

connect

4 Prüfung von HV-Kabelanlagen
6 Grundlagen der Kontakttechnik 4

16 ISICOMPACT L: Abzweigen
mit großen Querschnitten



Impressum

Herausgeber

PFISTERER Kontaktsysteme GmbH
Rosenstraße 44
73650 Winterbach
Telefon 07181 7005 0
Telefax 07181 7005 565
info@pfisterer.de
www.pfisterer.de

Redaktion

PFISTERER Kontaktsysteme GmbH
Rosenstraße 44, 73650 Winterbach

Reto Aeschbach, Peter Arranz
Michael Bauer, Hagen Berroth
Julia Faltin, Peter Feldhofer
Norbert Fink, Hervé Gross
Ruben Grund, Kurt Hosinger
Eveline Jänicke, Peter Kaiser
Martin Schuster, Barbara Simeon
Christian Späth, Herwig Trost
Frank Weichert, Lutz Zühlke

Textredaktion

Karolina Kos
www.xyzeiler.de

Art Direction

VISCHER & BERNET GmbH
Agentur für Marketing und Werbung
www.vischer-bernet.de

© Copyright by PFISTERER
Kontaktsysteme GmbH

- 4 Prüfung von HV-Kabelanlagen
- 6 Kontakttechnik-Grundlagen 4:
Theorie wird Praxis
- 12 SICON für Hochspannungs-
Anwendungen
- 14 PRAXIS-TIPP: SICON-Montage
- 15 PRAXIS-TIPP: 2DIREKT-Montage
- 16 ISICOMPACT L: Abzweigen
bei großen Querschnitten
- 18 News

PFISTERER Kunden- und Mitarbeitermagazin Ausgabe 1 2013

Die QR-Codes im Magazin führen Sie zu unserer Internetseite
mit weiterführenden Informationen zum jeweiligen Bericht.



1. Handy auf
QR-Code richten



2. QR-Codes
scannen



3. Informationen
nutzen



Dr. Thomas Klein



Samuel Ansorge



Jörg Fries

Editorial

Wissen wird Wert

Theorie und Praxis stiften den größten Nutzen in Kombination – so unsere langjährige Erfahrung, die sich auch in dieser CONNECT-Ausgabe spiegelt:

Als Beispiel für die gelungene Fusion von Theorie und Praxis der Abzweigtechnik stellen wir Ihnen ab Seite 16 ISICOMPACT L vor. Die neue Abzweigmutter ermöglicht das fortschrittliche Abzweigen auch bei größeren Kabelquerschnitten.

Wie man Grundlagenkenntnisse umsetzt, damit Leiterverbindungen eine Lebenszeit von vier Jahrzehnten und länger erreichen, erläutert der vierte Teil unserer Bericht-Serie zu den Kontakttechnik-Grundlagen ab Seite 6.

Darin wird deutlich, dass die richtige Montage wesentlich ist für die Langlebigkeit von Kontakten. Welches Werkzeug man wie am besten einsetzt, zeigen wir für 2DIREKT-Klemmen auf Seite 15 sowie für SICON-Schraubverbinder auf Seite 14.

Wir hoffen, die Lektüre unseres Magazins bringt Ihnen vielfach praktischen Nutzen. Mit unseren Leistungen setzen wir uns dafür täglich ein!

Herzlichst,

Dr. Thomas Klein

Samuel Ansorge

Jörg Fries

PFISTERER Group Executive Committee

HV-Prüfungen von Kabelstrecken erfolgen oft unter schwierigen Bedingungen. PFISTERER ist darauf vorbereitet: Mit bislang einzigartigem Test-Equipment, das sich in anspruchsvollen Kabelprojekten für Offshore-Umspannstationen bereits bestens bewährt hat. Dank vorausschauender Organisation, die unterschiedlichsten Prüfsituationen gerecht wird.

Wer Hochspannungskabel-Anlagen schlüsselfertig ausführt, gewinnt Routine, die Automatismen ausschließt. So auch PFISTERER: Seit 2008 installiert und prüft das Unternehmen Hochspannungs-(HV)-Kabelanlagen und trifft dabei immer wieder auf komplexe Rahmenbedingungen, für die sein Kabelsystem-Team individuelle Lösungen entwickelt – dies stets in engen Zeitfenstern und oft auf Baustellen, auf denen zahlreiche Teams der projektbeteiligten Unternehmen zeitgleich an verschiedenen Gewerken arbeiten.

Nicht anders bei Arbeiten an der „Umspannstation“ auf der Offshore-Windparkplattform für Borkum West II im Juli und August 2012: PFISTERER installierte unter anderem die Kabelverbindungen von zwei gasisolierten Schaltanlagen, die den Strom aus den umliegenden Windkraftanlagen aufnehmen werden, mit je einem HV-Transformator, der die Spannung von 33 kV auf 155 kV für die Weiterleitung per Seekabel an Land umwandeln wird. Für die Abnahme dieser Kabelanlagen musste unter anderem eine Hochspannungsprüfung nach IEC 60840 durchgeführt werden.



Vorgefertigte Komponenten erleichtern die Hochspannungsprüfung vor Ort.

Komplexe Konditionen. Hochprofessionelle HV-Prüfungen.



Die erforderliche Prüfspannung von 150 kV erzeugt ein Prüftransformator, der per LKW antransportiert wird. Die Herausforderung dabei: die Fortführung der Prüfspannung vom LKW zur Kabelanlage. Insbesondere bei Arbeiten an Offshore-Plattformen, die zunächst im Trockendock oder schwimmend neben der Kai-Anlage erfolgen, kann der LKW in der Regel nicht ausreichend nah an die Kabelanlage heranfahren. Das passende Prüf-Equipment für solche Situationen hat PFISTERER entwickelt auf Basis eigener Produkte, die für flexible Testaufbauten prädestiniert sind.

Prüfen mit Plan

Sein Herzstück, ein Prüfadapter mit CONNEX-Freiluft-Durchführung, wird auf einem Einachs-Anhänger antransportiert, nahe dem Prüftransformator positioniert und mit diesem über eine Freileitungslitze verbunden. Die erzeugte Prüfspannung wird so über eine HV-Gummileitung berührungssicher weitergeführt. Diese ist an beiden Enden mit einem CONNEX-Stecker vorkonfektioniert, kann also schnell über eine im Prüfadapter vorinstallierte CONNEX-Buchse angeschlossen werden und auf dieselbe Weise an der zu prüfenden Anlage.

Die Gummileitung ist auf eine mobile Kabeltrommel aufgewickelt, die zugleich als Transport- und Auslegehilfe fungiert. Vorteil der bislang nur von PFISTERER als Prüfkabel eingesetzten Gummileitung: Mit einem Biegeradius vom Fünffachen ihres Außendurchmessers ist diese deutlich flexibler als herkömmliche XLPE-Kabel – und das auch bei eisigen Temperaturen von bis zu -20°C . Dies erleichtert die Legung der Prüfleitung um Ecken sowie bei engen Platzverhältnissen.



