



Produktkatalog

Hochspannungstechnik

Einleitung

Product Catalog

High Voltage Equipment

Introduction

Vorwort

Geschätzte Kunden,

die Firma Sefag in CH-Malters gehörte seit ihrer Gründung 1957 bis 2016 zur PFISTERER Gruppe.

In 2016 wurde dieser Bereich aus der PFISTERER Gruppe ausgegliedert und operiert seitdem eigenständig im Markt als Sefag Components AG.

Im Mai 2019 hat die Sefag Components AG die gesamte Produktgruppe "Schaltanlagenklemmen" von PFISTERER übernommen und integriert.

Sefag Components AG hat schon seit über 60 Jahren die Ihnen wohlbekannten PFISTERER Produkte aus dem Bereich Schaltanlagenklemmen entwickelt und produziert. Wir laden Sie nun ein, in Zukunft alle Ihnen bekannten PFISTERER Artikel aus dem Bereich Schaltanlagenklemmen neu bei der Sefag Components AG zu bestellen. Sie können weiterhin die früheren PFISTERER Artikelnummern und Zeichnungen verwenden. Bei Bedarf entwickeln und produzieren wir Ihnen gerne neue Varianten und Typen.

Dieser Katalog "Hochspannungstechnik Einleitung" setzt eine 60 Jahre alte bewährte Tradition fort.

Foreword

Valued customers,

Sefag in Switzerland Malters has been part of the PFISTERER Group since its foundation from 1957 to 2016. In 2016 this division was spun off from the PFISTERER Group and since then operates independently in the market as Sefag Components AG.

In May 2019 Sefag Components AG has taken over and integrated the entire product group "Switchgear Terminal Blocks" from PFISTERER.

Sefag Components AG has been developing and producing the well-known PFISTERER switchgear terminal products for more than 60 years. We invite you now to order all former PFISTERER products from switchgear terminals that you are familiar with in the future from Sefag Components AG. You can continue to use the former PFISTERER part numbers and drawings. If required, we are happy to develop and produce new variants and types.

This catalog "High Voltage Equipment Introduction" continues a 60-year-old proven tradition.

**Damit Strom sicher fließt.
Power in safe hands.**

Einleitung	Introduction	2
Kontakttechnische Grundlagen für Stromklemmen	Contact Principals for Current-Carrying Clamps	3- 7
Allgemeines	General	3- 5
Dimensionierung Strom führender Klemmen	Dimensioning of Current Carrying Clamps	5- 7
Hinweise zur Auswahl der Schaltanlagenklemmen.	Notes regarding the Selection of Substation Clamps	8- 16
Art der Anlage	Type of Substation	8
Art der Leiter	Type of Conductor	8
Nennspannung	Nominal Voltage	8- 9
Schaltanlagenklemmen für Rohrleiter	Substation Clamps for Tube Conductors	9- 15
AI-Elast-Kontaktscheiben	AI-Elast Contact Disks	15- 16
Montagehinweise	Notes for Installation	17
Vorbehandlung der Kontaktflächen	Pre-treatment of Contact Surfaces	17
Montage von Schraubklemmen	Installation of Bolted Clamps	17
Montage von Pressklemmen	Installation of pressed Clamps	17
Physikalische Kennwerte von Klemmenwerkstoffen	Physical Parameters of Clamp Materials	18- 19
Nenn- und Nennkurzzeitströme von gängigen Seilen und Rohren für Schaltanlagen	Nominal and Nominal Short-Time Currents of Standard Conductors and Tubes for Substations	20- 23
Rohrschwingungen	Tube Vibrations	24- 25
Korrosionsverhalten verschiedener Werkstoffpaarungen	Corrosion Behaviour of various Material Combinations	26- 27

Einleitung / Introduction

Seit nunmehr fünf Jahrzehnten fertigt unser Haus Stromklemmen in verschiedenen Varianten für Innenraum- und Freiluft-Schaltanlagen. Der Anwendungsbereich reicht dabei von der Mittelspannung bis zur Spannungsebene von 765 kV.

Die in diesem Katalog aufgeführten Klemmen sind für Schaltanlagen mit Seil- und Rohrleiter bestimmt und in Konstruktion, Werkstoff und Abmessungen so ausgeführt, daß dauerstromsichere und kurzschlußfeste Verbindungen über die Lebensdauer der Anlage ohne Wartung gewährleistet sind. Die Praxis hat gezeigt, daß nur durch jahrelange Erfahrung und ständige Anpassung der Klemmen-Konstruktionen an die steigenden Anlagen-Leistungen eine hohe Klemmen-Zuverlässigkeit erzielt wird. Die Norm DIN VDE 0212 Teil 52 enthält hierzu auch international anerkannte Beurteilungskriterien.

Our company has been manufacturing different types of current-carrying clamps for indoor and outdoor substations for five decades. The scope of applications ranges from medium voltages to high voltages up to 765 kV.

The clamps listed in this catalogue are intended for substations with stranded and tubular conductors. Their design, material and dimensions ensure connections that are capable of carrying continuous current and resisting short circuits throughout the operating life of the system without requiring any maintenance. Practical experience has shown that a high reliability of the clamps can only be attained by many years of experience and by constantly updating the clamp designs in compliance with the increasing system capacities. DIN VDE Standard 0212 Part 52 includes internationally approved assessment criteria for this.



Rohr-Schaltanlage

Tubular Busbar Substation

Für die Entwicklung stehen umfangreiche Versuchseinrichtungen zur Verfügung, die mit modernen Prüfmitteln ausgestattet sind. Die Fertigung der Armaturen wird durch laufende Qualitätskontrollen begleitet, die für eine hohe Qualität sorgen. Damit ist die Gewähr gegeben, daß nur umfassend geprüfte Konstruktionen auf den Markt kommen.

Es ist nicht möglich, in diesem Katalog alle Ausführungsformen von Seil- und Rohrklemmen darzustellen, die geliefert werden können. Bitte fragen Sie deshalb bei uns an. Wir unterstützen Sie bei der Auswahl der optimalen Klemmkonstruktionen. (Für die Auswahl des Erdungsmaterials für Schaltanlagen bedienen Sie sich bitte des Kataloges für Sicherheit und Erdung). Weitere, in vorliegender Liste nicht aufgeführte Zubehörteile für Abspannungen, Überspannungen usw., sind unseren Listen für Hochspannungsarmaturen zu entnehmen.

Modern and well equipped testing facilities are available for our research and development activities. The manufacture of fittings is accompanied by routine quality inspections providing for a high quality level and assuring that only thoroughly tested designs are marketed.

It is not possible to describe in this Catalogue all types of cable and tube clamps that are available. Please enquire directly for types not listed here. We will assist you in selecting the optimum clamp design for your specific requirements. (For the selection of substation earthing equipment, please consult our Catalogue "Safety and Earthing"). Additional accessories for dead-endings, overvoltages etc. are listed in our catalogues for high-voltage fittings.

Kontakttechnische Grundlagen für Stromklemmen Contact Principles for Current-Carrying Clamps

3

Allgemeines

Stromklemmen werden im wesentlichen elektrothermisch belastet. Sie haben die Aufgabe, stromtragfähige Kontakte zwischen Leitern (Seil oder Rohr) und/oder Anschlußteilen herzustellen.

Die bedeutendsten Einflußfaktoren einer stromführenden Klemmenverbindung sind

- Kontaktkraft
- Kontaktfläche
- Elastizität
- Korrosionsschutz.

Ihre Bestimmung stellt hohe Anforderungen an den Klemmenhersteller und verlangt das fundierte Verständnis der Kontaktlehre.

Werden zwei Kontaktglieder (Klemmkörper – Rohr- oder Seilleiter; Flachanschlußverbindung) miteinander verspannt, so läßt sich der Gesamtwiderstand der Verbindung in Teilwiderstände zerlegen.

Der Gesamtwiderstand ist stets die Summe aus Körperwiderstand, Umlenk- und Kontaktwiderstand.

Der Körperwiderstand ergibt sich aus der konstruktiven Ausführung der Klemme.

Er ist eine konstante Größe und nur von den geometrischen Abmessungen und von der Wahl des Werkstoffes abhängig.

Der Umlenk- und Kontaktwiderstand ist ein Zusatzwiderstand, der in stromdurchflossenen Verbindungen auftritt, wenn die Stromlinien ungleich verteilt sind und ihre Richtung ändern. Bei Flachanschlußverbindungen wird er beispielsweise im wesentlichen von der Überlappungslänge beeinflusst und ist deshalb für eine vorgesehene Ausführung praktisch konstant. Bei Seilklemmen findet die „Umlenkung“ vom Klemmenunterteil zum Leiterseil statt. Hier wird der Umlenk- und Kontaktwiderstand – unabhängig vom Seilaufbau (Anzahl der Lagen) – durch die vorhandene Querleitfähigkeit einer Klemme beeinflusst.

Der Kontaktwiderstand einer Verbindung ist von der Kontaktkraft (Verspannkraft) und der Kontaktfläche, d. h. der Gestaltung des Klemmkannals abhängig.

Werden zwei Kontaktglieder gegeneinander gepreßt, so bilden sich in Abhängigkeit von der Druckkraft diskret verteilte, lasttragende Kontaktstellen (Bild 1). Ist die Druckkraft stark genug, so kommt es an diesen Stellen zu einem Aufreißen der Oxidhaut und damit zu rein metallischer Berührung der Kontaktpartner. Die dabei entstehenden elektrisch leitenden Berührungsflächen sind mikroskopisch klein. Bei den geschilderten Vorgängen spielt die Werkstoffhärte und die Oberflächenbeschaffenheit (Rauigkeit, Fremdschichten usw.) der zu verbindenden Teile eine wesentliche Rolle. Um die Lebens-

General

Current-carrying clamps are mainly subjected to electrothermal stresses. They are designed to establish current-carrying contacts between conductors (cables or tubes) and/or connecting parts.

The most important factors influencing a current-carrying clamp connection are:

- Contact force
- Contact surface
- Elasticity
- Corrosion protection.

Its intended use sets high requirements on the clamp manufacturer and demands a sound knowledge of the contact technique. When two contact elements (clamp body – tubular or stranded conductor; flat terminal connection) are clamped together, the total resistance of the connection can be divided into partial resistances. The total resistance is always made up of the body resistance, the deflection resistance and the contact resistance.

The body resistance is a function of the clamp design. It is a constant quantity depending only on the geometric dimensions and on the choice of material.

The deflection resistance is an additional resistance which occurs in current-carrying connections when the current lines are distributed non-uniformly and with changing directions. With flat terminal connections, for example, the deflection resistance is mainly influenced by the overlap length which makes it practically constant for the intended design. In the case of cable clamps, the „deflection“ takes place from the bottom part of the clamp to the conductor. In this case, the deflection resistance – being a function of the cable design (number of layers) – is influenced by the existing transverse conductivity of the clamp.

The contact resistance of a connection is a function of the contact force (clamping force) as well as the contact surface, i. e. the design of the conductor groove.

When two contact elements are pressed together, discretely distributed load-carrying contact points form as a function of the compressive force (Fig. 1). If the compressive force is strong enough, the oxidation layer is torn up in these places resulting in a purely metallic contact between the two elements. The electrically conductive contact surfaces which are thereby formed are microscopically small. The material hardness and the surface condition (roughness, pollution layers etc.) of the parts to be connected play a substantial role in these processes. For increasing or preserving the life time of



Stromklemmen bis 220 kV.

Current-Carrying Clamps up to 220 kV.

