

Steckbare Anschlusstechniken mit HV-CONNEX an gekapselten Betriebsmitteln in der Hochspannungstechnik bis $U_m = 245 \text{ kV}$

Von Dipl.-Ing. Martin Schuster, Geschäftsführer der
PFISTERER Kontaktsysteme GmbH, Winterbach

Einführung

Zusammenfassung: Seit 1996 sind kompakte und trockene Steckanschlusssysteme verfügbar, um Baureihen von Transformatoren, Muffen und gasisolierten Schaltanlagen mit einer adäquaten Anschlusstechnik in platzsparender, sicher und schnell zu montierender Weise mit VPE-isolierten Hochspannungskabelstrecken zu verbinden. Weltweit sind mehr als 2000 dieser steckbaren HV-CONNEX-Systeme in Kabelnetzen bis $U_m = 145 \text{ kV}$ in Betrieb. Das HV-CONNEX-Kabelanschlusssystem wurde zur Größe 6-S weiterentwickelt, um Kabelstrecken bis zur Spannungsebene $U_m = 245 \text{ kV}$ und Kabelquerschnitte bis maximal 1600 mm^2 steckbar anzuschließen. Die kompakten HV-CONNEX-Systeme, bestehend aus vorgefertigten und geprüften Komponenten, tragen mit kurzen Montagezeiten, einfachen Arbeitsabläufen und großer Montagesicherheit zu einer sicheren Verbindungstechnik in der Hochspannungsebene bei.

Vorteile

Die Vorteile der steckbaren HV-CONNEX-Kabelanschlusssysteme gegenüber den herkömmlichen nassen SF₆-Endverschlüssen sind:

- die einfache Montage und Demontage.
- die Steckbarkeit des HV-CONNEX-Systems erlaubt im Fehlerfalle das schnelle und einfache Trennen des Kabels von dem Anlagenteil.
- eine deutlich verkürzte Einbaulänge um 50 % gegenüber der herkömmlichen Bauart.
- gasisierte Schaltanlagen und Transformatoren können nun bis zur Spannungsebene 245 kV mit den HV-CONNEX-Geräteanschlusssteilen werksseitig ausgerüstet, geschlossen, geprüft und anschlussfertig ausgeliefert werden.
- am Einsatzort entfällt bei der Kabelmontage gegenüber dem nassen IEC-Anschluss 60859 das Öffnen des Kabelanschlussraumes mit den aufwendigen Gas- bzw. Ölarbeiten. Das Geräteanschlusssteil ist bereits werksseitig installiert.
- da die HV-CONNEX-Kabelanschlusssysteme auf der Basis fester Isolierstoffe arbeiten, sind beliebige Anordnungen im Raum realisierbar: d.h. es sind horizontale, vertikale als auch geneigte Anordnungen von oben und unten möglich. Somit können bei GIS und Trafo bisher unbekannte Geometrien von Montagefenstern für die Kabelanschlüsse angewandt werden.
- die Montagezeiten verringern sich erheblich gegenüber dem konventionellen Anschluss, da das HV-CONNEX-Kabelanschlusssystem gänzlich auf flüssige Isolierstoffe verzichtet.

- geräteseitig bleibt der Gas- oder Ölraum durch die bereits werksseitig installierte Buchse am Einsatzort geschlossen.
- die Verwendung von vorgefertigten und geprüften Komponenten bringt ein Höchstmaß an Sicherheit und Zuverlässigkeit.
- Montagefehler werden minimiert, da mit dem HV-CONNEX-Kabelanschlusssystem eine Verbindungstechnik zwischen Kabel und Anlagenteil zum Einsatz kommt, die einer innovativen Hochspannungstechnik gerecht wird.
- Aufgrund der steckbaren, geschlossenen, verkürzten und nun beliebig anzuordnenden Kabelanschlussräume können in zukünftigen Generationen von gasisierten Schaltanlagen und Transformatoren gänzlich neue Konzepte realisiert werden.