„Neben dem Equipment kommt es auf eine vorausschauende Organisation der Zusammenarbeit an“, berichtet Lutz Zühlke, Leiter des Kabelsystem-Teams bei PFISTERER, „Deshalb informieren wir unsere Kunden bereits in der Planungsphase über alle Details, die ihre Mitwirkung erfordern.“ Ein Blick in die PFISTERER-Beschreibung der Vor-Ort-Prüfungen an HV-Kabelanlagen zeigt: das Unternehmen berücksichtigt alle Eventualitäten und denkt im Sinne seiner Kunden mit.

«Neben dem Equipment kommt es auf eine vorausschauende Organisation der Zusammenarbeit an.»

Lutz Zühlke, Leiter des Kabelsystem-Teams bei PFISTERER

Eine Schlüsselkomponente: Der Übergang von der Freileitung auf das Prüfkabel – modular zusammengesetzt aus Elementen des HV-CONNEX-Systems.

Grundlagen der Kontakt- technik Teil 4: Theorie wird Praxis. Für lang- lebige Kontakte.

Wissen nutzt nur, so weit seine Umsetzung reicht. Dieser vierte Teil der CONNECT-Serie zu den Grundlagen der Kontakttechnik zeigt anhand seit langem eingesetzten Klemmen, wie die Lebenserwartung von Leiterverbindungen verbessert werden kann und dadurch bis zu vier Jahrzehnte und länger erreicht – trotz natürlicher Kontaktalterung. Die Voraussetzungen hierfür: die prinzipiengerechte Konstruktion der Verbinder und deren richtige Montage.

Die Grundregeln für die Konstruktion eines Verbinders sind zahlreich, ihre Abstimmung ist komplex, wie folgende Konstruktionsgrundsätze demonstrieren. Einerseits muss sein Design unter allen Betriebsbedingungen bestimmte Kontakteigenschaften sicherstellen, andererseits müssen die Herstellkosten akzeptabel sein. Die Erfüllung beider Regeln konfrontiert Hersteller bereits bei der Materialauswahl mit divergierenden Anforderungen:

Stahl beispielsweise ist günstiger als Aluminium. Zudem kann mit einer festeren Stahlklemme die notwendige Initialkraft beim Kontaktieren der Leiter leichter hergestellt werden als mit einer Aluminiumklemme. Mit Blick auf die erwünschte lange Lebensdauer einer Verbindung verliert das Material jedoch an Strahlkraft: Stahlverbinder bieten dem Strom einen höheren Widerstand beim Durchfließen der Kontaktstellen. Die Folge: Höhere Temperaturen, die die Kontaktalterung forcieren (Details siehe Teil 3, CONNECT 1/2012).

Die Materialauswahl folgt zudem der Notwendigkeit, eine bleibende mechanische Deformation des Verbinderkörpers durch das Kontaktieren soweit als möglich zu verhindern. Anderenfalls würden die mechanischen Funktionen der Klemme beeinträchtigt sowie kontaktschwächende Kriech-, Fließ- und Setzvorgänge gesteigert werden (Details siehe Teil 3, CONNECT 1/2012). Ein weiterer wichtiger Hebel sind Länge, Dicke und Breite der Verbinderbauteile – richtig gewählt, kann die notwendige Kontaktkraft erreicht werden, ohne den Verbinderkörper dauerhaft plastisch zu verformen. Und auch bei metallischen Überzügen gilt es, das richtige Maß zu finden: Schichtdicke und Material müssen so gewählt sein, dass die elektrischen Eigenschaften wie zum Beispiel niedriger Kontaktwiderstand erreicht werden, der Korrosionsschutz wirkt und die Kosten vertretbar bleiben.

Spielraum ohne Spielraum

Das anspruchsvolle Zusammenspiel von Material und Konstruktion manifestiert sich am deutlichsten in den zentralen Faktoren Kontaktkraft und Elastizität. Die Kontaktkraft muss groß genug sein, um den bei der Kontaktherstellung vorhandenen Anfangswiderstand zu minimieren. Zudem muss über die gesamte Lebensdauer der Verbindung hinweg ausreichend Kontaktkraft erhalten bleiben sowie die temperaturbedingte Längsdehnung der Leiter in Schach gehalten werden, die ansonsten als Mikrobewegung zwischen Leiter und Kontaktteilen zu mechanischem Abrieb und Reibkorrosion führt und damit langfristig zum Kontaktausfall (siehe Teil 3, CONNECT 1/2012).

Gleichzeitig müssen Material und Design so ausgelegt sein, dass das System „thermisch atmen“ kann. Bei Erwärmung dehnt sich Aluminium stärker aus als andere Metalle. Folge: Werden Aluminiumleiter mit einer „starr“ Kupfer- oder Stahlklemme verbunden, haben sie nicht genügend Platz sich auszudehnen, der Leiter fließt weg und kehrt bei Abkühlung nicht mehr in seine ursprüngliche Form zurück. Im Laufe mehrerer Erwärmungs- und Abkühlungszyklen löst sich der elektrische Kontakt nach und nach bis zum Totalausfall.

Diesen Spagat zwischen Kraft und Dehn-Spielraum mussten Kontakttechnik-Hersteller zu beherrschen lernen, als der Aluminiumleiter den Kupferleiter weitflächig verdrängte. In dieser Umbruchszeit entwickelte beispielsweise PFISTERER die V-Klemme mit integrierter Elastizität – damals ein Novum, heute ein Standardprodukt. Sie ermöglicht das thermische Atmen zum einen durch den Einsatz von Aluminium für den Klemmenkörper, womit Aluminiumleiter und Klemmenkörper dasselbe thermisch bedingte Dehnungsverhalten aufweisen (Eigenelastizität). Zum anderen verformt sich der Klemmenkörper beim Anziehen der Schraube an definierten Stellen so, dass eine elastische Verformung eintritt, die gleich einer vorgespannten Feder wirkt (Designelastizität). Für ausreichend Kontaktkraft sorgt wiederum die entsprechend ausgelegte Kontaktierung per Schraubtechnik, die zugleich eine Längsbewegung des Leiters in der Klemme verhindert.