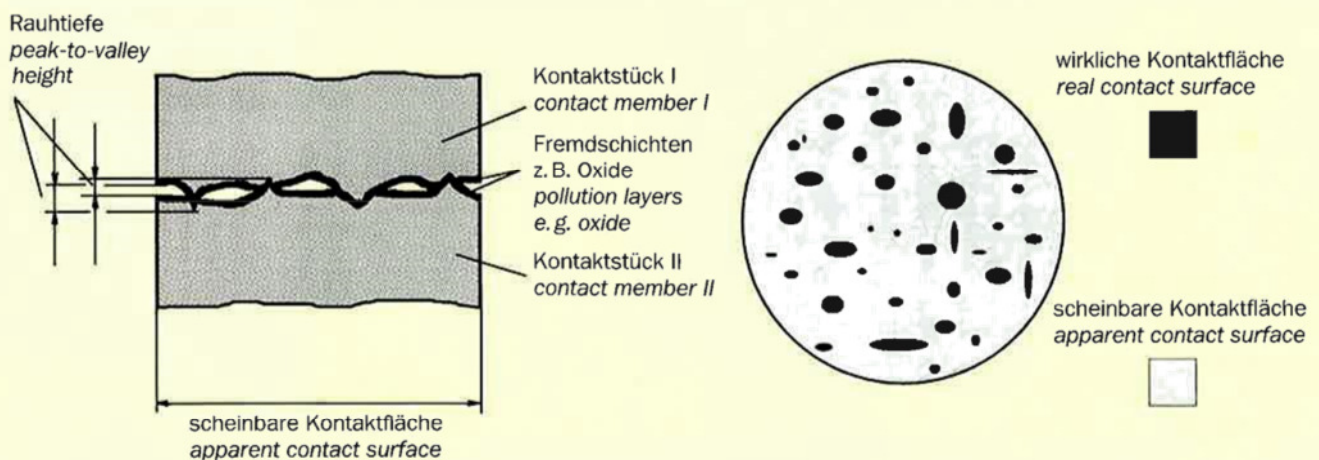
dauer dieser kleinen galvanischen Kontaktstellen zu vergrößern bzw. zu erhalten, hat sich der Einsatz von Kontaktschutzfetten bewährt.

Die sorgfältige Aufteilung des Gesamtwiderstandes in Körperwiderstand, Umlenk-widerstand und Kontaktwiderstand ist zwingend notwendig, da die Zuverlässigkeit einer Klemmenverbindung, d.h. ihre Lebensdauer letztlich durch den Kontaktwiderstand bestimmt wird. Diese Größe kann sich zeitabhängig ändern und kann dann den Umlenk-widerstand, bei extremer Erwärmung auch den Körperwiderstand, beeinflussen. Bei der Bemessung von Stromklemmen für hohe Dauerbeanspruchung muß deshalb das Hauptaugenmerk auf den Kontaktwiderstand und auf die Erhaltung der ihn stark prägenden Verspannung gerichtet werden.

these small electrical contact points, the use of contact-protecting grease compounds has proved very useful.

The careful division of the total resistance into body resistance, deflection resistance and contact resistance is imperative because the reliability of a clamp connection, i.e. its operating life, is ultimately determined by the contact resistance. This quantity can change in the course of time and can then affect the deflection-resistance and also – in the case of an extreme temperature rise – the body resistance. When dimensioning current-carrying clamps for high continuous loads, the main attention must therefore be focused on the contact resistance and on the preservation of the clamping force which has a strong effect on it.

1



Klemmensysteme mit einer konstruktiv gegebenen Elastizität haben sich hierbei besonders bewährt.

Die Verspannkraft wird durch die Schrauben erzeugt. Der Zusammenhang zwischen dem Anziehdrehmoment und der daraus resultierenden Schraubenkraft wird allein von den Parametern

- Schraubengröße
- Reibungskoeffizient

bestimmt. Durch die werkseitig durchgeführte Schraubenfettung wird ein definierter Reibwert erreicht. Aus der benötigten Verspannkraft kann somit das Anziehdrehmoment abgeleitet werden. Dieses führt bei gleicher Schraubengröße und definiertem Reibwert unabhängig von der verwendeten Festigkeitsklasse immer zu der gleichen Schraubenkraft.

In this connection, clamp systems with a design-linked elasticity have proved particularly effective.

The clamping force is produced by the bolts. The connection between the torque and the bolt thrust resulting from the torque is determined by the following parameters only:

- Bolt size
- Coefficient of friction.

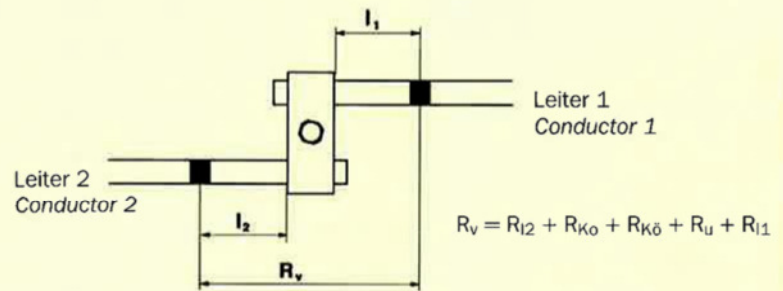
With factory greased bolts, a defined friction value is obtained. Thus, the torque can be derived from the required clamping force. Equal bolt sizes and a defined friction value will always result in the same bolt thrust, irrespective of the strength category used. When determining the torques, the strength limits of the bolt material are of course taken into account.

Bei der Festlegung der Anziehdrehmomente sind die Festigkeitsgrenzen des Schraubwerkstoffes selbstverständlich berücksichtigt. Das unter Beachtung der oben genannten Einflußgrößen ermittelte Anzugsmoment wird auf den Klemmen vermerkt. Bei Sechskant-Preßverbindungen ist die vom Preßwerkzeug erzeugte Verformung für einen stabilen Kontaktwiderstand verantwortlich. Hier ist die exakte Zuordnung von Werkzeugeinsatz, Preßhülse und Leiter zu beachten, um einen ausreichenden Verpresungsgrad sicherzustellen. Bewährt haben sich besonders Kontakte, die nach dem System der Mehrfachpressung, d. h. mehrere Einzelpressungen auf Abstand nebeneinander angebracht, arbeiten. Die Größenanordnung sowie der Anteil des Kontaktwiderstandes zeigt Bild 2 sowie folgendes Zahlenbeispiel.

The torque determined in consideration of the above mentioned influence variables is marked on the clamps. In the case of hexagonal compression connections it is the deformation produced by the compression tool that is responsible for a stable contact resistance. With this type of connections, special care should be taken that the die and the conductor are matched to the compression sleeve to ensure the required degree of pressure. Compression joints that are made according to the system of multiple compression, i. e. with several indents side by side and evenly spaced, have given the best results. Fig. 2 with its numerical example shows the magnitude and the proportion of the contact resistance.

2

- R_v : gemessener Wert des Widerstandes über einen Verbinder
- R_{I2} : Widerstand des miterfaßten Leiterstückes l_2
- R_{I1} : Widerstand des miterfaßten Leiterstückes l_1
- R_{K0} : Kontaktwiderstand / Außenlage zu Klemmenkörper l_1
- R_{K0} : Widerstand des Klemmenkörper
- R_u : Umlenkwiderstand (Querleitfähigkeit)
- R_v : measured value of the resistance across a conductor
- R_{I2} : resistance of the included conductor section l_2
- R_{I1} : resistance of the included conductor section l_1
- R_{K0} : contact resistance / outer layer – clamp body l_1
- R_{K0} : resistance of the clamp body
- R_u : deflection resistance (transverse conductivity)



Beispiel
Leiter 1, Leiter 2
300[□] Al
 $R_{I1} = R_{I2} = \frac{10 \mu\Omega}{100 \text{ mm}}$
 $R_{K0} = 5 \mu\Omega$
 $R_{K0} = 5 \mu\Omega$
 $R_v = 10 \mu\Omega$

Example
Conductor 1, Conductor 2
300[□] Al
 $R_{I1} = R_{I2} = \frac{10 \mu\Omega}{100 \text{ mm}}$
 $R_{K0} = 5 \mu\Omega$
 $R_{K0} = 5 \mu\Omega$
 $R_v = 10 \mu\Omega$

Dimensionierung stromführender Klemmen

Die in der vorliegenden Liste aufgeführten Klemmen sind ausgereifte Konstruktionen, die aufgrund eingehender Untersuchungen und Überlegungen entstanden sind und sich zum Teil jahrzehntelang bewährt haben. Wir sind überzeugt, daß durch den Einsatz unserer Klemmen ein wesentlicher Beitrag zur Erhöhung der Betriebssicherheit und zur technischen Zuverlässigkeit der Anlagen geleistet wird.

Stromführende Klemmen werden vorwiegend benötigt:

- zur Verbindung
- zur Herstellung von Abzweigen
- zum Anschluß von Geräten.

Dimensioning of Current-Carrying Clamps

All clamps shown in this catalogue are matured constructions, developed on the basis of thorough tests and considerations, and many of these clamps have proved successful over decades. We are convinced that the installation of our clamps means a substantial contribution toward an increased operating safety and technical reliability. Current-carrying clamps are mainly used for making

- Connections
- Branch connections
- Equipment terminations.

Aus dieser Ausgabe ergeben sich verschiedene Grundbauformen (gerade Klemme, T-Klemme oder Flachanschlußklemme).

Bei der Auswahl der stromführenden Klemmen ist die Kenntnis des Dauer- und Kurzschlußstromes von besonderer Bedeutung. Je nach Anforderung werden Klemmen mit unterschiedlicher Deckelzahl empfohlen.

Die in den Katalogtabellen aufgeführten Klemmen sind für elektrische und thermische Beanspruchungen unter normalen Randbedingungen ausgelegt.

Die genaue Anpassung einer Klemme für den jeweils vorliegenden Anwendungsfall kann von uns übernommen werden. Wir benötigen hierfür folgende Angaben:

Art des Leiters (Seil oder Rohr);
Werkstoff des Leiters (Cu, Al oder Al-Legierung);
Maße des Leiters (Seildurchmesser, Seilaufbau, Rohrabmessungen, Rohrtoleranzen);
Dauerstrom des Leiters;
Nennstrom der Anlage;
Endtemperatur des Leiters;
Umgebungstemperatur;
Thermisch wirksamer Mittelwert des Kurzschlußstromes;
Abschaltzeit;
Stoßkurzschlußstrom;
Umgebungsbedingungen.

Bei den Leiterabmessungen kommt den Rohrtoleranzen eine große Bedeutung zu. Sie beeinflusst die maßliche Abstimmung „Leiter-Klemmenkanal“. Bei Klemmen für Seile paßt sich in der Regel der Seilverband dem biegesteiferen Klemmenkörper an (Bild 3).

Bei Rohrklemmen dagegen muß eine plastische Verformung beider Kontaktglieder (Rohr, Klemmenkörper) an den möglichen Berührungsstellen berücksichtigt werden. Trotz der Wahl geeigneter Klemmenwerkstoffe mit hoher Dehnung sind der Biegefestigkeit des Klemmenkörpers Grenzen gesetzt. Aus diesem Grunde sind unsere Schaltanlagenklemmen nur für Rohre mit eingeeengten Toleranzen geeignet. Bewährt haben sich die Klemmprinzipien nach Bild 4 und 5.

Anhand der zur Verfügung gestellten Unterlagen ermitteln wir nach einem speziellen Rechenverfahren die notwendige Klemmenabmessung. Dabei wird die Deckelzahl und die Anzahl der Klemmschrauben festgelegt.

These applications require clamps of different basic construction (straight clamps, T-type clamps or flat terminal clamps).

For the selection of current-carrying clamps it is very important to know the continuous current and short-circuit current ratings.

In accordance with the respective requirements, clamps with one or more covers are recommended. The clamps listed in this catalogue are designed for electrical and thermal loads under normal boundary conditions.

We can assist you in selecting the clamp design that suits your specific needs. For this, the following information is required:

*Type of conductor (cable or tube);
Conductor material (Cu, Al or Al-alloy);
Conductor dimensions (conductor diameter, conductor design, tube dimensions, tube tolerances);
Continuous current rating of the conductor;
Nominal current of the installation;
Max. permissible conductor temperature;
Ambient temperature;
Thermically effective mean value of the short-circuit current;
Down time;
Max. short-circuit current;
Ambient conditions.*

As regards the conductor dimensions, the tube tolerances are of special importance. They influence the dimensional coordination of conductor/conductor groove. In the case of clamps for stranded conductors, the conductor structure normally adjusts to the clamp body which is of higher flexural stiffness (Fig. 3).

