

بروشور فنی TB 930 – مجله الکترا 333

کمیته مطالعاتی پستهای فشار قوی

بررسی قابلیت اطمینان اجزای باسبار پست

B3

Substations and electrical installations



cigre

Iran



گزارش شماره ۵

در بخش اول این بروشور فنی، به اهمیت حیاتی قابلیت اطمینان کانکتورها و اتصالات در پستهای برق پرداخته می‌شود. این بخش تاکید می‌کند که در دسترس بودن و عملکرد صحیح کانکتورها بخش جدایی‌ناپذیر از قابلیت اطمینان کل پست برق است. قابلیت اطمینان هر کانکتور تحت تاثیر عوامل مختلفی از جمله بارگذاری، شرایط محیطی و پدیده‌های پیری قرار دارد که منجر به تنش‌های مختلفی می‌شود که کانکتور باید در طول عمر مورد انتظار خود تحمل کند. نکته قابل توجه این است که خرابی حتی یک اتصال می‌تواند منجر به قطع تامین انرژی در کل پست یا شبکه محلی شود.

در بخش دوم که مفصل‌ترین بخش این بروشور است، اصول فیزیکی و مکانیزم‌های تخریب اتصالات الکتریکی به طور عمیق مورد بررسی قرار می‌گیرد. این بخش با معرفی انواع روش‌های اتصال شامل اتصالات پیچی، پرسی و جوشی آغاز می‌شود. در اتصالات پیچی، نیروی تماس توسط پیچ‌ها تامین می‌شود. در اتصالات پرسی، اتصال دائمی از طریق تغییر شکل پلاستیک توسط نیروی مکانیکی ایجاد می‌شود. در اتصالات جوشی، اتصال دائمی از طریق ذوب موضعی فلزات ایجاد می‌شود.

مقاومت الکتریکی اتصال از سه جزء تشکیل می‌شود:

- ✓ مقاومت ذاتی مواد تشکیل دهنده
- ✓ مقاومت تنگی در نقاط تماس میکروسکوپی
- ✓ مقاومت لایه‌های سطحی (اکسیدها و آلودگی‌ها)

عوامل اصلی موثر بر پیری و تخریب اتصالات عبارتند از:

- ✓ خوردگی شیمیایی که منجر به تشکیل لایه‌های مقاوم سطحی می‌شود
- ✓ کاهش نیروی تماس در اثر خزش و آسودگی تنش
- ✓ نفوذ بین فلزی در اتصالات دو فلزی که منجر به تشکیل ترکیبات بین فلزی با مقاومت بالا می‌شود
- ✓ تاثیر بارگذاری جریان که منجر به افزایش دما و تسریع مکانیزم‌های تخریب می‌شود

بخش دوم همچنین به تاثیر طراحی و نصب بر عمر اتصالات می‌پردازد. تاکید می‌شود که طراحی مناسب باید:

- ✓ دمای کاری را در محدوده مجاز نگه دارد.
- ✓ تنش‌های مکانیکی وارد بر ترمینال‌های تجهیزات را به حداقل برساند.
- ✓ امکان نصب صحیح را فراهم کند.

در بخش سوم، طبقه‌بندی جامعی از انواع کانکتورهای مورد استفاده در پست‌های برق ارائه می‌شود. این کانکتورها به سه دسته اصلی تقسیم می‌شوند:

- ✓ اتصالات مستقیم برای اتصال دو هادی
- ✓ اتصالات پایانه‌ای برای اتصال هادی‌ها به تجهیزات
- ✓ اتصالات انشعابی برای گرفتن انشعاب از یک هادی اصلی

برای هر نوع اتصال، جزئیات طراحی، کاربرد و ملاحظات نصب تشریح می‌شود. همچنین انواع گیره‌ها و متعلقات جانبی مانند اسپیسرها و تجهیزات زمین معرفی می‌شوند.

- ✓ نکات کلیدی مورد تاکید در این سه بخش عبارتند از:
- ✓ اهمیت حیاتی کنترل کیفیت در ساخت و نصب اتصالات
- ✓ لزوم انتخاب صحیح مواد و طراحی متناسب با کاربرد
- ✓ تاثیر قابل توجه دما و جریان بر عمر اتصالات
- ✓ اهمیت آماده‌سازی سطوح و اعمال گشتاور مناسب در نصب
- ✓ لزوم پایش مستمر وضعیت اتصالات در حین بهره‌برداری
- ✓ تاثیر شرایط محیطی مانند دما، رطوبت و آلودگی بر عملکرد
- ✓ اهمیت استفاده از روش‌های مناسب برای اتصالات دو فلزی

به طور کلی، این سه بخش چارچوب فنی جامعی برای درک، طراحی، نصب و نگهداری اتصالات در پست‌های برق فراهم می‌کنند و تاکید دارند که قابلیت اطمینان اتصالات نقش کلیدی در عملکرد کل سیستم دارد. همچنین راهکارهای عملی برای افزایش طول عمر و قابلیت اطمینان اتصالات ارائه می‌کنند.