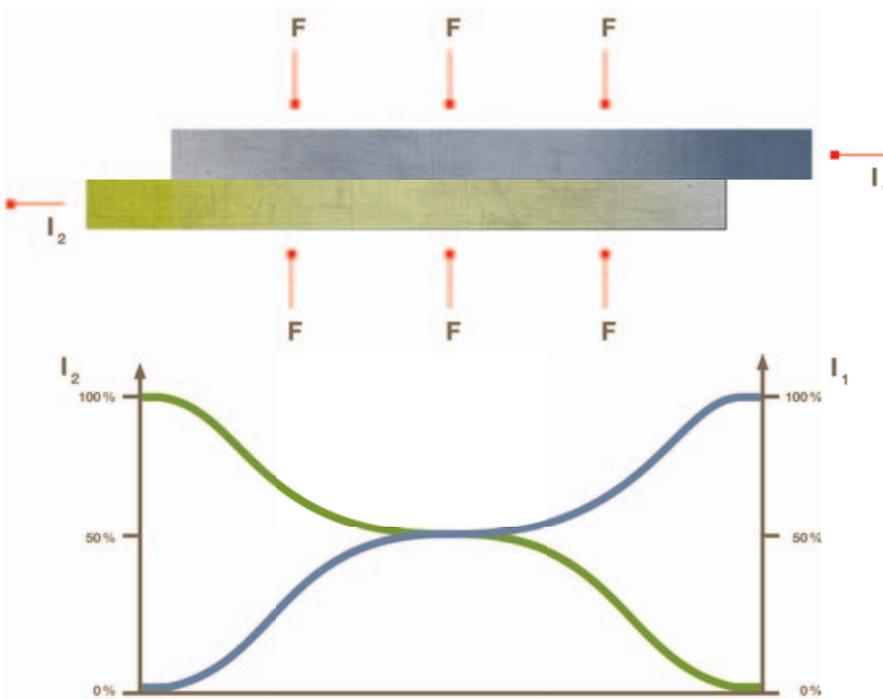


Bild 1: Ideale Anordnung der Kontaktelemente: Die Regel von Donati zur Strom-Kommuntierung zeigt, dass die Stromdichte einer Verbindung nicht an allen Stellen gleich ist: Die Kommuntierung erfolgt zum großen Teil am Beginn und am Ende der Überlappungsfläche der Leiter. Ergo: Die Kontaktbereiche (Zonen, Linien, Punkte) werden möglichst nah an den Anfang bzw. das Ende der Klemme platziert.

Optimale Kraft. Suboptimales Ergebnis?

Weitere Erkenntnis: Ausreichend Kontaktkraft reicht allein nicht. So beim Einsatz von leicht oxidierendem Aluminium. Hier muss die Kontaktzone so gestaltet werden, dass die nichtleitenden Oxidschichten von Kontaktschneiden oder -zähnen durchdrungen werden. Erst dadurch entsteht ein rein metallischer Kontakt, der den ungehinderten Stromfluss von einem Leiter zum anderen gewährleistet (siehe Teil 2, CONNECT 2/2011). Ein weiteres wichtiges Kriterium ist die Anordnung der Kontaktschneiden oder -zähne im Klemmbereich. Die Regel von Donati zur Strom-Kommutierung zeigt, dass diese idealerweise dort anzuordnen sind, wo die natürliche Kommutierung am höchsten ist (siehe Bild 1).

Und manchmal ist optimale Kraft zuviel Kraft. Zum Beispiel wenn Spannscheiben zwischen Schraube und Verbinderkörper eingesetzt werden, um Elastizität einzubringen. Bei Verbindern aus Aluminium oder Kunststoff wird diese Wirkung bei unsachgemäßer Montage jedoch verfehlt: Beim Anziehen der Schraube entsteht eine hohe Druckbelastung einer relativ kleinen Zone, die hier befindliche Spannscheibe gräbt sich unter dem Anziehdruck in den „weichen“ Verbinderkörper, womit ihre gewünschte Federfunktion verloren geht. Einzige Lösung in dieser Konstellation: man legt zwischen Verbinderkörper und Spannscheibe eine plane Stahlscheibe. Diese verteilt die eingeleitete Kraft über die gesamte Kontaktzone und verhindert das Einsinken der Spannscheibe (siehe Bild 2).

Richtige Montage – geringere Risiken

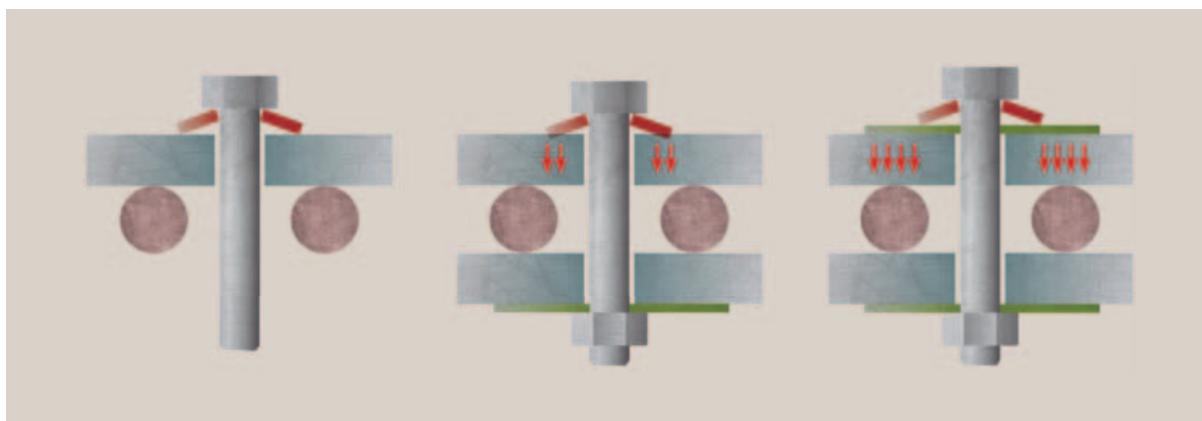
Und auch wenn die lebensnotwendige Elastizität konstruktiv vorhanden ist, gefährden Montagefehler die Langzeitstabilität des Kontaktes. Eine Montageregel lautet: Verschmutzungen und Oxidschichten an den Kontaktzonen sind durch Reinigen und Bürsten zu entfernen. Zudem müssen Kontaktschutzfette oder -pasten eingesetzt werden – vor allem unter kritischen Umgebungsbedingungen. Sie schützen die eigentlichen Kontaktzonen gegen das Eindringen von Luft, Wasser und Salz und damit vor Oxidation und Korrosion. Hinzukommt: Bei Schraubverbindern gewährleistet erst das richtige Einfetten der Schraube die optimale Umsetzung des aufgetragenen Drehmoments in die notwendige Kontaktkraft. Wie enorm die Kraftverluste sein können, wenn das Fetten vergessen oder falsch ausgeführt wird, zeigt Tabelle 1.

Bei richtiger Vorbehandlung sind elektrische Kontakte jahrzehntelang einsatzfähig.