In the case of tube clamps, however, a plastic deformation of both contact elements (tube and clamp body) at the possible points of contact must be taken into account. Despite the choice of suitable clamp materials of high ductility, there are limits to the flexural elasticity of the clamp body. For this reason, our substation clamps are only suitable for tubes with narrow tolerances. The clamping principles shown in Figures 4 and 5 have proved successful.

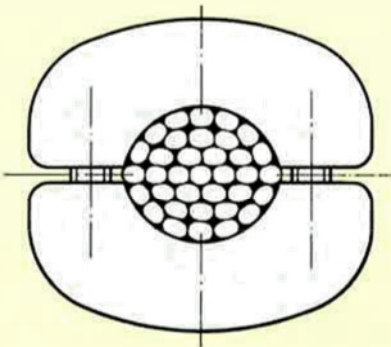
On the basis of the information made available to us, the required clamp dimensions and the respective number of clamp covers and bolts will be determined by a special method of calculation.

Die so ermittelte Klemme erreicht eine hohe Konstruktionszuverlässigkeit. Dies ist jedoch nicht gleichbedeutend mit guter Betriebszuverlässigkeit. Die Betriebszuverlässigkeit setzt sich zusammen aus der Konstruktionszuverlässigkeit, der Montagezuverlässigkeit und der Umgebungszuverlässigkeit.

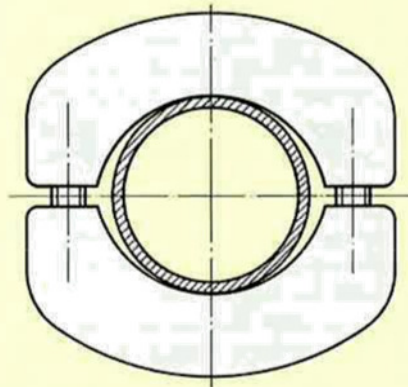
Als Klemmenhersteller haben wir weder auf die Montagezuverlässigkeit noch auf die Umgebungszuverlässigkeit einen direkten Einfluß. Es obliegt dem Erbauer von elektrischen Anlagen, die notwendige Höhe der Montage- und Umgebungszuverlässigkeit sicherzustellen bzw. ihre erreichbare Höhe festzulegen. Beachten Sie bitte deshalb unsere Montageanweisung für Schaltanlagenklemmen (Seite 17).

A clamp determined in this way offers a high level of constructional reliability. This is however not synonymous with a good operational reliability. The operational reliability implies a safe construction as well as a safe assembly and a safe environment. As a clamp manufacturer we have no direct influence on the reliability of the assembly nor on the reliability of the environment. It is the responsibility of the builders of electrical installations to ensure the required level of assembly and environment reliability or to determine the safety limits. You are therefore requested to follow our assembly instructions for substation clamps (Page 17).

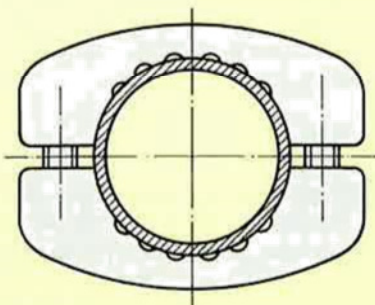
3



4



5



Elro-Flachanschlußklemme

Elro Flat Connecting Clamp

Hinweise zur Auswahl der Schaltanlagenklemmen Notes Regarding the Selection of Substation Clamps

Bei der Festlegung des Klemmenmaterials ist folgendes zu beachten:

Art der Anlage

- a) Freiluft-Schaltanlage
- b) Innenraum-Schaltanlage.

Freiluft-Schaltanlagen unterliegen wesentlich härteren Betriebsbedingungen als Innenraum-Schaltanlagen. Sie sind der Witterung, den Temperaturschwankungen und der Verschmutzung frei ausgesetzt. Die mechanischen Beanspruchungen durch Wind und Eislast sind zu berücksichtigen. Für Freiluft-Schaltanlagen wurden deshalb besonders leistungsfähige Klemmen entwickelt. In Innenraum-Schaltanlagen genügen meist Klemmen einfacherer Ausführung.

Art der Leiter

Die Leiter für Schaltanlagen werden vorzugsweise als Seile oder Rohre ausgeführt. Im wesentlichen kommen nur die Leiterwerkstoffe Kupfer und Aluminium in Betracht. Die Wahl zwischen diesen beiden Werkstoffen wird durch wirtschaftliche und technische Überlegungen bestimmt. Es ist deshalb notwendig, über ihre technischen Eigenschaften genau unterrichtet zu sein.

Im allgemeinen wird für Sammelschienen und Abzweige der gleiche Werkstoff verwendet. Je nach dem Leiterwerkstoff werden Klemmen aus Kupfer, Kupferlegierung oder Aluminiumlegierung benötigt. Die physikalischen Kennwerte sowie wichtige Größen für Werkstoffe aus Kupfer und Aluminium und deren Legierungen sind der Tabelle 1 auf Seite 18 und 19 zu entnehmen.

Für Verbindungen von Kupfer- mit Aluminiumleiter sind in Gebieten mit aggressiver Atmosphäre korrosionsfeste Al-Cu-Klemmen einzusetzen, die im Katalog-Teil „Bronze- und AlCu-Klemmen“ zusammengestellt sind.

Alternativ hierzu sind derartige Verbindungen auch mit der auf Seite 15 beschriebenen Al-Elastkontaktscheibe herzustellen.

Bei „durchschnittlichen“ Umgebungsbedingungen kann durch Cupalbleche (-hülsen) die Grenzfläche von Al-Cu-Verbindungen geschützt werden.

Nennspannung

Bei Armaturen für Anlagen mit Betriebsspannungen über 123 kV ist darauf zu achten, daß keine vorzeitigen Glimmentladungen auftreten. Da die Höhe der Glimmeinsatz-Spannung vom Krümmungsradius abhängt, muß die Klemmenkontur entsprechend gestaltet werden.

When selecting the clamp material, the following points should be taken into consideration:

Type of Substation

- a) Outdoor substation
- b) Indoor substation.

The operating conditions of outdoor substations are much more severe than those of indoor substations. Outdoor substations are exposed to atmospheric influences, to fluctuations in temperature and to pollution. Mechanical stresses due to wind and ice loads must be taken into account. Therefore, high-performance clamps have been developed for outdoor substations. For indoor substations, clamps of simpler design are usually acceptable.

Type of Conductor

The conductors for substations are preferably stranded cables or tubes. Basically only copper and aluminium are considered suitable conductor materials. The choice between the two materials is determined by economic as well as technical considerations. It is therefore very important to be fully informed on their technical characteristics.

Normally, the same material is used for busbars and branch connections. The material of the clamps (copper, copper alloy or aluminium alloy) depends on the conductor material. The physical characteristics as well as important parameters for copper and aluminium and their alloys are given in Table 1, page 18 and 19.

For connections of copper to aluminium conductors in aggressive atmospheres, corrosion-resistant Al/Cu clamps must be used.

These clamps are listed in our Catalogue Section "Bronze and Al/Cu Clamps".

Alternatively, such connections can also be made with the Al Elast Contact Disk described on page 15 below.

In normal ambient conditions, the contact surface of Al-Cu connections can be protected by bimetallic sheets or sleeves.

Nominal Voltage

In the case of fittings intended for installations with operating voltages above 123 kV, the occurrence of premature glow discharges must be avoided. Since the level of glow discharge inception voltage depends on the bending radius, the clamp contour must be designed accordingly.



Stromklemmen bis 420 kV

Current-Carrying Clamps
up to 420 kV

Deshalb sind unsere Schaltanlagenklemmen in ihren Konturen so gestaltet, daß kritische Werte der Oberflächenfeldstärke bei Nennspannung ausgeschlossen werden. Die in der Liste aufgeführten Klemmen sind für die Spannungsebene bis 245 kV, 420 kV und 765 kV geeignet.

Die Norm DIN VDE 0212 Teil 53 beinhaltet hierzu umfassende Beurteilungskriterien.

Schaltanlagenklemmen für Rohrleiter

Für den Schaltanlagenkonstrukteur erfordert die Auslegung von Sammelschienen, Abzweigen und Geräteanschlüssen in Rohrbauweise die Beachtung folgender Punkte:

- Nennstrom und Kurzschlußleistung
- Fertigungsbedingte Toleranzen der Rohrleiter
- Bewegung der Rohrleiter in axialer Richtung infolge von Temperaturänderungen
- Mechanische und dynamische Belastung der Rohrleiter und Stützerisolatoren infolge Rohrbiegung und Kurzschlußbeanspruchung
- Elektrische und mechanische Dimensionierung der Klemmen für Seile und Rohre
- Mögliches Auftreten von Rohrschwingungen.

Für Stromschienen werden im allgemeinen Rohre aus der Al-Legierung E-AlMgSi 0,5 F22 mit Durchmessern bis zu 250 mm bei verschiedenen Wanddicken eingesetzt. Die zulässige Rohrtoleranzen sind Bild 6 zu entnehmen. Für Rohrverbindungen werden ausschließlich Reinaluminiumseile verwendet. Wichtige Kennwerte für Rohr- und Seilleiter sind in den Tabellen Seite 20 bis 23 aufgeführt.

Therefore the contours of our substation clamps are so designed as to exclude critical values of the surface field intensity at nominal voltage. The listed clamps are suitable for voltage levels up to 245 kV, 420 kV and 765 kV.

DIN VDE Standard 0212 Part 53 includes comprehensive assessment criteria on this point.

Substation Clamps for Tubular Conductors

When dimensioning tubular busbars, branch connections and equipment terminations, the following points must be taken into consideration by the substation design engineer:

- Nominal current and short-circuit capacity
- Design-linked tolerances of tubular conductors
- Movement of the tubular conductors in axial direction due to changes in temperature
- Mechanical and dynamic load of the tubular conductors and post-type insulators due to tube bending and short-circuit stress
- Electrical and mechanical dimensioning of the clamps for stranded conductors and tubes
- Possible tube vibrations.

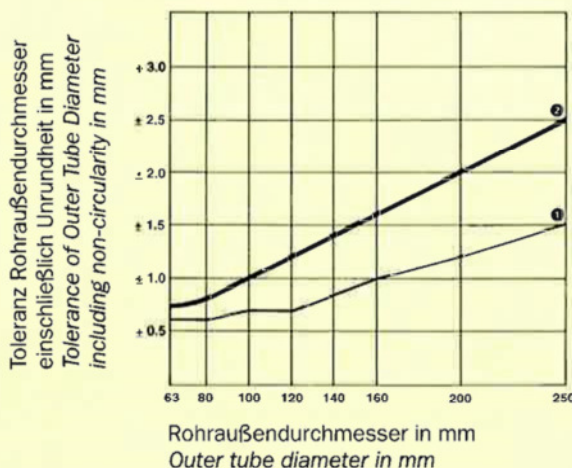
In general, tubes of aluminium alloy E-AlMgSi 0.5 F22 with diameters of up to 250 mm and varying wall thicknesses are used for tubular busbars. The permissible tolerances are shown in Fig. 6. For tube connections, only stranded conductors of pure aluminium are used. The important parameters for tubular and stranded conductors are listed in the tables on pages 20 to 23.



Elro-Sammelschienenklemmen

Elro Busbar Clamps

6



② Toleranzen, die vom ELRO-System überbrückt werden tolerances which are bridged by the ELRO system

① Rohre gepreßt mit eingengerter Toleranz nach Lieferantenangabe tubes compressed with limited tolerance according to supplier's indication

± Abweichung Außendurchmesser einschließlich Unrundheit für Rohre aus AlMgSi 0,5 F 22 ± tolerance of outer diameter including non-circularities for tubes of AlMgSi 0.5 F 22

Die Anordnung der Rohrlagerung und -verbindung wird von vielen Einflüssen bestimmt. So können die einzelnen Rohrlängen auf die Feldteilung der Schaltfelder abgestimmt oder aber über mehrere Schaltfelder durchgehend verbunden werden. Dabei ist zu beachten, daß die Verbindungen in einem Nulldurchgang der Biegelinie ($M_b = 0$) liegen.