Obige Vorteile wurden weltweit bei der Montage und dem Betrieb von bisher mehr als 2000 HV-CONNEX-Kabelanschlusssystemen eindrucksvoll unter Beweis gestellt. Der Nachfrage entsprechend, entwickelte die Firma PFISTERER Kontaktsysteme das HV-CONNEX-Kabelanschlusssystem der Größe 6-S [1]. Dieses System, ebenfalls bestehend aus vorgefertigten und geprüften Komponenten, trägt mit sehr kurzen Montagezeiten, einfachen Arbeitsabläufen und der großen Montagesicherheit zu einer sicheren Verbindungstechnik in der Hochspannungsebene bis 245 kV und Kabelquerschnitte bis maximal 1600 mm² bei. Der Ersteinsatz erfolgte in Cartagena/Spanien bei einem Kabelquerschnitt von 1000 mm².

Design des Kabelanschlusssystems

Das HV-CONNEX-Kabelanschlusssystem dient zum Anschluss von VPE-isolierten Kunststoffkabeln an elektrische Betriebsmittel wie gasisierte Schaltanlagen (GIS), Transformatoren (Trafo) und Muffen. Wie bei den bekannten Mittelspannungskabelgarnituren üblich [2], besteht es aus einem kabel- und einem geräteseitigen Bauteil (**Bild 1**).

2.1 Komponenten

Das Geräteanschlusssteil ist das geräteseitige Bauteil der Anlage. Sie ist eine mit einer konischen Öffnung, dem Innenkonus, versehene elektrische Durchführung, welche in die SF₆-gasisierte Schaltanlage (GIS), den Transformator oder eine steckbare Abzweigmuffe im Hochspannungsnetz eingebaut ist. Sie besteht aus dem Isolierkörper aus Gießharz und der Kontaktbuchse (**Bild 1, Pos. A**). Im Bereich der Kontaktbuchse ist eine Feldsteuerung in die Gießharzbuchse integriert.

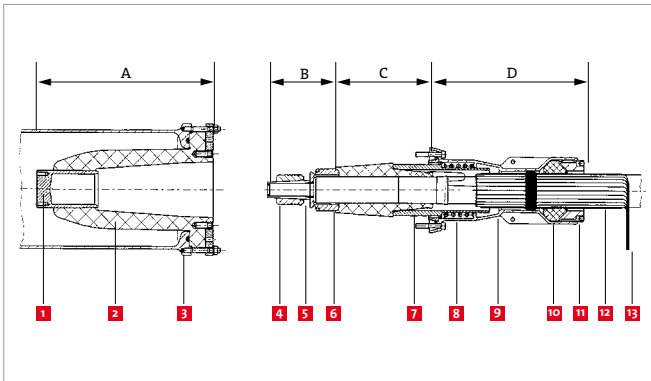


Bild 1: Aufbau HV-CONNEX-Kabelanschlusssystem

A Kontaktsystem

- 1 Kontaktring
- 2 Spannkonus
- 3 Druckstück

B Isolier- und Absteuerteil

C Gehäuse

- 4 Flanschglocke
- 5 Druckhülse
- 6 Druckfeder
- 7 Schrumpfschlauch
- 8 Messleitung (je nach Ausführung)
- 9 Kabelschirm

D Geräteanschlusssteil

- 10 Kontaktbuchse
- 11 Isolierbuchse
- 12 Gehäuse

Das Kabelanschlussteil ist das kabelseitige Bauteil. Dieses stellt ein axial auf dem abgesetzten Kabelende angeordnetes, koaxial aufgebautes System dar, dessen Bauteile durch ein metallisches Gehäuse gehalten werden. Es besteht aus dem Kontaktsystem, dem Isolier- und Absteuerteil und dem Gehäuse (**Bild 1, Pos. B, C, D**). Das Kontaktsystem seinerseits besteht aus dem Kontaktring, dem Spannkonus sowie dem Druckstück (Pos. B). Das Isolier- und Absteuerteil (Pos. C) wird aus hochflexiblem Silikon hergestellt. Seine Aufgabe ist die Steuerung des elektrischen Feldes am abgesetzten Kabelende und die Sicherstellung der elektrischen Fugenfestigkeit. Das Gehäuse besteht aus der Flanschglocke, der Druckhülse und der Druckfeder (Pos. D). Nach der Montage mit dem Kabelende wird das Kabelanschlussteil in das Geräteanschlusssteil gesteckt und anschließend verschraubt. Hierbei wird eine dauerhafte mechanische und elektrische Verbindung hergestellt, die allen hochspannungstechnischen,

kontakttechnischen, thermischen und mechanischen Anforderungen gerecht wird.

