder Stützisolatoren nach [DIN VDE 0446 Teil 1](#) (entspricht IEC 383). Die Isolatoren der TFH-Sperre müssen an die übrigen Teile der zugehörigen Hochspannungsanlage angeglichen sein.

TFH-Sperren unterliegen den gleichen Anforderungen wie sie hinsichtlich Teilentladungen an andere Anlagenteile gestellt werden.<sup>11)</sup>

### 10.3 TFH-Sperren für Einsatz in großen Höhenlagen

Bei TFH-Sperren, die für den Einsatz in Höhenlagen über 1000 bis 3000 m über NN bestimmt, aber in Höhen unter 1000 m über NN geprüft sind, ist die Prüfspannung bei Isolation durch Luftstrecken nach [DIN VDE 0111 Teil 1](#) (entspricht IEC 71-1) zu erhöhen.

## 11 Funkstörspannung

Funkstörspannungen (en: radio influence voltage – RIV) werden durch Teilentladungen an der TFH-Sperre hervorgerufen. Die Teilentladungs-Einsetzspannung  $U_i$  sollte um mindestens 15 % höher sein als die Leiterspannung des Hochspannungsnetzes ( $U_m / \sqrt{3}$  bei Drehstrom), an das die TFH-Sperre angeschlossen wird. Höchste Spannungen  $U_m$  für Betriebsmittel nach [DIN VDE 0111 Teil 1](#) (entspricht IEC 71-1) und Funkstörungen-Prüfspannungen ( $1,15 U_m / \sqrt{3}$  bei Drehstrom) siehe [Tabelle 2](#). Die höchstzulässige