Abgeleitet aus den verschiedenen Beanspruchungen werden folgende Klemm- ausführungen für Schaltanlagen mit Rohrleitern benötigt.

Leitungsträger

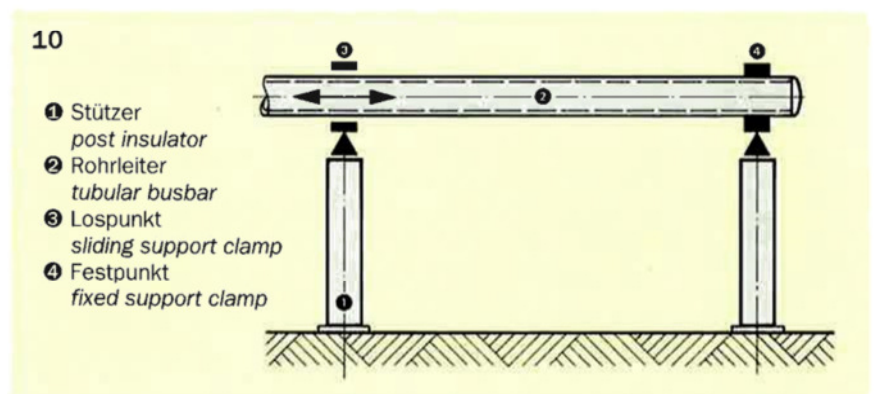
Die Lagerung und Führung der Rohrleiter auf den Isolatorenstützern erfolgt in Leitungsträgern, die nur mechanische Aufgaben übernehmen (Bild 7, 8, 9). Infolge temperaturbedingter Längenausdehnungen der Rohrleiter darf für eine auf zwei oder mehreren Stützpunkten gelagerte Rohrschiene nur ein Festpunkt vorgesehen werden. Die übrigen Stützpunkte müssen Längsverschiebungen zulassen (Bild 10). Ob „fest oder lose“ müssen Leitungsträger so ausgelegt sein, daß sie die betriebsbedingten statischen und dynamischen Beanspruchungen übernehmen und den Isolatorenstützer vor Überbeanspruchung schützen.

The arrangement of the tube support and the tube connection is determined by many influencing factors. Therefore the length of the individual tube connections can be matched to the field distribution of the switch bays, or the tube sections are connected continuously over several fields. The important thing here is that the connections are situated in a zero passage of the bending line ($M_b = 0$).

The following designs of clamps for substations with tubular conductors have been derived from the different expected stresses.

Conductor Supports

Tubular conductors are mounted and guided on the post-type insulators inside conductor supports which have purely mechanical functions (Fig. 7, 8, 9). Because of temperature-related linear expansions of the tubular conductors, only one fixed support clamp should be provided for a tubular busbar resting on two or more supports. The other points of support must allow longitudinal displacements (Fig. 10). Whether of "fixed" or "sliding" type, the conductor supports must be designed in such a way as to take up the static and dynamic stresses occurring during operation and to protect the post-type insulator against overloads.



Leitungsträger für feste Lagerung

Die verschiedenen Anordnungen und Lagerungen von Rohrschienen sowie deren Durchbiegungen und der Verlauf der auftretenden Biegemomente sind in den Bildern 11, 12 und 13 dargestellt. Sind die zu erwartenden Kräfte und Momente niedrig, können für Festpunkte Standard-Konstruktionen eingesetzt werden (Bild 14). Verschiedene Rohrleiter-Anordnungen und deren Lagerungen mit gleicher Feldteilung und gleicher Streckenlast.

Conductor Supports for Fixed Mounting

The different mounting arrangements for tubular busbars as well as the respective diagrams of the occurring deflections and bending moments are shown in Figures 11, 12 and 13.

If the expected forces and moments are small, standard designs can be used for fixed support clamps (Fig. 14). Various tube conductor arrangements and their mounting with equal field division and equal line load.

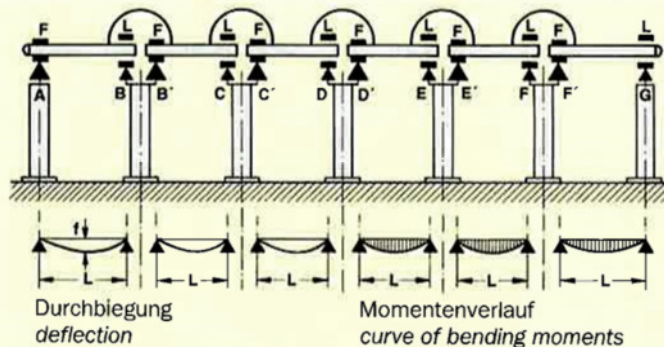
14



11

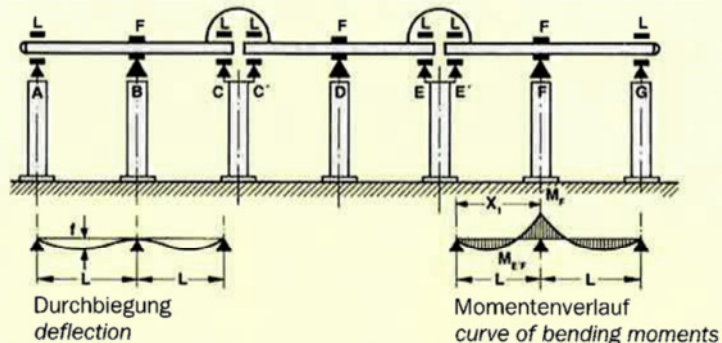
F = Festpunkt
fixed support clamp
L = Lospunkt
sliding support clamp

Rohrleiter in Feldteilung, Verbindung über Dehnungsverbinder mit Los- und Taumelfestpunkten
Tubular busbars in field division, connection with expansion connector with sliding- and flexible mounting



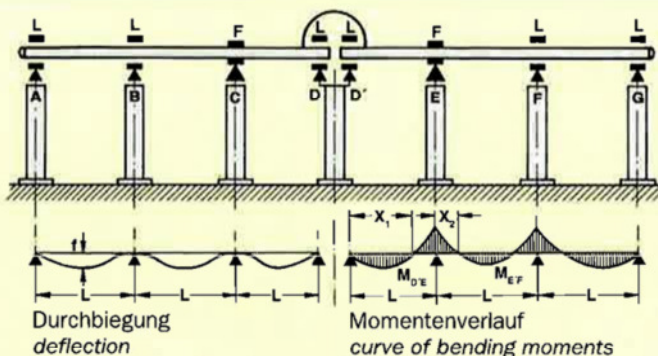
12

Rohrleiter über zwei Felder, durchgehend gleiche Feldteilung, Verbindung über Dehnungsverbinder mit 2 Lospunkten
Tubular busbars covering two fields each, equal field division, connection via expansion connector with 2 sliding support clamps



13

Rohrleiter über mehrere Felder, durchgehend gleiche Feldteilung, Verbindung über Dehnungsverbinder mit 2 Lospunkten
Tubular busbars covering several fields, equal field division, connection via expansion connector with 2 sliding support clamps



Bei der Auswahl der Tragklammen bitten wir die Erklärungen auf Seite 11 bis 14 zu beachten.

When selecting the support clamps, please refer to the explanations given on page 11 to 14.

M = Biegemoment in N/cm
 L = Stützweite in cm
 q = Streckenlast
 (Eigengewicht + Zusatzlasten) in N/cm
 E = Elastizitätsmodul in N/cm²
 J = Trägheitsmoment in cm⁴
 W = Widerstandsmoment in cm³
 f = Durchbiegung in cm
 R = Biegespannung in N/cm²
 * Beim Taumelfestpunkt Rückstellmoment
 siehe Bild 11.

M = Bending moment in N/cm
 L = Width between supports in cm
 q = Line load
 (dead weight + additional loads) in N/cm
 E = Modulus of elasticity in N/cm²
 J = Moment of inertia in cm⁴
 W = Moment of resistance in cm³
 f = Deflection in cm
 R = Bending stress in N/cm²
 * Restoring torque for fixed support clamp
 with flexible mounting see Fig. 11.

		Belastungsfall			Multiplikationsfaktor		
		Bild 6	Bild 7	Bild 8			
		Load Situation	Fig. 7	Fig. 8	Multiplication Factor		
		Fig. 6	Fig. 7	Fig. 8			
Auflagerdruck im Stützpunkt <i>Bearing pressure inside point of support</i>	A	0,500	0,375	0,400	q · L		
	B	0,500	1,250	1,100			
	B'	0,500	–	–			
	C	0,500	0,375	1,100			
	C'	0,500	0,375	–			
	D	0,500	1,250	0,400			
	D'	0,500	–	0,400			
	E	0,500	0,375	1,100			
	E'	0,500	0,375	–			
	F	0,500	1,250	1,100			
	F'	0,500	–	–			
	G	0,500	0,375	0,400			
	Biegemoment im Stützpunkt <i>Bending moment inside point of support</i>	M _A	*	0		0	q · L ²
		M _B	0	0,125		0,100	
M _{B'}		*	–	–			
M _C		0	0	0,100			
M _{C'}		*	0	–			
M _D		0	0,125	0			
M _{D'}		*	–	0			
M _E		0	0	0,100			
M _{E'}		*	0	–			
M _F		0	0,125	0,100			
M _{F'}		*	–	–			
M _G		0	0	0			
Biegemoment im Feld <i>Bending moment inside the filed</i>		M _{AB}	0,125	0,0703	0,080	q · L ²	
		M _{BC}	–	0,0703	0,025		
	M _{B'C}	0,125	–	–			
	M _{CD}	–	–	0,080			
	M _{C'D}	0,125	0,0703	–			
	M _{DE}	–	0,0703	–			
	M _{D'E}	0,125	–	0,080			
	M _{EF}	–	–	0,025			
	M _{E'F}	0,125	0,0703	–			
	M _{FG}	–	0,0703	0,080			
	M _{F'G}	0,125	–	–			
	Biegemomentnulldurchgang <i>Zero passage of bending moment</i>	⅔ 1		0,750	0,800		L
		⅔ 2		–	0,276		
	Maximale Durchbiegung <i>Max. deflection</i>	f	0,0130	0,0054	0,0068		$\frac{q \cdot L^4}{E \cdot J}$
Max. Biegespannung Rohrleiter <i>Max. bending stress of tubular conductor</i>	R	0,125	0,1250	0,100	$\frac{q \cdot L^2}{W}$		

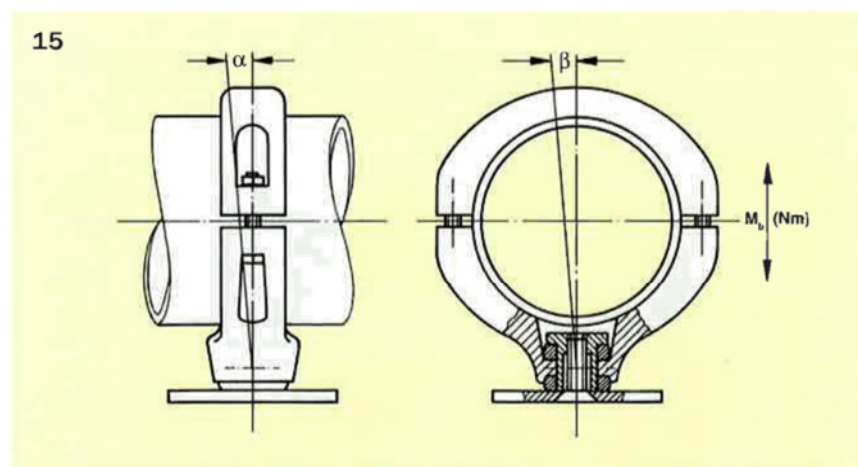
Mit zunehmendem Rohrdurchmesser und mit steigender Länge der ungeschnittenen Rohre wachsen die Stützerbeanspruchungen erheblich an. Hohe Biegemomente werden über die Tragpunkte in die Stützisolatoren eingeleitet. Die Stützerbeanspruchung durch Alltags- und Ausnahmekräfte wird ein Minimum, wenn alle von der Sammelschiene eingeleiteten Kräfte in der Stützerlängsachse angreifen. Um dieser Forderung annähernd gerecht zu werden, müssen die Rohrlagerungen so gestaltet sein, daß die Leitungsträger die Rohre in axialer Richtung fixieren, ohne dabei den Stützpunkt unzulässig auf Biegung oder Torsion zu belasten.