2.2 Mechanische Funktionsweise

Das Kabelanschlussteil wird im montierten Zustand durch die Auflager A und B fixiert (**Bild 2**), somit werden im Betrieb auftretende mechanische Belastungen aufgenommen.

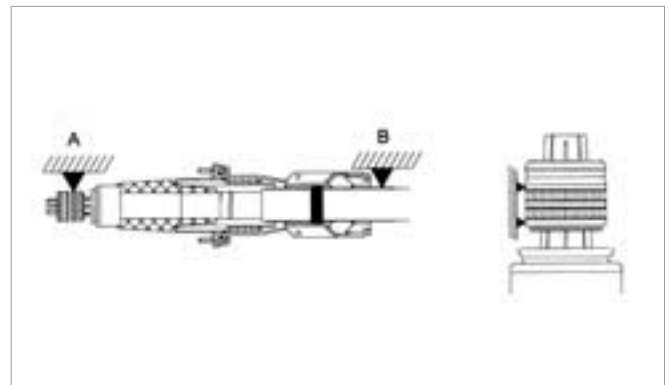


Bild 2: Mechanische Funktionsweise

Das Isolier- und Absteuerteil mit seinen dielektrischen Funktionen ist somit frei von diesen mechanischen Belastungen. Gleiche Aussagen gelten für das Kontaktsystem. Während des Steckvorgangs übernehmen die Ringauflagen im Kontaktring die automatische Zentrierung des Kabelanschlussteils. Anschließend dienen Sie als statische Fixierung innerhalb der Kontaktbuchse. Die hochstromfesten Lamellenkontakte sind von diesen mechanischen Belastungen entkoppelt und somit erfolgt die Stromübertragung immer im definierten Arbeitsbereich.

Ausschlaggebend für die Funktionssicherheit dieses Steckanschlusssystem sind die langzeitkonstanten Eigenschaften der sogenannten elektrisch beanspruchten Fugen [3]. Diese Fugen übernehmen hier die Funktion von Kriechweg und Schlagweite. Beim HV-CONNEX-Kabelanschlusssystem sind die beiden Fugen, Kabel – Isolierteil und Isolierteil – Gießharzbuchse, parallel angeordnet.

2.3 Dielektrische Funktionsweise

Die Aufgabe der Druckfeder ist die Sicherstellung der notwendigen Anpresskraft in den elektrisch beanspruchten Fugen, unabhängig von Parametern wie Kabeltoleranz und Wärmedehnung. In **Bild 3** sind die drei Kraftkomponenten dargestellt, die ihre Beiträge zu dem resultierenden Druck an

der beanspruchten inneren Fuge liefern: die Federkraft (F_F), die Steckkraft (F_S) und die Vorspannkraft (F_V).