Kontaktschutzpaste verhindert die Oxidation der Kontaktstellen.

Bild 2 zeigt einen klassischen Montagefehler:



1. Eine Spannscheibe wird zwischen Schraubenkopf und einem Verbinderkörper aus Aluminium oder Kunststoff eingelegt.

2. Unter dem Anziehdruck der Schraube versinkt sie im „weichen“ Verbinderkörper und verliert so ihre Federwirkung.

3. Lösung: Eine plane Stahlscheibe wird dazwischen gelegt. Sie verteilt die eingeleitete Initialkraft über eine größere Fläche und verhindert das Einsinken.

Da die Montage oft genug unter schwierigen Bedingungen und Zeitdruck erfolgt, sind Hersteller von Kontakttechnik bestrebt, durch entsprechende Verbinderdesigns Montagefehler auszuschließen oder zumindest deren Folgen zu minimieren. So liefern manche Hersteller Schraubverbinder nur mit vorgefetteten Schrauben aus. Ein weiteres Mittel ist die metallische Beschichtung der Klemmen oder Kontaktzonen. Zinn-Auflagen bieten eine wirtschaftlich gute Lösung für zusätzliche Sicherheit, wenn nur unzureichend gereinigt und gefettet wurde. Das wachsartige Zinn weicht beim Eindringen der Kontaktzähne zurück und schließt sich nach dem Kontaktieren wieder um die Kontaktpunkte. Durch den Galvanisierungsprozess wird außerdem eine auf Aluminiumflächen eventuell vorhandene Oxid-Schicht automatisch entfernt.

Viele Erkenntnisse – eine Klemme

Die Umsetzung dieser und weiterer Erkenntnisse erfolgte bereits in den 1960er Jahren mit den ISO-Abzweigklemmen von PFISTERER (Bild 3): Für das Erreichen der notwendigen Initialkraft sorgt die anwendungsgerechte Abstimmung von Schraube, Schraubenfettung und Anziehdrehmoment. Beim Anziehen der Schraube beißen sich Kontaktzähne durch die Leiterisolierung hindurch und in die Leiter hinein, wodurch definierte, blanke Kontaktpunkte hergestellt werden. Die Formgebung der metallischen Kontaktplatten (Elastizität) gewährleistet die dauerhafte Kontaktkraft. Für eine verbesserte und zuverlässige Kontaktierung leicht oxidierender Aluminiumleiter werden die Kontaktplatten verzinkt.



Bild 3: Bereits bei der ISO-Abzweigklemme aus den 1960er Jahren wurden die Designkriterien moderner Klemmen berücksichtigt.

Die Kontaktplatten sind berührungssicher in einen Verbinderkörper aus Kunststoff eingebettet, womit Materialkosten gesenkt und gleichzeitig die Arbeitssicherheit erhöht wird. Direkt unterhalb der Schraubenköpfe ist zusätzlich eine Stahlplatte in den Verbinderkörper integriert. Ohne diese würde der Kunststoffkörper unter der kleinen Fläche des Schraubenkopfes zu hohen mechanischen Belastungen ausgesetzt. Dieses Design bildet bis heute die Basis für inzwischen fortschrittlichere Abzweigklemmen wie zum Beispiel die ISICOMPACT von PFISTERER, bei der die Druckplatte zugleich als Federelement ausgebildet ist.

Eine Spezifikation – viele Parameter

Die anhand der ISO-Abzweigklemme dargestellten Konstruktionsgrundsätze bilden sich in vielerlei Designregeln ab, die sich in den Spezifikationen von Herstellern und Anwendern spiegeln. Die Langzeitübertragungsfähigkeit eines Kontaktes beispielsweise wird häufig definiert über die Initialkraft, die bei der Herstellung der Verbindung einzuleiten ist, oder über die Länge der vorhandenen Kontaktlinien beziehungsweise die Fläche der realisierten Kontaktpunkte.

Eine Anwender-Spezifikation zum Beispiel fordert für eine Freiluftschaltanlagenklemme 120 N Initialkraft pro zu übertragendes Ampere bei einer Leiterkapazität von 1.000 A. Um diese zu erfüllen, muss der Hersteller diverse Einflussgrößen aufeinander abstimmen: die Schraubengröße, die für Schraube, Mutter und Unterlegscheibe verwendeten Werkstoffe, ihre Oberflächenbeschaffenheit (blank, galvanisiert, gefettet), die Steigung des Schraubengewindes, die Anzahl der Schrauben sowie das Anziehdrehmoment.



Vom Ausgangswert zur Auslegung

Diese Abstimmung erfolgt mit Hilfe tabellarisch erfasster Erfahrungswerte: Ausgehend von einer Standard-Schraube aus feuerverzinktem Stahl der Größe M12 und der Festigkeitsklasse 8,8 ergibt sich ein Nenn-Anziehdrehmoment von 80 Nm (siehe Tabelle 2), das als neutraler Faktor 8,0 in die Berechnung der Schraubverbinder-Auslegung einfließt.

Wählt man eine Aluminium-Mutter und eine A-2-Scheibe, ergibt sich für diese Materialkombination eine notwendige Initialkraft gleich Verspannkraft von 3,8 kN pro 10 Nm Anziehdrehmoment bei einem mit Vaseline gefetteten Gewinde (siehe Tabelle 3). Multipliziert man diese beiden Werte, ergeben sich 30,4 kN Initialkraft pro Schraube. Um die geforderten 120 kN zu erreichen, werden vier Schrauben eingesetzt, woraus sich 121,6 kN ergeben und womit die Spezifikation erfüllt ist.

Feintuning und Innovation

Anders, wenn der Anwender die Verwendung von Schrauben der Stahlgruppe A2 oder A4 und der Festigkeitsklasse 80 fordert. Diesen wird ein durchschnittliches Anziehdrehmoment von 75 Nm zugeordnet (Tabelle 2). Damit würden vier Schrauben bei gleichem Mutter- und Scheiben-Material, also bei gleicher Verspannkraft von 3,8 kN pro 10 Nm Anzugsdrehmoment (Tabelle 3), „nur“ 114 kN erreichen.

Für einen erfahrenen Konstrukteur kein Problem, denn jede Einflussgröße birgt Spielraum. In diesem Fall ließen sich die fehlenden 6 kN beispielsweise über eine andere Fettung realisieren, die das Anziehdrehmoment noch effizienter als Vaseline in die benötigte Verspannkraft umwandelt. Der Anspruch von innovativen Herstellern geht jedoch darüber hinaus: Ihre Verbinder der jüngeren Generationen realisieren neben den hier genannten Grundsätzen noch mehr Wirtschaftlichkeit bei höherer Arbeitssicherheit und größerer Flexibilität in der Anwendung.