Verschiedene Lösungen sind hier möglich. Eine Ausführung, welche die vorstehend genannten Bedingungen erfüllt, ist der Leitungsträger mit Taumelement. Das als gummielastisches Zwischenstück im Klemmenunterteil angeordnete Taumelement ist in Bild 15 dargestellt. Die elastische Lagerung bewirkt ein „Nachgeben“ in und quer zur Rohrachse. Spannungsspitzen mechanischer Kräfte werden so vermieden. Diese in den verschiedenen Richtungsebenen auftretenden Rückstellmomente sind aus Bild 16 ersichtlich.

Der elektrische Ladungsausgleich zwischen dem Klemmenelement der Rohrschiene und dem Anschlußteil auf dem Stützer ist zuverlässig sichergestellt. Die beschriebene Art der Lagerung hat sich seit Jahren in vielen Anlagen bewährt und besitzt den zusätzlichen Vorteil, „geräuschfrei“ zu sein.

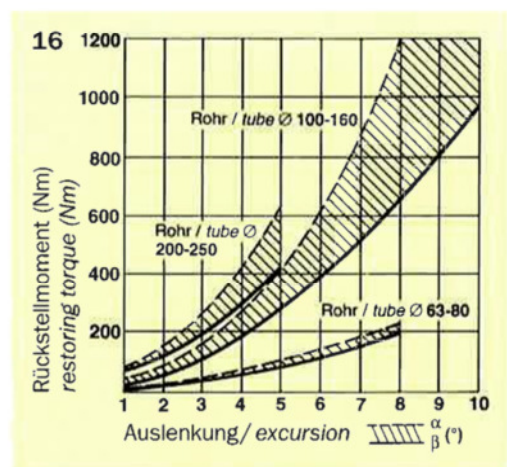
The larger the tube diameter and the longer the lengths of uncut tubes, the higher will be the stresses to which the post-type insulators are exposed. High bending moments are passed into the post-type insulators via the points of support. The stresses to which post-type insulators are exposed and which are caused by everyday loads and exceptional loads can be kept at a minimum if all loads passed in by the busbar act upon the longitudinal axis of the post-type insulator. To approximately meet this requirement, the tube supports must be designed in such a way that the conductor supports fix the tubes in axial direction without causing undue bending loads or torsional stresses to the point of support.

There are various possibilities to solve this problem. One approach complying with the above conditions is the fixed support clamp with flexible mounting. The flexible mounting, i. e. an elastomeric intermediate part in the bottom part of the clamp, is shown in Fig. 15. The flexible mounting causes a deflection in the direction of the tube axis and transverse to it. In this way, stress peaks of mechanical forces are avoided. These restoring moments which occur in the different directional planes are shown in Fig. 16. The electrical charge equalization between the clamp element of the tubular busbar and the connecting part on the post-type insulator is reliably ensured. This type of mounting has proved successful over many years in many installations and offers the additional advantage of being "noiseless".



Leitungsträger für lose Lagerung

Leitungsträger für lose Lagerung müssen temperaturbedingte Längenänderungen der Rohrleiter und zusätzliche Auslenkungen der Rohrachse – verursacht durch Durchbiegung, Kurzschluß- und Windkräfte – zulassen. Die



Conductor Supports for Sliding Mounting

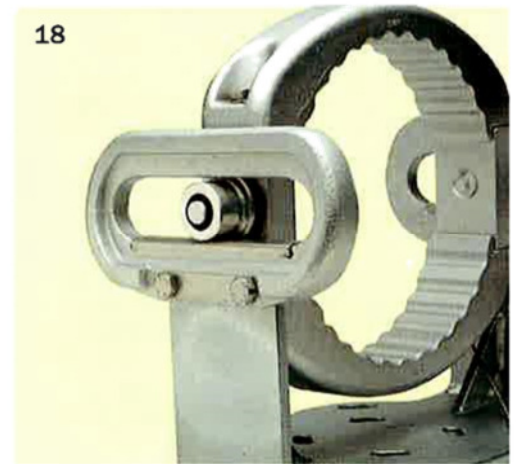
Conductor supports for sliding mounting must allow temperature-related elongations of the tubular conductors and additional deflections of the tube axis caused by bending,

hierbei auftretenden Verschiebekräfte sollen durch die Gestaltung der Lagerelemente so klein wie möglich gehalten werden, Leitungsträger mit Gleitlagerung (Bild 17) können für alle Rohrdurchmesser eingesetzt werden. Um Überbeanspruchungen der Isolatorenstützer zu vermeiden, müssen geeignete Gleitwerkstoffe vorgesehen werden. Sind besonders niedrige Verschiebekräfte gefordert, ist der Einsatz von Leitungsträgern mit Rollenlagerung (Bild 18) unumgänglich.

short-circuit loads and wind forces. By an appropriate design of the bearing elements, the occurring displacement forces are kept as low as possible. Conductor supports with sliding bearing (Fig. 17) can be used for all tube diameters. To avoid overloads of the post-type insulators, suitable sliding materials must be provided. If specially low displacement forces are required, the use of conductor supports with roller bearing (Fig. 18) is absolutely necessary.



Die Lagerung ist elektrisch so isoliert, daß im Kurzschlußfall ein Nebenschluß vermieden wird. Ein Ladungsausgleich (Potentialausgleich) zwischen Rohrleiter und Stützer ist vorhanden.



The bearing is electrically insulated as to prevent shunting in the event of a short circuit. A charge equalization (potential equalization) between the tubular conductor and the post-type insulator has been provided.

Stromführende Leitungsträger

Hier handelt es sich vorzugsweise um Klemmen-Konstruktionen (Bild 19), die gleichzeitig mechanische und elektrische Forderungen zu erfüllen haben. Zum einen werden zwei Rohrenden stromführend ver-

Current-Carrying Conductor Supports

Current-carrying conductor supports are preferably designed as clamps (Fig. 19) which have to meet both mechanical and electrical requirements. On the one hand the two tube ends are to be joined to establish a



bunden und zum anderen erfolgt die Befestigung auf dem Stützer. Durch die starre Kopplung Rohr – Stützer – Rohr können hohe Biegemomente, verursacht durch Wind- und Kurzschlußkräfte, in die Stützpunkte eingeleitet werden. Aus diesem Grunde ist der Einsatz von Leitungsträgern dieser Bauart für Rohrdurchmesser > 100 mm Durchmesser nicht zu empfehlen.

Dehnungsverbindungen (Strombrücken)

Eine Sammelschienenbauweise mit Tragpunkten setzt den Einsatz von Strombrücken an den Expansionsstellen voraus (Bild 20). Strombrücken bestehen in der Regel aus Klemmkörpern mit eingeschweißten Aluminium-Seilen (SAL-Seilen) zur Stromübertragung. Die Klemmkörper können als Rohrklemmen oder als Flachanschlußklemmen ausgeführt sein. Flachanschlußklemmen setzen das Vorhandensein von an das Rohr angeschweißten Anschlußflaschen voraus. Die kurze Schlaglänge und die damit verbundene geringe Biegefestigkeit der SAL-Seile ermöglichen Seilbrücken mit kleinen Biegeradien. Hierdurch können die äußeren Abmessungen der gesamten Expansionsverbindung reduziert und die Rückstellkräfte in gebogenen Brückenseilen ermäßigt werden. Infolge Stromverdrängung können in den Brückenseilen stark unterschiedliche Ströme fließen. Von Einfluß ist nicht allein der ohmsche Widerstand, sondern auch der induktive Widerstand der Seilanordnung. Die optimale Abstimmung der Anzahl, der Anordnung und die Führung der Brückenseile ist daher für die Stromtragfähigkeit der Dehnungsverbindung von großer Bedeutung. Durch Versuche und EDV-gestützte Berechnungen kann eine optimale Gestaltung der Expansionsverbindung erreicht werden.

Al-Elastkontaktscheiben

Für den stromfesten Anschluß von Abzweigen an Flachanschlüssen und für Geräteanschlüsse wurde die Al-Elastkontaktscheibe entwickelt, die durch gezielte Kontaktgabe hohe Eigenelastizität und in Verbindung mit der Kontaktschutzpaste umfassenden Korrosionsschutz und gleichbleibende Kontaktqualitäten sicherstellt (Bild 21). Die Al-Elastkontaktscheiben werden zwischen den zu verbindenden Anschlußflächen auf den Klemmschrauben angeordnet. Bei der Montage dringen die konzentrischen Ringschneiden durch die Oxidschichten in die Anschlußflächen ein und schaffen metallisch reine Kontaktflächen. Um die Oberflächen der Al-Elastkontaktscheiben frei von nicht-

current-carrying connection, on the other hand they are to be fixed on the post-type insulator. Because of the rigid coupling of tube/post-type insulator/tube, high bending moments caused by wind and short-circuit loads are passed into the points of support. For this reason, it is not recommended to use this type of conductor support for tube diameters greater than 100 mm.

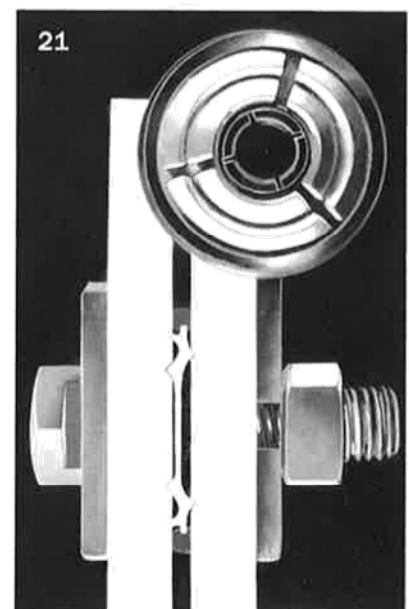
Expansion Connections (Current Bridges)

A busbar construction with support points above requires the use of current bridges at the expansion positions (Fig. 20). Normally, current bridges consist of clamp bodies with welded aluminium cables (SAL cables) for current transmission. The clamp bodies can be designed as tube clamps or flat terminal clamps. Flat terminal clamps require a terminal plate that is welded onto the tube. The short length of lay of the SAL cable and its correspondingly low bending strength allow for cable bridges with small bending radii. Thus, the outer dimensions of the whole expansion connection can be reduced and the restoring forces in bent bridge cables can be decreased.

Owing to current displacement, the currents passing through the bridge cables may vary considerably. Not only the ohmic resistance has an effect but also the inductive resistance of the cable arrangement. Therefore, an optimal matching of the number of bridge cables, their arrangement and their run are of great importance for the current-carrying capacity of the expansion connection. The design of the expansion connection can be optimized by tests and computer-aided calculations.