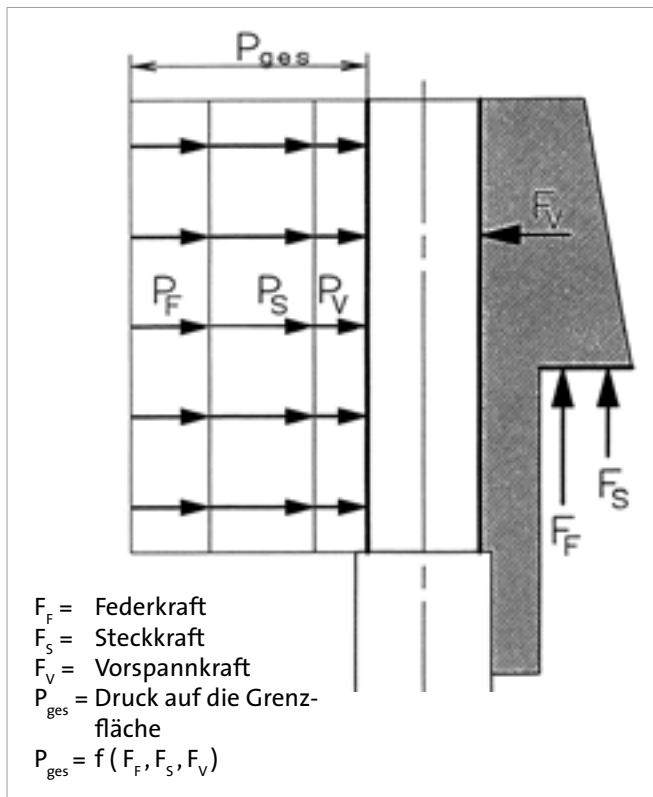


Bild 3: Kraftkomponenten zur Sicherstellung der Fugenfestigkeit

Die Steckkraft entsteht durch das Zusammenfügen der konischen Anordnung, bestehend aus dem Isolierteil aus Silikon und dem Anschlussstück aus Gießharz. Die Vorspannkraft ergibt sich aus dem Durchmesserunterschied des geschälten Kabels zur Bohrung des Isolierteils. Die Federkraft entsteht durch das Spannen der integrierten Spiralfeder beim Anschrauben der Flanschglocke und stellt den Ausgleich von Kabeltoleranzen und Volumenänderungen durch Temperaturspiele, unabhängig von den zusätzlichen aufgebrauchten Kräften wie Steckkraft und Vorspannkraft sicher. Die elektrische Festigkeit der Fuge wird ab einem bestimmten Anpressdruck nicht mehr verbessert [4]. Andererseits führt ein abnehmender Anpressdruck nicht zum proportionalen Zusammenbruch der Fugenfestigkeit, wenn sich der Arbeitsbereich an der Fugenhysterese orientiert [5]. Zur Feldsteuerung im Bereich des abgesetzten Kabelendes dient im Isolierteil eine geometrischkapazitive Feldsteuerung mit Potenzialanbindung an die äußere Leitschicht des Kabels (Bild 4). Eine Hochspannungselektrode zur Feldsteuerung ist im Bereich

des Kontaktsystems in dem geräteseitigen Anschlussstück integriert. Bei der Anpassung des Isolier- und Absteuerteils an das projektbezogene Kabel finden folgende Kriterien besondere Berücksichtigung:

- Aufrechterhaltung des Anpressdrucks in den elektrisch beanspruchten Fugen und der Geometrie des Steuer-elementes in allen betrieblichen Belastungen [3].
- optimierte Kontur des integrierten Feldsteuer-elementes unter Berücksichtigung der Kabelgeometrie und der möglichen radialen und axialen Bewegungen der Kabelader.
- die Güte der Oberflächen in den elektrisch beanspruchten Fugen, speziell auch am abgesetzten Kabelende [7]. Langzeitkonstante Eigenschaften der bei der Montage verwendeten Gleitpaste [3].