Kontaktkräfte durch Schrauben

Schraube	Fettung	Kraft in kN bei Drehmoment	
		56 Nm	80 Nm
A2 F70	ohne	21,8	28,6
A2 F70	Vaseline	19,8	27,4
A2 F70	M 50 G	29,3	39,6
8.8 tzn	ohne	17,1	25,7
8.8 tzn	Vaseline	24,8	31,7
8.8 tzn	M 50 G	21,9	32,1
8.8 gal, verz.	ohne	18,9	22,9
8.8 gal, verz.	Vaseline	32,5	47,0
8.8 gal, verz.	M 50 G	29,4	43,0

Tabelle 1 offenbart Details mit großer Wirkung: Wird bei einer Schraubverbindung das Einfetten der Schraube unterlassen oder falsch ausgeführt, kann das eingeleitete Drehmoment nicht in ausreichendem Maße in die notwendige Kontaktkraft umgesetzt werden. Folge: Kraftverluste um bis zu mehr als 50%.

Anziehdrehmomente

Gewinde

Anziehdrehmomente für Schrauben-Werkstoff in Nm

Gewinde	Anziehdrehmomente für Schrauben-Werkstoff in Nm	
	Unlegierte oder legierte Stähle feuerverzinkt (tZn) Festigkeitsklasse 8.8 $R_{P 0.2 \text{ MIN.}} = 640 \text{ N/mm}^2$	Rost- und säurebeständige Stähle, Stahlgruppe A2 oder A4 Festigkeitsklasse 80 $R_{P 0.2 \text{ MIN.}} = 600 \text{ N/mm}^2$
M 6	9,5	9
M 8	23	22
M 10	46	43
M 12	80	75
M 14	125	120
M 16	195	180
M 18	280	260
M 20	390	370

Tabelle 2 erfasst Anziehdrehmomente für verschiedene Schrauben-Werkstoffe.

Verspannkkräfte in kN für je 10 Nm Anzugsmoment, Gewinde mit Vaseline gefettet

Schraube	Mutter	Scheibe	M8	M10	M12	M16
St tzn	St	St tzn	4,5	3,6	3,0	2,3
St tzn	Al	St tzn	4,8	3,8	3,2	2,5
St tzn	Al	A2	5,7	4,5	3,8	2,9
St tzn	Cu/Rg/Ms	St tzn	4,5	3,6	3,0	2,3
A2/A4	St	A2/A4	4,3	3,4	2,9	2,2
A2/A4	A2/A4	A2/A4	4,1	3,3	2,8	2,1
A2/A4	Al	A2/A4	4,3	3,4	2,9	2,2

Tabelle 3 enthält für ausgewählte Materialkombinationen die Verspannkkräfte in Abhängigkeit vom Anzugsmoment.

Große Kabel. Hohe Spannung. Im Griff mit SICON.

SICON-Schraubverbinder werden im Hochspannungsbereich und bei großen Kabelquerschnitten vermehrt eingesetzt. Aus guten Gründen: das neuartige Anschlusskonzept bietet zahlreiche Anwendungsmöglichkeiten und Vorteile gegenüber der Press-technik. Dies überzeugt nicht nur Anwender und Monteure. Auch andere Hersteller von Kabelgarnituren setzen SICON als Standard-Komponente ein.

Wer große Kabelquerschnitte per Presstechnik verbindet, kennt die Tücken dieser Konstellation: Je größer der Querschnitt umso größer und schwerer die Pressaggregate und Presswerkzeuge, letztere bringen bis zu 100 kg auf die Waage. Ihre Handhabung auf der Baustelle ist entsprechend mühsam: Beim Verpressen von Endverschlüssen werden die Pressgeräte häufig mit einem Kran auf die Masttraverse gehievt. Bei unterirdischen Arbeiten wird es regelmäßig an zwei Stellen eng: Kabelgräben bieten kaum Bewegungsraum, ebenfalls knapp sind die Ansatzpunkte für das Presswerkzeug.

Mehrfach vorteilhafte Alternativen gibt es von PFISTERER, zum Beispiel SICON-Schraubanschlussbolzen für Kabelendverschlüsse sowie SICON-Verbinder für unter- und oberirdische Kabelverbindungen. Die SICON-Verbinder sind so an handelsübliche Muffen angepasst, dass ihr Außendurchmesser dem der Kabelisolierung entspricht. Vorteile daraus: Die Muffe lässt sich leichter über die Verbindungsstelle schieben. Außerdem können Steuerteile entfallen. Diese dienen der Abdeckung von scharfen Kanten, die beim Verpressen entstehen, und damit der Feldsteuerung sowie dem Schutz des Muffenkörpers.

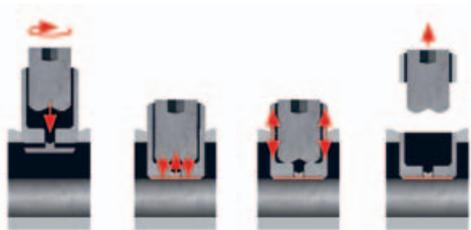
Aufgrund der festen Zuordnung der Presshülse zum Leiterdurchmesser gemäß Größe und Material sind Presswerkzeuge zudem weniger flexibel im Einsatz – ein Nachteil angesichts der Kabelvielfalt in den weltweiten Stromnetzen. Anders mit SICON-Schraubverbindern: Jede Variante bedient mehrere Leiterdurchmesser mit einem Verbinder. Und noch mehr: Mit SICON ist es PFISTERER erstmalig gelungen, definierte Kontaktkräfte unabhängig von Leitermaterial und Oberflächenbeschaffenheit zu realisieren.



SICON-Schraubanschlussbolzen kommen auch an Kabelendverschlüssen zum Einsatz.

Optimale Kraft für viele Leiter

Ein wichtiger Fortschritt: Insbesondere bei Netzerweiterung ist nicht vorhersehbar, auf welches Leitermaterial man trifft und in welchem Maß dieses an der Oberfläche oxidiert ist. Die beim Kontaktieren daraus resultierende Reibung, auch Reibbeiwert genannt, beeinflusst jedoch stark, zu welchem Anteil das aufgebrachte Drehmoment in Kontaktkraft umgesetzt wird. Für stets ausreichende Kontaktkraft setzt PFISTERER in allen SICON-Verbindern stufenlose Abreißschrauben mit angeformtem Druckteller ein.