Al Elast Contact Disks

The Al Elast Contact Disk has been developed for the current-carrying connection of branchings to flat connections and for equipment connections. It ensures a high inherent elasticity by specific contact making and offers, in conjunction with the contact grease compound, complete protection against corrosion and a constant contact quality (Fig. 21). The Al Elast Contact Disks are arranged between the contact surfaces on the contact bolts. During the assembly, concentric annular cutting edges penetrate the oxide layers and pierce the contact surfaces, thus creating bare metal contact points. The surface of the Al Elast Contact Disks is tinned to keep it free from aluminium oxide layers. Polychloroprene sealing rings fixed on the outer edge of the disks prevent electrolytes



leitenden Aluminiumoxidschichten zu halten, sind diese verzinkt. Am Außenrand der Scheiben angeordnete Polychloroprene-Dichtringe verhindern die Einwirkung eines Elektrolyten auf die Kontaktstellen. Damit wird auch bei Al/Cu-Verbindungen die Korrosion verhindert, das heißt: mit Al-Elastkontaktscheiben können auch Cu-Anschlüsse mit solchen aus Aluminium verbunden werden. Die durch Wärmespannungen bei unterschiedlichem Werkstoff von Leiter und Klemmschraube entstehenden Fließvorgänge werden durch die Eigenelastizität der Al-Elastkontaktscheiben im Anschlußbereich in zulässigen Grenzen gehalten. Zur Erzielung bestmöglicher Krafterleitung sind Stahlscheiben mit einem Außendurchmesser von 36 mm und einer Dicke von 4 mm als Unterlage unter Schraubenkopf und Mutter zu verwenden.

from acting upon the contact points. This also prevents corrosion of Al/Cu connections, which means that Al Elast Contact Disks also permit copper terminals to be connected to aluminium terminals. Flow processes caused by thermal stresses due to dissimilar metal components of conductor and contact bolt are kept within permissible limits through the inherent elasticity of the Al Elast Contact Disk in the terminal area. For an optimal force input, steel washers with an outer diameter of 36 mm and a thickness of 4 mm are to be used underneath the bolthead and underneath the nut.

Montagehinweise Notes Regarding the Assembly

17

Vorbehandlung der Kontaktflächen

Rohre und Seile sind vor der Montage der Klemmen an der vorgesehenen Klemmstelle mit einer Stahlbürste zu reinigen und zu fetten.

Um jegliche Verschmutzung der Kontaktflächen zu vermeiden, sollen die Klemmen erst kurz vor der Montage der Verpackung entnommen werden. Es ist nützlich, die Kontaktflächen der Klemmen kurz vor der Montage mit einer Stahlbürste zu reinigen. Für die Fettung sind alle Fette geeignet, die neben den chemischen Voraussetzungen auch ausreichende Temperaturbeständigkeit aufweisen und vom Regen nicht leicht abgewaschen werden. Wir empfehlen die Kontaktschutzpaste P 1, die alle vorgenannten Eigenschaften besitzt.

Montage von Schraubklemmen

Sämtliche Schrauben sind werkseitig gefettet. Eine zusätzliche Fettung ist nicht zulässig. Die Klemmen sind auf die vorbereiteten Anschlußflächen aufzulegen und die Schrauben bzw. Muttern zunächst von Hand einzudrehen. Zum endgültigen Verspannen ist ein Drehmomentschlüssel zu verwenden. Die Schrauben bzw. Muttern sind wechselseitig und gleichmäßig bis zu dem auf der Klemme angegebenen Anziehdrehmomente festzuziehen. Dabei ist zu beachten, daß der Abstand zwischen den Deckeln und dem Unterteil nach dem Anziehen der Schrauben gleich groß sein muß.

Montage von Preßklemmen

Die Seilaußenlage ist an der vorgesehenen Montagestelle – wie bei den Schraubklemmen – mit einer Stahlbürste von Schmutz und Oxydschicht zu reinigen. Beim Verpressen der Klemme ist zu beachten, daß ein Werkzeugeinsatz verwendet wird, dessen Kennzahl mit der auf dem Preßverbinder eingestempelten Werkzeugkennzahl übereinstimmt. Die Zuordnung „Preßbreite – Preßkraft“ ist den Katalogtabellen über Preßklemmen zu entnehmen. Bei zugentlasteten Preßverbindungen ist generell zu beachten, daß stets vom Hülsenende in Richtung Seil gepreßt wird (Bild 22).

Pretreatment of the Contact Surfaces

Before assembling the clamps, the tubes and conductors are to be cleaned with a steel brush and greased at the intended clamping point.

To avoid any contamination of the contact surfaces, the clamps should not be removed from their packing until shortly before the assembly. It is useful to clean the contact surfaces of the clamps with a steel brush just shortly before the assembly.

All greases which possess the required chemical properties as well as an adequate temperature stability and which are not easily washed off by rain, are suitable for greasing the contact surfaces. We recommend the grease compound P 1 which possesses all the above mentioned properties.

Assembly of Bolted Clamps

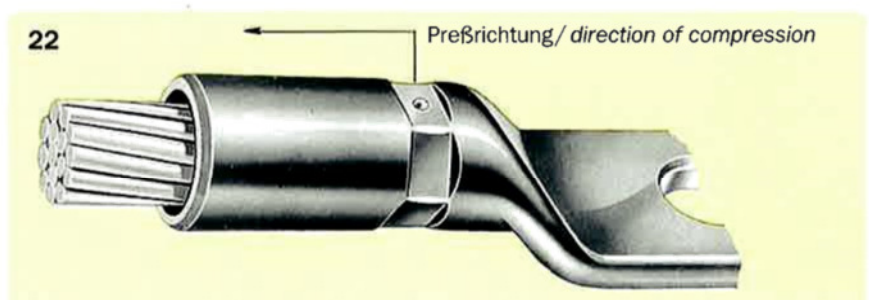
All bolts come factory greased. Additional greasing is not permissible. The clamps are placed on the prepared contact surfaces. To begin with, the bolts and nuts respectively are tightened by hand. For the final tightening, a torque wrench must be used. The bolts and nuts respectively must be tightened reciprocally and uniformly to the torques specified on the clamp taking care that the gap between the covers and the bottom part is equal after the bolts have been tightened.

Assembly of Compression Clamps

As in the case of bolted clamps, all dirt and oxidation is to be removed from the outer layer of the cable in the intended assembly area with a steel brush.

When compressing the clamp, care should be taken that the code number of the die is matched to the number indicated on the compression sleeve. The assignment of the compression width to the compression force is given in the catalogue tables referring to compression clamps.

With non-tension compression connections it is important to always make the first compression at the sleeve end and work out toward the cable (Fig. 22).



Physikalische Kennwerte der Klemmenwerkstoffe
Physical Parameters of the Clamp Materials

Tabelle / Table 1

		G-AlSi 7 Mgwa (GK-AlSi 7 Mgwa)	G-AlSi 10 Mgwa	G-AlSi 12 (GK-AlSi 12)	AlMgSi 1 F 32
Legierungsbestandteile in Gewichts-% <i>Alloying Constituents in weight-%</i>		Si 6,5–7,5 Mg 0,2–0,4 Mn 0–0,05 Fe max. 0,12 Al remainder	Si 9,0–11,0 Mg 0,2–0,5 Mn 0–0,3 Al remainder	Si 11,0–13,5 Mn 0–0,4 Al remainder	Mg 0,6–1,2 Si 0,7–1,3 Mn 0,4–1,0 Cr 0–0,3 Al remainder
Dichte <i>Density</i>	g/cm ³	2,7	2,65	2,65	2,70
Zugfestigkeit R _m <i>Tensile strength R_m</i>	N/mm ²	230 (250)	200	160	320
0,2% Dehngrenze R _p <i>0,2% Ultimate strength R_p</i>	N/mm ²	190 (200)	170	70 (80)	260
Bruchdehnung A <i>Breaking elongation A</i>	% min.	2 (3)	1	3	10
Elastizitätsmodul E <i>Modulus of elasticity E</i>	kN/mm ²	73	73–76	73–76	70
Brinellhärte <i>Brinell hardness</i>	HB 5/ 250 HB 10/1000	75 (80)	75	45 (50)	95
Elektrische Leitfähigkeit % bei 20° C <i>Electric conductivity % at 20° C</i>	$\frac{m}{\Omega \cdot mm^2}$	21–32	18–22	18–22	24–28
Mittlere Wärmeausdehnungszahl zwischen 20 und 100° C <i>Average coefficient of thermal expansion between 20 and 100° C</i>	$\frac{1}{K}$	22 · 10 ⁻⁶	21 · 10 ⁻⁶	21 · 10 ⁻⁶	24 · 10 ⁻⁶
Wärmeleitfähigkeit bei 20–100° C <i>Thermal conductivity at 20–100° C</i>	$\frac{W}{K \cdot m}$	169	155	159	174
Spez. Wärme zwischen 20 und 200° C <i>Specific heat between 20 and 200° C</i>	Ws/cm ³ K	2,6	2,6	2,6	2,87
Schmelzpunkt <i>Melting point</i>	°C	550–??5	570–620	575–585	630

Legierungsbestandteile in Gewichts-% Alloying Constituents in weight-%		G-CuSn 5 ZnPb (Rg 5)	(CuZn 35 Ni F 45) CuZn 35 Ni 2 F 44	Cu-So-Guß / Cu-So casting CuSn 2 Pb 2 Zn
		Cu 84,0–86,0 Sn 4,0–6,0 Zn 4,0–6,0 Pb 4,0–6,0	Cu 58–61 Al 0,3–1,5 Fe–0,5 Mn 1,5–2,5 Ni 2,0–3,0 Si–0,1 Sn–0,5 Pb–0,8 Zn remainder	Cu 93,0 Sn 2,1 Zn 2,7 Pb 2,1
Dichte Density	g/cm ³	8,7	8,3	8,7
Zugfestigkeit R _m Tensile strength R _m	N/mm ²	240	440	250
0,2 % Dehngrenze R _p 0,2 % Ultimate strength	N/mm ²	90	200	90
Bruchdehnung A Breaking elongation A	% min.	18	20	30
Elastizitätsmodul E Modulus of elasticity E	kN/mm ²	110	100	90–95
Brinellhärte Brinell hardness	HB 5/ 250 HB 10/1000	60	120	60
Elektrische Leitfähigkeit % bei 20° C Electric conductivity % at 20° C	$\frac{m}{\Omega \cdot mm^2}$	8–9	6,2	14,4
Mittlere Wärmeausdehnungszahl zwischen 20 und 100° C Average coefficient of thermal expansion between 20 and 100° C	$\frac{1}{K}$	18 · 10 ⁻⁶	18 · 10 ⁻⁶	18 · 10 ⁻⁶
Wärmeleitfähigkeit bei 20–100° C Thermal conductivity at 20–100° C	$\frac{W}{K \cdot m}$	59	46	71
Spez. Wärme zwischen 20 und 200° C Specific heat between 20 and 200° C	Ws/cm ³ K	3,3	3,9	3,77
Schmelzpunkt Melting point	°C	990	880–890	830–1040

Nenn- und Nennkurzzeitströme von gängigen Seilen und Rohren für Schaltanlagen

Rated Currents and Rated Short-Time Withstand Currents of Standard Conductors and Tubes for Substations

Daten für Rohre aus E-Kupfer / Data for Tubes of Electrolytic Copper

Außen <i>Outside</i>	Wanddicke <i>Wall Thickness</i>	Querschnitt <i>Tube Size</i>	Gewicht <i>Weight</i>	Dauerstrom <i>Continuous Current</i>	Nennkurzzeitstrom <i>Rated Short-Time Withstand Current</i>
∅ mm	mm	mm ²	kg/m	A	kA
20	3	160	1,43	535	21,6
	4	201	1,79	599	27,1
	5	236	2,10	648	31,9
32	3	273	2,44	794	36,9
	4	352	3,14	900	47,5
	5	424	3,78	987	57,2
40	3	349	3,11	955	47,1
	4	452	4,04	1090	61,0
	5	550	4,90	1200	74,2
	6	641	5,72	1300	86,5
50	3	443	3,95	1150	59,8
	4	578	5,16	1310	78,0
	5	707	6,31	1450	95,5
	6	829	7,40	1570	111,9
	8	1060	9,42	1750	143,1
63	4	741	6,61	1590	100,0
	5	911	8,13	1750	123,0
	6	1070	9,58	1910	144,4
	8	1380	12,30	2140	186,3
80	4	955	6,47	1690	128,9
	5	1180	10,50	2140	159,3
	6	1400	12,40	2340	189,0
	8	1810	16,10	2630	244,3
120	5	1810	16,10	2990	244,3
	6	2150	19,20	3280	290,2
	8	2820	25,10	3700	380,7
	10	3460	30,80	3990	467,1

Dauerstrom (bis 60 Hz) für 35° C Umgebungstemperatur, 65° C Rohrendtemperatur und 0,6 m/s Windgeschwindigkeit.
Nennkurzzeitstrom (ohne Stromverdrängung) für 65° C Rohranfangstemperatur, 200° C Rohrendtemperatur und 0,6 m/s Windgeschwindigkeit.