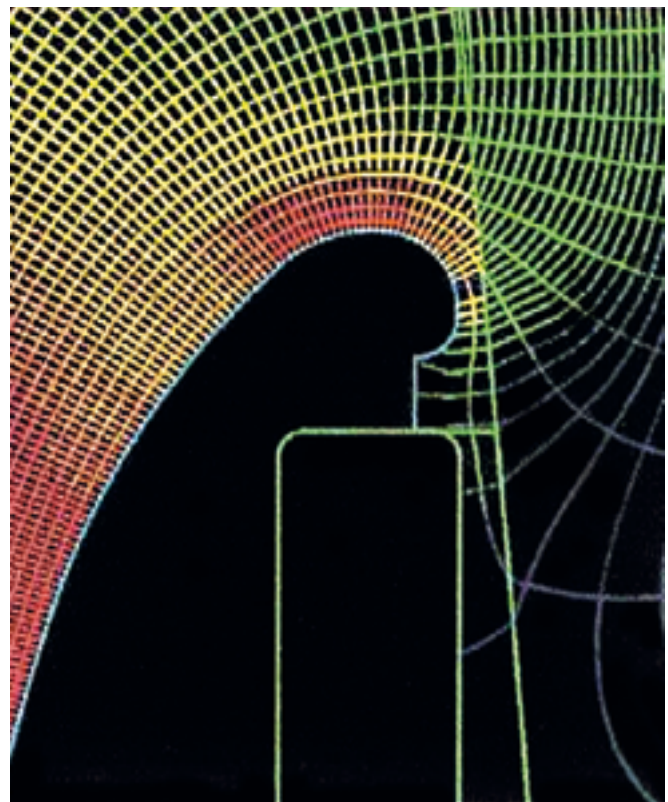


Bild 4: Darstellung Feld- und Äquipotenziallinien im Bereich des Deflektors

Anwendungen

Im Zeitraum Mitte der 80er bis Mitte der 90er Jahre hat sich der MV-CONNEX-Innenkonus-Steckanschluss von SF₆ isolierten Leistungsschaltanlagen in der Mittelspannung durchgesetzt [2]. Die bereits ausführlich beschriebenen Vorteile haben sich in der Praxis voll bestätigt. Dies hat sicherlich zu der großen, weltweiten Verbreitung des HV-CONNEX-Kabelanschlussystems beigetragen, z. Zt. sind weltweit mehr als 1.000.000 Systeme in der Mittelspannung im Einsatz.



Bild 5: GIS Siemens Typ 8DNg mit Kabelanschlusssystem HV-CONNEX und IEC-Verlängerungsadapter

3.1 Gasisolierte Schaltanlagen

Vor mehr als 10 Jahren wurde der Anwendungsbereich auf die Spannungsebenen 52 kV und 72,5 kV ausgedehnt. 1996 wurden erstmals im Spannungsbereich U_m = 145 kV GIS-Anlagen mit dem HV-CONNEX-Kabelanschlusssystem ausgestattet und in Betrieb gesetzt. Die Adaption an herkömmliche GIS-Anlagen erfolgt mit einem IEC-Verlängerungsadapter in dem konventionellen Kabelanschlussbaustein (**Bild 5**). Neue kompakte Anlagengenerationen sind bereits standardmäßig mit den verkürzten Kabelanschluss-Bausteinen zur Aufnahme



Bild 6: GIS Typ EH7M mit verkürztem Kabelanschlussbaustein (Werkbild VA TECH)

der modernen HV-CONNEX-Kompaktendverschlüsse ausgerüstet (**Bild 6**).

3.2 Transformatoren

Ein großer Teil der in Betrieb befindlichen Trafos für 110 / 20 kV ist analog zu obiger Beschreibung im Verlauf der letzten 10 Jahre unterspannungsseitig mit Mehrfach-Winkelanschlusssteilen zum Anschluss mit Innenkonus Kabelanschlusssteilen ausgestattet worden. Mit diesem HV-CONNEX-System werden auch auf der Oberspannungsseite die



Bild 7: HV-CONNEX-Kabelverbindung: Trafo - E-Spule-Trafo Siemens-PCK Schwedt

Vorteile der berührungssicheren vollgekapselten steckbaren Kabelanschlussstechnik angewendet und nahezu alle denkbaren Anwendungsfälle abgedeckt (**Bild 7**).

Durch den Einbau von zwei Geräteanschlussteilen ist die Möglichkeit für den seitlichen nach unten führenden Kabelanschluss gegeben. Die nach oben angeordnete Buchse wird im Normalfall durch einen Blindstecker spannungsfest ver-



Bild 8: HV-CONNEX-Prüf- und Übergangsanschlusssteil, überspannungsseitig am Leistungstrafo (Trafo SGB Regensburg)

schlossen. Im Bedarfsfalle ist hier eine Erdungsmöglichkeit vorhanden. Bei der Notwendigkeit einen derartigen Trafo mittels Freileitung anzuschließen, kann ein HV-CONNEX-Steckisolator in Freiluftausführung eingesetzt werden (**Bild 8**).