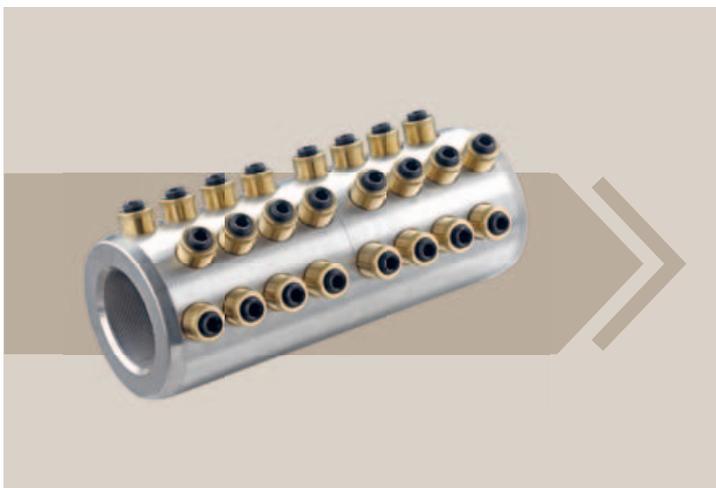
Der Druckteller bewirkt, dass sich die Schraube bei den entscheidenden letzten Umdrehungen nicht auf dem Leiter, sondern nur auf diesem Teller dreht. Effekt: Der Reibbeiwert des Leiters hat keinen Einfluss auf die erzielte Kontaktkraft. Die Reibkräfte zwischen Schraube und Druckteller wiederum sind eine für den Hersteller bekannte Größe, da über Material und Fettung vordefiniert. So lässt sich über die Konstruktionsparameter der Schraube die Kontaktkraft in Abhängigkeit vom Drehmoment sehr genau einstellen. Dank der stufenlosen Ausführung der patentierten SICON-Schraube, reißt diese erst ab, wenn das vordefinierte Drehmoment erreicht ist. Das Abreißen erfolgt ohne Schraubenüberstände, womit das aufwendige Abfeilen entfällt.

Hohe Akzeptanz, neue Anwendungen

Diese und weitere Vorteile begründen die hohe Marktakzeptanz von SICON. Nach über zehn Jahren erfolgreichem Einsatz im Mittelspannungsbereich hat PFISTERER das Anschlusskonzept schrittweise in Hochspannungsanwendungen transferiert. Jüngster Zugang: die standardmäßige Ausführung der IXOSIL-Muffen und -Endverschlüsse mit der nach IEC 61238 geprüften SICON-XXL-Variante für bis zu 2.500 mm². Zudem haben mit SICON ausgestattete Muffen viele kundenspezifische Typentests erfolgreich absolviert.

«Darüber hinaus bestätigen positive Kunden-Feedbacks sowie die Verwendung durch andere Kabelgarniturenhersteller das SICON-Anschlusskonzept. Und wer mitrechnet kommt zum Ergebnis: der anfängliche Mehrpreis für Schraubverbinder ist angesichts der notwendigen Investition in verschiedene Pressen und Presswerkzeuge sowie deren Wartungskosten schnell kompensiert.»

Martin Schuster, Senior Advisor bei PFISTERER



SICON-Verbinder: Leiterquerschnitte bis 2.500 mm² fasst SICON XXL für Hochspannungsmuffen.

PRAXIS-TIPP: Geeignete Schlagschrauber für SICON-Montage

Für die Montage von Schraubverbindern bevorzugen viele Anwender Schlagschrauber. Aber nicht jeder ist dafür geeignet. Denn die Kriterien für deren fachgerechten Einsatz sind zahlreich: Drehmoment, Impulsfrequenz, Akku-Kapazität, Schlagwerk und weitere. Zudem muss die Qualität der Werkzeugeinsätze stimmen.

Um die richtige Auswahl zu erleichtern, hat PFISTERER diverse Schlagschrauber auf deren Eignung geprüft. Folgende Übersicht zeigt, welche speziell für die Montage von SICON-Schraubverbindern und -Kabelschuhen freigegeben wurden, und wo man diese unter anderem beziehen kann.

Geeignete Schlagschrauber:

Schlagschrauber	Hersteller	Vertrieben z.B. von
C 18 IW	Milwaukee	PFISTERER
IT 10000-033	Hitachi	TE connectivity
ASKO Compact BTW 250 RFE	Makita	Nexans Power Accessories Germany GmbH
ASKO Compact BTW 151 RJEX	Makita	Nexans Power Accessories Germany GmbH



Mehr erfahren unter www.pfisterer.de

Dazu sollten ausschließlich Werkzeugeinsätze verwendet werden, die für den Einsatz von Schlagschraubern freigegeben sind – sogenannte Kraftschraubereinsätze. Diese unterscheiden sich von handelsüblichen „Ratscheneinsätzen“ wie folgt:

- Einteiliger Aufbau aus Spezialstahl und in einem Stück gefertigt
- Sicherheitsaufnahme: Bohrung und Kugelfangrille oder Sicherheitsring
- Innenvierkanttrieb nach DIN 3121, ISO 1174 - G 12,5 (1/2")

Und damit auch das Handling stimmt, hier zwei wichtige Montage-Hinweise von PFISTERER: Für den Fall, dass eine Schraube nicht mit motorisch angetriebenem Werkzeug abgerissen werden kann – beispielsweise weil das Werkzeug verschlissen ist oder die Leistung nicht ausreicht, gilt: Die Montage ist mit dem von Hand zu betätigenden Werkzeug zu beenden.

Ob händisch oder mit Schlagschrauber: Die Verwendung einer Steckschlüsselverlängerung ist in keinem Fall zulässig. Die Gefahr dabei: die Schraube reißt früher ab, als sie sollte. Folge: das definierte Drehmoment wird nicht erreicht und damit auch nicht die Kontaktkraft, die für die Herstellung eines lebensdauerlang zuverlässigen Kontaktes benötigt wird.



Nur bestimmte Schlagschrauber eignen sich für die Montage von Abreißschrauben.

PRAXIS- TIPP: 2DIREKT einfach und sicher montieren

Eine korrekte Montage erfordert geeignetes Werkzeug. So auch beim Anschluss von 2DIREKT-Transformatoranschlussklemmen: Beim Anziehen der Klemmschrauben muss die Trafoklemme fixiert werden. Vom Griff zur Rohrzange ist jedoch dringend abzuraten, denn sie beschädigt die Oberfläche der 2DIREKT-Klemme.

Eine einfache Lösung ist die Verwendung eines Gegenhalters aus Holz oder Kunststoff in der Schraubenöffnung; ein Hammerstiel reicht dafür meistens aus. Eine professionellere Lösung, die jeder Anwender selbst herstellen kann, hat PFISTERER gemeinsam mit einem Kunden gefunden: einen aus glasfaserfreiem Kunststoff gedrehten Bolzen (weißer Bolzen im Bild), der ideal in die Leiterbohrung passt und dadurch einfach und sicher als Gegenhalter bedienbar ist.

Die technische Zeichnung hierzu sendet PFISTERER auf Wunsch gerne zu. Einfach anfragen unter info@pfisterer.de Stichwort „2DIREKT“.