Continuous current (up to 60 Hz) for 35° C ambient temperature, 65° C max. permissible tube temperature and 0.6 m/s wind velocity.
Rated short-time withstand current (without current displacement) for 65° C initial tube temperature, 200° C max. permissible tube temperature and 0.6 m/s wind velocity.

Daten für Rohre aus AlMgSi 0,5 F 22 / Data for Tubes of AlMgSi 0.5 F 22

Außen Outside	Wanddicke Wall Thickness	Querschnitt Tube Size	Gewicht Weight	Dauerstrom Continuous Current	Nennkurzzeitstrom Rated Short-Time Withstand Current
ø mm	mm	mm ²	kg/m	A	kA
50	5	707	1,91	1396	56,6
	6	829	2,24	1505	66,3
	8	1060	2,85	1700	84,8
63	5	911	2,46	1690	72,9
	6	1070	2,90	1823	85,6
	8	1380	3,73	2080	110,4
80	5	1180	3,18	2050	94,4
	6	1400	3,77	2230	112,0
	8	1810	4,89	2540	144,8
	10	2200	5,94	2790	176,0
100	5	1490	4,03	2497	119,2
	6	1770	4,78	2690	141,6
	8	2310	6,24	3070	184,8
	10	2827	7,63	3360	226,2
120	5	1810	4,88	2860	144,8
	6	2150	5,80	3120	172,0
	8	2820	7,60	3580	225,6
	10	3460	9,33	3920	276,8
	12	4072	10,99	4200	325,7
160	5	2440	6,57	3680	195,2
	6	2900	7,84	4020	232,0
	7	3365	9,08	4330	269,2
	8	3820	10,30	4620	305,6
	10	4710	12,70	5060	376,8
200	5	3006	8,27	4490	244,8
	6	3660	9,87	4900	292,8
	8	4825	13,00	5630	386,0
	10	5970	16,10	6200	477,6
	12	7090	19,10	6610	567,2
250	6	4600	12,40	5960	368,0
	8	6080	16,40	6860	486,4
	10	7540	20,40	7550	603,2
	12	8970	24,20	8080	717,6
300	8	7339	19,80	8100	587,1
	10	9111	24,60	8900	728,9
	12	10857	29,30	9430	868,6
	14	12579	34,001	10000	1006,3

Dauerstrom (bis 60 Hz) für 35° C Umgebungstemperatur, 85° C Rohrendtemperatur und 0,6 m/s Windgeschwindigkeit.
Nennkurzzeitstrom (ohne Stromverdrängung) für 85° C Rohranfangstemperatur, 200° C Rohrendtemperatur und 0,6 m/s Windgeschwindigkeit.

*Continuous current (up to 60 Hz) for 35° C ambient temperature, 85° C max. permissible tube temperature and 0.6 m/s wind velocity.
Rated short-time withstand current (without current displacement) for 85° C initial tube temperature, 200° C max. permissible tube temperature and 0.6 m/s wind velocity.*

Daten für Aluminium/Stahl-Seile / Data for ACSR Conductors

Nenn- querschnitt	Soll- querschnitt	Aufbau Al/St Drahtzahl x Durchmesser/ Drahtzahl x Durchmesser	Seil	Dauer- strom	Nennkurzeitstrom
<i>Nominal Cross Section</i>	<i>Specified Cross Section</i>	<i>Construction ACSR No. Wires x Diameter/ No. Wires x Diameter</i>	<i>Cable</i>	<i>Continuous Current</i>	<i>Rated Short-Time Withstand Current</i>
mm ²	mm ²		ø mm	A	kA
240/40	282,5	26 x 3,45 / 7 x 2,68	21,9	645	23,7
265/35	297,8	24 x 3,74 / 7 x 2,49	22,4	680	25,2
385/35	420,1	48 x 3,30 / 7 x 2,49	26,7	850	35,3
537/53	585,8	12 x 3,09 / 7 x 3,09	32,0	1025	49,2
		78 x 2,69 / 7 x 3,09			
560/50	611,2	48 x 3,86 / 7 x 3,00	32,2	1040	51,3
1045/45	1090,9	72 x 4,30 / 7 x 2,87	43	1580	91,6

Dauerstrom (bis 60 Hz) für 35° C Umgebungstemperatur, 80° C Seilendtemperatur und 0,6 m/s Windgeschwindigkeit.

Nennkurzeitstrom für 80° C Seilanfangstemperatur, 200° C Seilendtemperatur und 0,6 m/s Windgeschwindigkeit.

Continuous current (up to 60 Hz) for 35° C ambient temperature, 80° C max. permissible conductor temperature and 0.6 m/s wind velocity.

Rated short-time withstand current for 80° C initial conductor temperature, 200° C max. permissible conductor temperature and 0.6 m/s wind velocity.

Daten für Kupferseile (DIN 48201) / Data for Copper Conductors (DIN 48201)

Nenn- querschnitt	Soll- querschnitt	Aufbau Drahtzahl x Durchmesser	Seil	Dauer- strom	Nennkurzeitstrom
<i>Nominal Cross Section</i>	<i>Specified Cross Section</i>	<i>Construction No. Wires x Diameter</i>	<i>Cable</i>	<i>Continuous Current</i>	<i>Rated Short-Time Withstand Current</i>
mm ²	mm ²		ø mm	A	kA
120	116,99	19 x 2,80	14,0	440	14,3
150	147,11	37 x 2,25	15,8	510	18,0
185	181,62	37 x 2,50	17,5	585	22,2
240	242,54	61 x 2,25	20,3	700	29,6
300	299,43	61 x 2,50	22,5	800	36,5
400	400,14	61 x 2,89	26,0	960	48,8
500	499,83	61 x 3,23	29,1	1110	61,0

Dauerstrom (bis 60 Hz) für 35° C Umgebungstemperatur, 70° C Leiterseilendtemperatur und 0,6 m/s Windgeschwindigkeit.

Nennkurzeitstrom für 70° C Seilanfangstemperatur, 170° C Seilendtemperatur und 0,6 m/s Windgeschwindigkeit.

Continuous current (up to 60 Hz) for 35° C ambient temperature, 70° C max. permissible conductor temperature and 0.6 m/s wind velocity.

Rated short-time withstand current for 70° C initial conductor temperature, 170° C max. permissible conductor temperature and 0.6 m/s wind velocity.

Daten für Aluminiumseile (DIN 48201) und SAL-Seile
Data for Aluminium Conductors (DIN 48201) and SAL Conductors

Nenn- querschnitt	Soll- querschnitt	Aufbau Drahtzahl x Durchmesser	Seil	Dauer- strom	Nennkurzzeitstrom
Nominal Cross Section	Specified Cross Section	Construction No. Wires x Diameter	Cable	Continuous Current	Rated Short-Time Withstand Current
mm ²	mm ²		∅ mm	A	kA
150	147,11	37 x 2,25	15,8	455	12,35
185	181,62	37 x 2,50	17,5	520	15,25
240	242,54	61 x 2,25	20,3	625	20,40
300	299,43	61 x 2,50	22,5	710	25,15
400	400,14	61 x 2,89	26,0	855	33,60
500	499,83	61 x 3,23	29,1	990	42,00
625	626,20	91 x 2,96	32,6	1140	52,60
800	802,09	91 x 3,35	36,9	1340	67,40
1000	999,71	91 x 3,74	41,1	1540	84,00
SAL 329	294,35	33 x 3,37	23,6	714	23,55
SAL 593	515,76	53 x 3,52	31,7	1000	41,30
SAL 910	791,30	53 x 4,36	39,2	1305	63,30
SAL 1360	1164,55	78 x 4,36	47,9	1810	93,16

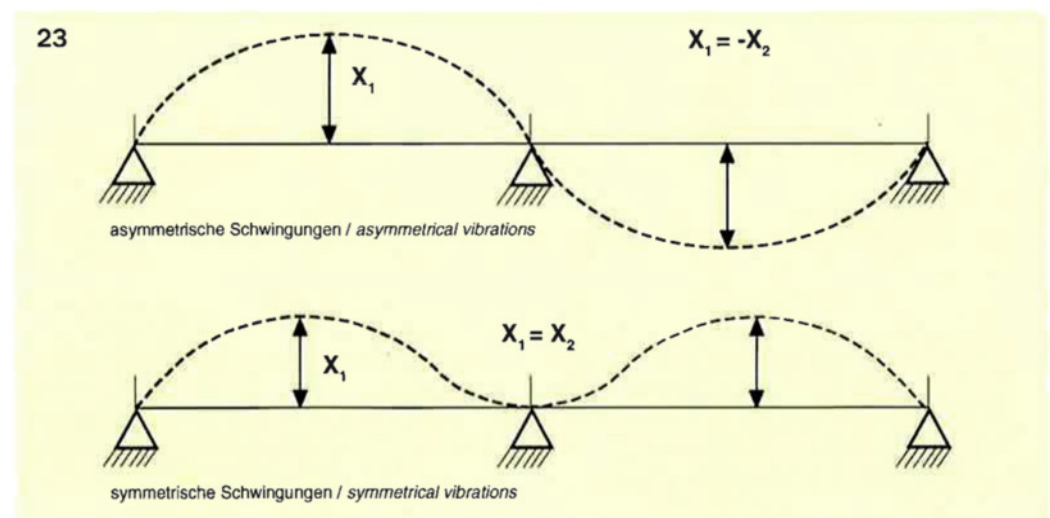
Dauerstrom (bis 60 Hz) für 35° C
Umgebungstemperatur, 80° C (SAL: 85° C)
Leiterseilendtemperatur und 0,6 m/s Wind-
geschwindigkeit.
Nennkurzzeitstrom für 80° C (SAL: 85° C)
Seilanfangstemperatur, 200° C Seilend-
temperatur und 0,6 m/s Windgeschwindig-
keit.

Continuous current (up to 60 Hz) for 35° C
ambient temperature, 80° C (SAL: 85° C)
max. permissible conductor temperature and
0.6 m/s wind velocity.
Rated short-time withstand current for 80° C
(SAL: 85° C) initial conductor temperature,
200° C max. permissible conductor tempe-
rature and 0.6 m/s wind velocity.

Rohrschwingungen Tube Vibrations

Schaltanlagenrohre können wie Freileitungseile in mechanische Schwingungen versetzt werden. Sie werden durch Schaltstöße, Kurzschlußströme oder durch den Wind ausgelöst. Sammelschienen-Schwingungen durch Schaltstöße und Kurzschlußströme treten nur selten und unregelmäßig auf. Sie klingen durch die vorhandene Eigendämpfung schnell ab und sind daher im Sinne der Dauerfestigkeit für die Rohr- und Stützerbeanspruchung nicht von Bedeutung. Am häufigsten kommen winderregte Schwingungen vor. Sie können über längere Zeitabschnitte ständig auftreten und Ermüdungsbrüche am Leiter und Beschädigungen am Stützpunkt oder Gerät hervorrufen. Außerdem gefährden sie das sichere Zuschalten von Greifertrennern. Schwingungen von Rohren entstehen, wenn diese seitlich vom Wind angeströmt werden. Die Strömung löst auf der Rückseite der zylindrischen Rohre sogenannte Kármán-Wirbel ab. Kármán-Schwingungen treten nach Messungen und Beobachtungen in der Praxis vorzugsweise bei Windgeschwindigkeiten zwischen 0,3 und 5 m/s und laminaren Strömungsverhältnissen auf. Stimmt die Frequenz der Wirbelablösung mit der Grundfrequenz des Sammelschienenrohres überein, so sind kräftige Schwingungen senkrecht zur Strömungsrichtung die Folge. Je nach Art der Lagerung der Rohre bzw. Anzahl der Stützpunkte, über die das Sammelschienenrohr ungeschnitten durchläuft, können asymmetrische oder symmetrische Schwingungsformen auftreten (Bild 23).