Der nach unten führende Kabelanschluss wird dann mit dem Blindstecker verschlossen. Mit diesem Steckisolator können zusätzlich sowohl im Werk als auch vor Ort sehr einfach Spannungsprüfungen an Transformatoren, die mit HV-CONNEX-Geräteanschlusssteilen ausgestattet sind, durchgeführt werden.

3.3 Steckbare Muffen

Mit dem HV-CONNEX-Kabelanschlusssystem lassen sich mit wenigen Bauteilen steckbare Muffen für verschiedene geometrische Kabelkonfigurationen realisieren. Vorteil dieser Muffen ist es, dass der sogenannte Muffenkörper eine Einheit ist; der vollständig in der Fabrik hergestellt und geprüft wurde. In **Bild 9** ist eine derartige steckbare Abzweigmuffe in ihrem Aufbau dargestellt.

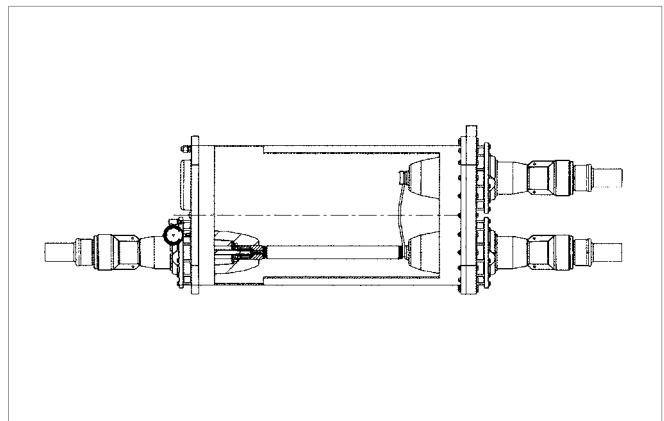


Bild 9: Schnittbild gasolierte steckbare HV-CONNEX-Abzweigmuffe $U_n = 145 \text{ kV}$



Bild 10: Kabelmontage vor dem Stecken in HV-CONNEX-T-Abzweigmuffe bei Betchatow (Polen)

Derartige Lösungen bieten enorme Vorteile, wenn während einer Bau- und Umbauphase Kabel mehrfach umgelegt werden müssen und dann die einfache Steckbarkeit voll zum Tragen kommt. Aber auch für die Realisierung von neuen und kostengünstigen Netzkonfigurationen können solche Muffen Anwendung finden. Mittels einer solchen Muffe kann z.B.:

- ein zweiter Abgang an ein GIS-Feld angeschlossen werden
- ein Ringkabel getrennt und eine Anlage mit Transformator eingebunden werden
- ein durch einen Fehler beeinflusstes Kabel getrennt und erneut verbunden werden
- ein zusätzlicher und einfacher Zugang für Kabelprüfungszwecke geschaffen werden. Jeder Kabelstrang kann mit den anderen Kabeln getestet werden.

3.4 Hilfsmittel für Vor-Ort-Prüfungen

Für die Durchführung von Vor-Ort-Prüfungen stehen Prüfkabel (Endverschluss – Kabel – steckbares Kabelanschlussstück) oder der steckbare Prüfadapter, sowie die Blindstecker zum spannungsfesten Verschließen der Geräteanschlussstücke zur Verfügung. Zusätzlich ist auch eine Prüfmuffe verfügbar, ausgestattet mit zwei intern verbundenen Geräteanschlussstücken (**Bild 11**).