PFISTERER



Save the date 2013.

TRANSFORM:

Der internationale
Branchentreff für
Transformatorhersteller
und Anwender.

TRANSFORM Americas Cartagena de Indias

Conference and exhibition
28.–30. Juli 2013, Hilton Hotel Cartagena,
Kolumbien

TRANSFORM Abu Dhabi

Conference and exhibition
26.–28. November 2013, YAS Viceroy Abu Dhabi
Vereinigte Arabische Emirate

Wir freuen uns auf Ihre Teilnahme!
Melden Sie sich an unter www.transform.net



www.pfisterer.de

THE POWER CONNECTION

Höhere Sicherheit, leichtere Montage, weniger Fehlerrisiken: Mit der 4-Leiter-Kabel-Abzweigklemme ISICOMPACT hat PFISTERER die Abzweigtechnik grundlegend verbessert. Von diesen und neuen Vorteilen können Anwender und Monteure jetzt auch beim Abzweigen mit größeren Kabelquerschnitten profitieren – dank der neuen ISICOMPACT L.



Der Bedarf, größere Abzweige herzustellen, folgt dem steigenden Energieverbrauch und damit dem Einsatz immer größerer Kabelquerschnitte. So ist hierzulande die Konstellation 150-mm²-Hauptleiter und 150-mm²-Abzweigleiter inzwischen eine verbreitete Standard-Anwendung. Gleichzeitig haben sich immer mehr Anwender von den Vorteilen der ISICOMPACT-Kabelabzweigtechnik überzeugt. Für PFISTERER ein Signal, diese in eine Abzweigklemme für größere Kabelquerschnitte zu transferieren.

L40 für große Abzweige

Ein Ergebnis der Entwicklungsarbeit: die Variante ISICOMPACT L40. Sie ermöglicht es, von großen Hauptleitern (95–240 mm² SE/SM) große Abzweige (70–150 mm² Al SE) abzunehmen, wie sie beim Anschluss großer Wohneinheiten mit zahlreichen Verbrauchern gebraucht werden. Zudem lassen sich mit der L40-Variante Knotenpunkte im Netz montagefreundlich und sicher realisieren.

Gleichzeitig wandelt sich die Anwendung bei Standard-Hausanschlüssen: Im Zuge der Energiewende wird immer mehr Strom aus Wind- und Solaranlagen in das Netz eingespeist mit der Folge höherer Schwankungen und Spitzenwerte der eingespeisten Ströme. Daher schwenken immer mehr Energieversorger vom bisher üblichen 1-kV-Versorgungskabel mit 4 x 150-mm²-Hauptleiter zu Kabeln mit 4 x 240-mm²-Hauptleitern. Um auch hiervon kleinere Abzweige für klassische Hausanschlüsse mit der fortschrittlichen Abzweigtechnik herstellen zu können, bedurfte es ebenfalls einer neuen ISICOMPACT-Variante.

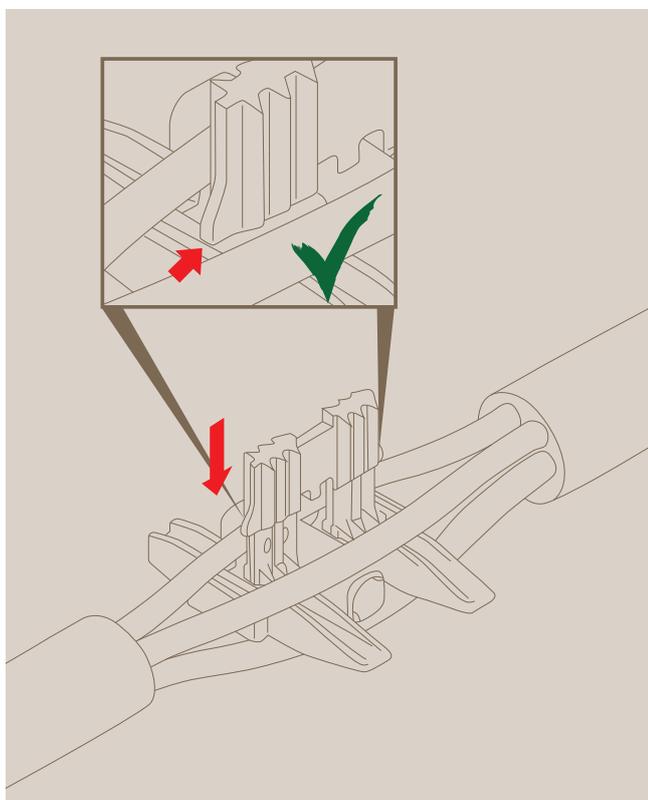
L30 für klassische Abzweige

Mit Blick auf beide Anwendungen – mit großen oder kleinen Abzweigleitern – entschied sich PFISTERER, zwei verschiedene L-Varianten zu entwickeln. Denn Abzweige bis 150 mm² müssen mit einer Kontaktkraft hergestellt werden, die beim Einwirken auf deutlich kleinere Abzweigleiter deren Beschädigung zur Folge haben könnte. Mit der neuen Variante L30 dagegen lassen sich von großen Hauptleitern (50–240 mm² SE/SM) kleinere Abzweige von 10 mm² (Cu) bis 70 mm² (alle Leitertypen) mit der optimalen Kontaktkraft herstellen.

Große Querschnitte easy abzweigen. Mit der neuen ISICOMPACT L.

ISICOMPACT L: Neue und bekannte Vorteile

Je größer, umso starrer das Kabel und umso schwieriger das Handling – normalerweise. Für das Aufweiten und Separieren der Hauptleiter liefert PFISTERER zu allen ISICOMPACT-Varianten Quer- und Fixierkeile. Neu bei den L-Varianten: Es wird ein nur noch einteiliger Querkeil gebraucht. Dieser verrastet außerdem verliersicher im Fixierkeil, was das Handling zusätzlich vereinfacht.



Wie bei der Standard-Variante M sind auch die neuen L-Varianten in allen Arbeitsschritten berührsicher gemäß IP2X. Dafür sorgt zum einen der Klemmenkörper aus Kunststoff. Zum anderen verhindern Distanzhalter, dass die Kontaktzähne vorzeitig die Isolierung der Hauptleiter durchdringen. Die Berührung von unter Spannung stehenden Teilen ist somit ausgeschlossen. Außerdem entfällt mit den neuen L-Varianten ebenfalls das Abisolieren der Abzweigleiter, da die Kontaktelemente die Isolation der Haupt- und Abzweigleiter gleichzeitig durchdringen.