Like overhead line conductors, substation tubes can be excited to mechanical vibrations. The vibrations are caused by switching surges, short-circuit currents or wind. Busbar vibrations due to switching surges and short-circuit currents occur only rarely and irregularly. They decay very soon because of the existing inherent damping and they are therefore of no importance with regard to tube and post-type insulator stresses as far as the fatigue limit is concerned. Wind-induced vibrations are most frequent. They can occur constantly over longer periods, causing fatigue failures on the conductor and damages on the points of support or on the equipment. In addition, they endanger the safe switching-on of pantograph isolating switches. Tube vibration is caused by the shedding of the so-called Kármán vortices from the lee of the cylindrical tubes exposed to lateral winds. Field measurements and observations have shown that these vortices preferably occur with wind velocities of 0.3 to 5 m/s and laminar flow conditions. If the frequency of the shedding of vortices corresponds to the fundamental frequency of the busbar tube, this results in strong vibrations perpendicular to the direction of flow. Depending on the type of tube mounting or the number of supports over which the uncut busbar tube runs, asymmetrical or symmetrical modes of vibration occur (Fig. 23).



Seit der Beobachtung von Rohrschwingungen wurden in der Praxis zahlreiche Maßnahmen erprobt, um die Schwingungen zu dämpfen bzw. zu tilgen, z. B. durch

Ever since tube vibration was discovered, various measures have been tested to dampen or absorb the vibrations, e. g.

- starr an der Sammelschiene befestigte Zusatzmassen
- einseitig befestigte, eingelegte Seile (ungefesselte Zusatzmassen)
- Reibdämpfer (Blattfedern)
- Feder-Masse-Schwinger.

Eine starr befestigte Zusatzmasse beeinträchtigt nicht die Schwingungsfähigkeit des Sammelschienenrohres, sie verändert lediglich die Grundfrequenz des Rohres auf einen tieferen Wert. Gegenkontaktaufhängungen verhalten sich, von Zufällen abgesehen, wie starr befestigte Zusatzmassen.

Bei der Bestimmung der Grundfrequenz eines Sammelschienenrohres müssen die Gewichte der Gegenkontaktaufhängungen berücksichtigt werden.

Ungefesselte Zusatzmassen sind beispielsweise Seile, die in das Sammelschienenrohr eingelegt werden. Üblicherweise werden hierzu Aluminium- oder Al/St-Seile in das Rohrrinnere eingelegt. Durchgeführte Schwingungsmessungen an Rohren unter natürlichen Windanregungen haben die Wirksamkeit dieser Maßnahme bestätigt. Die Seile erhöhen die Dämpfung schon im Einschwingbereich bei niedrigen Amplituden und den dabei anstehenden Erregerkräften sehr stark und verhindern damit das Entstehen größerer Amplituden.

In der Tabelle werden für verschiedene Rohrabbmessungen entsprechende Seile empfohlen. In der Regel genügt dabei das Einlegen eines Seiles, doch ist es ratsam, zur Erhöhung der Sicherheit zwei Seile einzulegen, wobei sich die Anordnung nach Bild 24 als sehr wirksam erwiesen hat. Die max. Dämpfungswirkung wird nur erreicht, wenn das Seil in seiner ganzen Länge im Rohr aufliegt. Die Befestigung der Seilenden in den Abschlußkappen ergibt zudem eine sichere Fixierung der Dämpfungsseile im Rohrleiter.

Empfohlene Dämpfungsseile
Recommended damping conductors

D_{Rohr} D_{tube} mm	Mind. Seilquerschnitt A_{Seil} Mind. Conductor Cross Section $A_{\text{Conductor}}$ mm ²
≤ 80	200
$> 80 - 120$	300
$> 120 - 160$	450
$< 160 - 250$	600

- Additional mass fastened rigidly to the busbar
- Inserted conductors fastened on one side (non-captive additional mass)
- Friction dampers (leaf springs)
- Spring-mass absorbers.

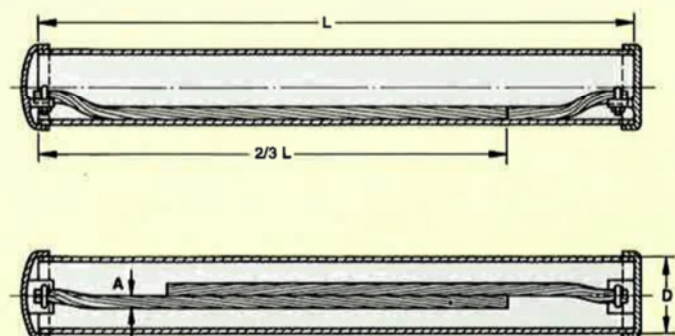
A rigidly fastened additional mass does not impair the busbar tube's capacity of vibrating, it only changes the fundamental frequency of the tube to a lower value. Leaving coincidences apart, opposite contact suspensions behave like rigidly fastened additional masses. When determining the fundamental frequency of a busbar tube, the mass of the opposite contact suspensions must be taken into consideration.

Non-captive additional masses are for example conductors that are inserted in the busbar tube. Normally, aluminium or ACSR conductors are used for this purpose. Vibration measurements on tubes under natural wind excitation have confirmed the effectiveness of this measure. The conductors increase the damping considerably already during the vibration build-up at low amplitudes and thus prevent the formation of larger amplitudes.

In the table suitable conductors for different tube dimensions are recommended.

Normally, it is sufficient to insert one conductor, but it is advisable to insert two conductors for increased safety. The arrangement shown in Fig. 24 has proved to be very effective. Maximum damping is only obtained when the conductor rests on the tube over its full length. The attachment of the conductor ends inside the end caps provides a reliable way of fixing the damping conductors inside the tubular conductor.

24



Werkstoffpaarung		Korrosionsverhalten	Empfohlene Schutzmaßnahmen und Anwendung
Aluminium und Legierung	nichtrostender Stahl (A 2, A 4)	Keine Korrosion im Bereich der Kontaktstelle	Nicht erforderlich
Aluminium	Stahl feuerverzinkt	In Binnenlandatmosphäre keine nennenswerte Korrosion im Bereich der Kontaktstelle In reiner Industrie- und Meeresatmosphäre verstärkte Korrosion der Al- und Stahl-Oberfläche im Bereich der Kontaktstelle möglich	Nicht erforderlich In reiner Meeresatmosphäre Werkstoffpaarung meiden; wenn nicht möglich, Berührungsstellen gut fetten
Aluminium	Kupfer und Legierung	Starke Korrosion der Al-Oberfläche im Bereich der Kontaktstelle	Schutz der durch Witterung zugänglichen Kontaktstellen mittels Schutzfett, Al/Cu-Zwischenlage oder bei Flachanschlüssen Einsatz von Al-Elastkontaktscheiben
Aluminium	Kupfer und Legierung verzinkt	Bei Schichtdicken < 10 µm nach kurzer Zeit Korrosion der Al-Oberfläche im Kontaktbereich; bei Schichtdicken > 10 µm zeitlich verzögertes Auftreten von Korrosion	Schutz der Kontaktstellen mittels Schutzfett oder Al/Cu-Zwischenlage oder bei Flachanschlüssen Einsatz von Al-Elastkontaktscheiben
Aluminium	Kupfer und Legierung versilbert	Bei Schichtdicken > 5 µm keine nennenswerte Korrosion im Bereich der Kontaktstellen	Nicht erforderlich. Bei Flachanschlüssen Einsatz von Al-Elastkontaktscheiben
Kupfer und Legierung	Stahl feuerverzinkt	2- bis 4-fache Korrosionsgeschwindigkeit der Zinkschicht im Bereich der Cu-Teile gegenüber normaler Oberflächenkorrosion, danach Korrosion des Stahls	Schutz der Kontaktstellen mittels Schutzfett oder Al/Cu-Zwischenlage
Kupfer und Legierung	nichtrostender Stahl (A 2, A 4)	Keine nennenswerte Korrosion im Bereich der Kontaktstelle	Nicht erforderlich
Kupfer und Legierung verzinkt	Stahl feuerverzinkt	Keine nennenswerte Korrosion im Bereich der Kontaktstelle	Nicht erforderlich. Für Erdungsarbeiten geeignet
nichtrostender Stahl (A 2, A 4)	Stahl	Keine nennenswerte Korrosion des Zinküberzuges im Bereich der Kontaktstelle	Nicht erforderlich

Corrosion Behaviour of Various Material Combinations

Material Combination	Corrosion Behaviour	Recommended Protective Measures and Application	
Aluminium and alloy	Stainless steel (A 2, A 4)	No corrosion in the area of the contact point	Not necessary
Aluminium	Steel, hot-dip galvanized	No significant corrosion in the area of the contact point in inland atmosphere Intensified corrosion of Al and steel surface possible in the area of the contact point in purely industrial and marine atmospheres	Not necessary Avoid material combinations in purely marine atmosphere. If not possible, grease contact points well
Aluminium	Copper and alloy	Heavy corrosion of the Al surface in the area of the contact point	Protection of contact points exposed to weather by means of grease compound, bimetallic intermediate layer, or Al Elast Contact Disks in the case of flat connections
Aluminium	Copper and alloy, tinned	With coating thicknesses < 10 µm corrosion of the Al surface in the contact area after a short time; with coating thicknesses > 10 µm, delayed appearance of corrosion	Protection of the contact points by grease compound or bimetallic intermediate layer, or Al Elast Contact Disks for flat connections
Aluminium	Copper and alloy, silver-plated	With coating thicknesses > 5 µm no significant corrosion in the area of the contact points	Not necessary. Use of Al Elast Contact Disks for flat connections
Copper and alloy	Steel, hot-dip galvanized	Corrosion of the zinc coating in the area of the copper parts is 2 to 4 times quicker than on normal surfaces; then follows corrosion of the steel	Protection of the contact points by grease compound or bimetallic intermediate layer
Copper and alloy	Stainless steel (A 2, A 4)	No significant corrosion in the area of the contact points	Not necessary
Copper and alloy, tinned	Steel, hot-dip galvanized	No significant corrosion in the area of the contact points	Not necessary. Suitable for earthing work
Stainless steel (A 2, A 4)	Steel	No significant corrosion of the zinc coating in the area of the contact points	Not necessary

+sefag-
components



Produktkatalog Hochspannungstechnik
Einleitung

Product Catalog High Voltage Equipment
Introduction

Früher / Former **PFISTERER**

¹³ Al
Aluminium
26.982

²⁹ Cu
Copper
63.546

+sefag-
components

Schaltanlagenklemmen für Leiter

Substation Connectors for conductor



Früher / Former **PFISTERER**



¹³ Al
Aluminium
26.982

+sefag-
components

Schaltanlagenklemmen für Aluminium-Leiter

Substation Connectors for aluminium conductor & busbar



Früher / Former **PFISTERER**



²⁹ Cu
Copper
63.546

Bz
Bronze

+sefag-
components

Schaltanlagenklemmen für Kupfer-Leiter

Substation Connectors for copper conductor & busbar



Früher / Former **PFISTERER**



Kontakt

Massgeschneiderte Lösungen für individuelle Verbindungsprobleme in der Stromübertragung.
Kontaktieren Sie uns!

Sefag Components AG
Werkstrasse 7
CH-6102 Malters
Phone +41 41 499 77 77
Fax +41 41 499 77 99
info@sefag-ag.ch
www.sefag-ag.ch

Contact

Tailor-made solutions for individual connection problems in power transmission.
Contact us today!

Sefag Components AG
Werkstrasse 7
CH-6102 Malters
Phone +41 41 499 77 77
Fax +41 41 499 77 99
info@sefag-ag.ch
www.sefag-ag.ch