Normung

In der IEC 60859 sind die Abmessungen und Befestigungen für den Kabelanschluss festgelegt. 1995 begann bei IEC TC 17 die Überarbeitung obiger Norm. Änderungen für nasse Endverschlüsse als auch eine neue Norm für trockene steckbare Kabelanschlüsse wurde aufgenommen. Hier sind die Besonderheiten der Steckanschlüsse bezüglich der Gehäuseabmessungen festgelegt. Die zwei wesentlichen Unterschiede zu den nassen Endverschlüssen sind die deutlich verkürzte

Prüfungen

Im Verlauf der Entwicklung des Systems wurden eine Vielzahl von Prüfungen durchgeführt. Schwerpunkt waren hierbei die elektrische Prüfungen zur Optimierung der Fugenfestigkeit



Bild 11: Prüfmuffe mit steckbarem Prüfadapter.

Ein Geräteanschlussstück für den Kabelanschluss des Betriebskabels, das andere Geräteanschlussstück für den Kabelanschluss des Prüfkabels oder des Prüfadapters. Mit diesem Bauteil kann das vorbereitete Kabel kurz vor dem Einstecken in das anzuschließende Betriebsmittel in Verbindung mit dem Prüfkabel oder Prüfadapter den vorgesehenen Spannungsprüfungen unterzogen werden.

Baulänge des in die Anlage hineinragenden Isolators und dessen werksseitiger Einbau in der Fabrik des GIS- bzw. Trafos Herstellers. Damit wird bereits bei der Ausgangsprüfung der GIS bzw. des Trafos auch der Anschlussbereich einschließlich des Isolators geprüft. Diese wesentlichen Unterschiede reduzieren weitgehend Baumaßnahmen und Installationsaufwand auf der Baustelle für den trockenen Kabelanschluss.

unter Berücksichtigung von Montagetoleranzen und zur Optimierung der Feldsteuerung im Hinblick auf die Belastung mit Stoßspannung. Parallel wurden Erwärmungsprüfungen

zur Nachbildung des Alterungsprozesses und zur Simulation des möglichen Kabelschrumpfes vorgenommen. Die dielektrische Festigkeit des Systems wurde mit eindrucksvollen Werten für die Wechsel- und Gleichspannungsfestigkeit nachgewiesen. Auch thermischen Lastwechsel unterschiedlicher Intensität und Dauer konnten die Spannungsfestigkeit

der Prüfanordnung nicht beeinträchtigen. Besonders zu erwähnen ist, dass während dieser speziellen Prüfreihe auch das Verhalten unter Kurzschlussströmen und mehrmaliges Ein- und Ausstecken untersucht wurden. Grenzfestigkeitsuntersuchungen wurden am akkreditierten Labor des IEH in Karlsruhe ausgeführt [6].

Qualitätssicherung

Der Kern des Stecksystems ist das Isolier- und Absteuer- teil, welches projektbezogen auf das entsprechende Kabel angepasst ist. Silikonkautschuk ist seit Jahren in der Hochspannungstechnik im Einsatz und bietet herausragende Eigenschaften in der Isolationsfestigkeit, der Dauertemperaturbeständigkeit, der Resistenz gegenüber chemischen als auch physikalischen Einflüssen, der Flexibilität sowie

der Prozesssicherheit [4,7]. Höchste Qualitätsanforderungen werden an die zum Einsatz kommenden Komponenten gestellt. Diverse Mess- und Prüfsysteme wurden eigens entwickelt, um die Parameter einzelner Prozessschritte in der Fertigung zu prüfen und zu dokumentieren. Die Stückprüfung der Elemente erfolgt im Werk direkt im Anschluss an den Herstellungsprozess.

68

Betriebserfahrungen

Seit August 1996 sind weltweit mehr als 2000 der HV-CONNEX-Gr.-5-S-Kabelanschlussysteme am Netz und störungsfrei in Betrieb. Diese fanden sowohl bei der Realisierung von T-Abzweigmuffen, als auch im klassischen Fall des Kabelanschlusses an gasisolierten Schaltanlagen und Transformatoren ihren Einsatz [8,9]. In Deutschland sind z.B. mehrere Installationen steckbarer HV-CONNEX-Gr.-5-S-Systeme sowohl an gasisolierten Schaltanlagen und Leistungstransformatoren bei den Stadtwerken Düsseldorf in Betrieb. Die Installation erfolgte dort mit dem betriebseigenen Montagepersonal. Auch hier wurden die enormen Zeitvorteile bei der Installation eindrucksvoll bestätigt.