Für die Montage muss nur eine zentrale Abreißmutter angezogen werden und alle vier Haupt- und Abzweigleiter sind stromfest kontaktiert und bleiben spannungsfest isoliert. Die drehmomentgesteuerte Montage per Abreißmutter sorgt für optimale Kontaktkraft und ein Abscheren des Schraubenüberstands ohne scharfkantige Bruchstellen. Für eine weitere Montageerleichterung werden bei den L-Varianten Abreißmutter mit Flügeln eingesetzt. Vorteil: Die Mutter kann manuell handfest angezogen werden, bevor man den Steckschlüssel (SW 17) ansetzt.





HV-CONNEX-Eckmuffe: Für einfache HV-Prüfungen

Für die Vor-Ort-Prüfung von HV-Kabelstrecken oder HV-Anlagen werden Prüfmuffen eingesetzt, an die einerseits das Prüfobjekt angeschlossen wird und andererseits eine Durchführung, über die die Prüfspannung zugeführt wird. Bei gerade konstruierten Prüfmuffen ergibt sich häufig eine waagerechte Anordnung der Durchführung. Nachteile: die Durchführung befindet sich zu nah am Boden; um die Schlagweiten einhalten zu können, ist ein aufwendiger Unterbau erforderlich.

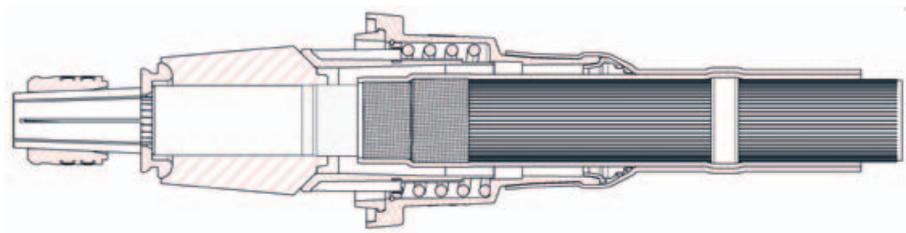
Einfacher geht es mit der HV-CONNEX-Eckmuffe für bis zu 245 kV von PFISTERER: Dank der Anordnung ihrer beiden Anschlüsse im 90-Grad-Winkel zueinander kann die Durchführung senkrecht eingesetzt und aufgestellt werden, womit Bodennähe ausgeschlossen ist und Unterkonstruktionen nicht mehr benötigt werden.

HV-CONNEX-Stecker: 3 neue Varianten für dickere Isolierungen

Das HV-CONNEX-Kabelanschluss-System folgt dem Trend zu dickeren Kabelisolierungen: Nach der Einführung von hierfür passenden CONNEX-Stecker-Varianten der Größen 2, 3 und 3-S liefert PFISTERER nun auch die Größen 4, 6 und 6-S mit angepasstem Isolierteil.

Mit der neuen CONNEX-Stecker-Variante Größe 4 können Kabel mit einem Durchmesser bis maximal 78,5 mm über Isolation und einem Leiterquerschnitt von bis zu 1.600 mm² angeschlossen werden. Diese Kabel-Konstellation ist in mehreren Weltregionen vorzufinden, so in Frankreich, in Teilen Nordafrikas und den USA.

Die neuen CONNEX-Stecker-Varianten Größe 6 decken Kabel mit einem Durchmesser bis maximal 113,5 mm über Isolation und einem Querschnitt von bis zu 2.500 mm² ab – eine Kabelführung, die insbesondere in Russland und asiatischen Ländern immer häufiger anzutreffen ist.



PFISTERER Top-Partner für Siemens

PFISTERER ist bereits seit langem ein vertrauenswürdiger Lieferant für die Siemens AG. Dieser Status als „Preferred Supplier“ wurde jüngst bestätigt durch die Aufnahme von PFISTERER in die „Forward Procurement List“ der Siemens-Top-Lieferanten, darunter viele renommierte Großkonzerne. Voraussetzungen hierfür sind unter anderem die erstklassige Qualität und strategische Bedeutung der Produkte sowie ein Key-Account-Management.

Mit der Aufnahme in die FP-Liste wird nicht allein der Lieferanten-Status bekräftigt, sondern auch die Partnerschaft zwischen Siemens und Lieferanten vertieft. So unterstützt Siemens seine Partner beispielsweise bei der Realisierung von Energieeffizienz-Maßnahmen.

SIEMENS



Norbert Fink,
Key-Account-Manager bei PFISTERER
für Siemens

2DIREKT: Berührungsschutz auch mit Kugelfestpunkt

Bei Arbeiten an Verteiltransformatoren müssen diese gemäß den fünf Sicherheitsregeln kurzgeschlossen und geerdet werden. Die Erdungs- und Kurzschleiß-Garnitur lässt sich einfach und sicher am Kugelfestpunkt (oberes Bild) anschließen, der auf die Druckschraube der 2DIREKT-Transformatoranschlussklemmen aufgesetzt ist.

Für die berührungssichere Abdeckung, einschließlich des Kugelfestpunktes, vor und nach den Wartungsarbeiten, liefert PFISTERER nun den neuen Erdungshauben-Deckel aus transparentem Kunststoff (unteres Bild) als Zubehör zur bekannten schwarzen 2DIREKT-Abdeckhaube.



Dieser lässt sich einfach mit einer Isolierstange aus sicherer Distanz so öffnen, dass man den heraus ragenden Kugelfestpunkt für den Anschluss der Erdungsvorrichtung von allen Seiten her einfach erreicht.

Sobald die Wartungsarbeiten abgeschlossen sind, lässt sich der Erdungshauben-Deckel ebenso einfach mit der Isolierstange wieder schließen und alle Spannung führenden Teile des 2DIREKT-Transformatoranschlusses sind inklusive Kugelfestpunkt im Betrieb berührungssicher abgedeckt.





Save the date 2013. TRANSFORM campus: All about transformers.

6. bis 7. Juni 2013, Scandic Hotel Berlin

Inhalte des Seminars

- Fachwissen über Energienetze und Transformatoren, aus erster Hand vermittelt von Praktikern
- Aufbau und Komponenten eines Transformators
- Prüfung und Überwachung von Transformatoren
- Fragen und Antworten in offener Diskussion

HIGH VOLTAGE: Eindrucksvolle Präsentation und Tests von Hochspannungstransformatoren in Zusammenarbeit mit der Technischen Universität Berlin.

Zielgruppe

- Junge Ingenieure
- Ingenieure und Techniker, die mehr über Prüfung, Funktion und Komponenten eines Leistungstransformators erfahren möchten

TRANSFORM campus und CWIEME

Erfahren Sie alles über Transformatoren und besuchen Sie in derselben Woche die CWIEME Berlin, die weltweite größte Messe rund um den Transformatorenbau.

Wir freuen uns auf Ihre Teilnahme!

Melden Sie sich an unter www.transform.net

Die Seminarsprache ist Englisch.