Zusätzlich sind die betriebsbedingten Vorteile bei eventuellen Störungen zu nennen, da nun das eigene Montagepersonal unmittelbar nach dem Eintreffen im Umspannwerk mit dem Lösen der steckbaren Kabelanschlusssteile bei den Netzverbindungen beginnen kann, ohne in den Gas- oder Ölraum der Betriebsmittel eingreifen zu müssen.



Bild 15: Stecken des HV-CONNEX-Kabelanschlussystems in T-Joint bei BPSB Xian (China)

Zusammenfassung und Ausblick

Die herkömmlichen nassen Einbauendverschlüsse mit ihrem hohen Montageaufwand werden mittelfristig durch die neuen trockenen und steckbaren SIR-Kabelanschlussysteme nach IEC 60859 ersetzt werden. Dies geschieht aufgrund der gravierenden Vorteile dieser steckbaren Anschlusstechnik sowohl in der Installations- als auch während der Betriebsphase [8,9].

Mit den neuen HV-CONNEX-Kabelanschlussystemen sind kompakte SIR-Steckanschlussysteme für VPE-Hochspannungskabel bis zur Spannungsebene $U_m = 245$ kV realisiert, die sich durch folgende Merkmale gegenüber den konventionellen nassen Endverschlüssen unterscheiden:

- einfache Montage und Demontage
- kompakte Bauweise
- um 50 % verringerte Einbaulänge
- schnelle und sichere Montage
- Steckbarkeit

- werksseitig komplett geprüfte Komponenten
- Verzicht auf flüssige Isolierstoffe
- Verzicht auf Öffnen des Kabelanschlusses der Anlage
- beliebig anzuordnende Kabelanschlussräume
- im Fehlerfalle schnelles und einfaches Trennen des Kabels vom Anlagenteil

und dadurch eine kundenorientierte, zukunftsweisende und wirtschaftliche Lösung bieten.

Ein Höchstmaß an Qualität sowie die Kombination von bewährten Konstruktionsmerkmalen mit neuesten technischen Entwicklungen garantieren auch für die HV-CONNEX-Kabelanschlussysteme der Größe 6-S bis $U_m = 245$ kV diese hohe Verfügbarkeit, den sicheren Betrieb und die lange Lebensdauer, wie die bisherigen Betriebserfahrungen von weltweit mehr als 2000 installierten HV-CONNEX-Systemen belegen.

Referenzen

- [1] Prüfbericht IEH Nr. 2000-87/D
- [2] Bachmeier, A.; Schuster, M.: Kabelanschlussysteme für metallgekapselte elektrische Betriebsmittel im Mittelspannungsbereich: 7,2 kV bis 52 kV ew Jg. 87, H. 16/17, S. 783 – 786
- [3] Joint Task Force 21/15 Interfaces in accessories for extruded HV and EHV cables cigre August 2002
- [4] Oesterheld: Dielektrisches Verhalten von Silikonelastomer-Isolierungen bei hohen elektrischen Feldstärken. VDI Fortschrittsberichte Nr. 196 Reihe 21
- [5] Benken: Über die elektrische Festigkeit von Fugen zwischen festen Isolierstoffen. ETZ-A Bd. 89/1968, H. 15, S. 356-361
- [6] Prüfbericht IEH Nr. 9853
- [7] Kunze: Untersuchungen an Grenzflächen zwischen Polymerwerkstoffen unter elektrischer Hochfeldbeanspruchung in der Garniturentechnik VPE-isolierter Hochspannungskabel Shaker Verlag Aachen 2000
- [8] Deister, P. F.: Steckanschlussysteme in der Hochspannungstechnik IEH-Prüftechnik Millennium Symposium 2000
- [9] Deister, P. F.; Schuster, M: HV-CONNEX CABLE TERMINATION SYSTEMS FOR XLPE HIGH VOLTAGE CABLES CICED Shanghai 2000