در بخش چهارم، طراحی باسبار و اتصالات در پست‌های برق با عایق هوایی مورد بحث قرار می‌گیرد. این بخش با تاکید بر اهمیت قابلیت اطمینان باسبار به عنوان بخش مرکزی پست آغاز می‌شود. باسبارها به دو دسته اصلی انعطاف‌پذیر (هادی‌های رشته‌ای) و صلب (هادی‌های لوله‌ای) تقسیم می‌شوند. در طراحی باسبارها باید پارامترهای مختلفی از جمله ولتاژ نامی، جریان نامی، نیروهای اتصال کوتاه، شرایط محیطی و ملاحظات لرزه‌ای در نظر گرفته شود. همچنین به مسائل مربوط به کرونا و تداخل رادیویی پرداخته می‌شود.

در باسبارهای انعطاف‌پذیر، هادی‌ها تحت کشش نصب می‌شوند و نیروهای کششی به سازه‌های نگهدارنده منتقل می‌شود. در باسبارهای صلب، هادی‌های لوله‌ای توسط مقره‌های اتکایی نگهداری می‌شوند و نیروهای وارده عمدتاً خمشی هستند. برای هر دو نوع باسبار، ملاحظات خاصی در مورد فواصل فازها، ارتفاع نصب و نحوه اتصال به تجهیزات وجود دارد.

بخش پنجم به مشخصات فنی و کیفیت اتصالات می‌پردازد. اصول طراحی کانکتورها شامل هندسه، آماده‌سازی سطوح تماس، نصب داخلی یا خارجی، ملاحظات ولتاژی و جریانی و بارهای مکانیکی تشریح می‌شود. در مورد اتصالات دو فلزی، راهکارهای مختلف مانند استفاده از ورق‌های دو فلزی و اصل آند حجیم معرفی می‌شود.

این بخش همچنین به موضوع کیفیت ساخت و مواد می‌پردازد. کیفیت سطوح تماس، مشخصات پیچ و مهره‌ها، تخلخل در قطعات ریختگی و کیفیت روکش‌ها مورد بحث قرار می‌گیرد. مفهوم "همزاد دیجیتال" به عنوان ابزاری برای شبیه‌سازی و پایش عملکرد کانکتورها معرفی می‌شود.

بخش ششم به روش‌های نصب می‌پردازد. این بخش تاکید می‌کند که نصب صحیح کانکتورها کلید اصلی قابلیت اطمینان و طول عمر اتصالات است. برای اتصالات پیچی، مراحل زیر باید با دقت انجام شود:

- ✓ آماده‌سازی سطوح تماس با برس کاری مناسب
- ✓ استفاده از ترکیبات تماسی مناسب
- ✓ اعمال گشتاور صحیح طبق دستورالعمل سازنده
- ✓ کنترل مقاومت اتصال پس از نصب



شکل ۱: خطای کانکتور بدلیل نصب ضعیف و نادرست

برای اتصالات پرسی، استفاده از ابزار مناسب و رعایت ترتیب پرس کاری اهمیت دارد. در مورد اتصالات جوشی، صلاحیت جوشکار و شرایط محیطی جوشکاری باید کنترل شود.

توصیه‌های مهم برای افزایش قابلیت اطمینان شامل:

استفاده از مواد با کیفیت و سازگار

کنترل دقیق ابعاد و تلرانس‌ها

آماده‌سازی مناسب سطوح تماس

استفاده از ابزار مناسب و کالیبره

رعایت ترتیب و گشتاور مناسب در نصب پیچ‌ها

کنترل مقاومت الکتریکی پس از نصب

مستندسازی مراحل نصب

در حالت عمومی باید بیان داشت که نگهداری و مدیریت چرخه عمر اتصالات باسبار، که معمولاً برای عمر بیش از ۵۰ سال طراحی می‌شوند، یکی از ارکان اصلی مدیریت دارایی‌های پست‌های برق است. برای اطمینان از عملکرد صحیح این تجهیزات، استفاده از روش‌های مختلف پایش وضعیت ضروری است. بازرسی چشمی برای شناسایی عیوب ظاهری، ترموگرافی برای تشخیص نقاط داغ، اندازه‌گیری مقاومت الکتریکی و تشخیص کرونا و تخلیه جزئی از جمله این روش‌ها هستند. انتخاب روش مناسب پایش وضعیت باید بر اساس تحلیل هزینه-فایده و با در نظر گرفتن اهمیت تجهیز در شبکه انجام شود.

برای اطمینان از کیفیت کانکتورها، انجام آزمون‌های مختلف در مراحل طراحی، تولید و نصب ضروری است. آزمون‌های نوعی برای تایید طراحی، آزمون‌های نمونه‌ای برای کنترل کیفیت تولید و آزمون‌های جاری برای کنترل محصول نهایی انجام می‌شوند. آزمون افزایش دما، مقاومت الکتریکی، آزمون‌های مکانیکی مانند کشش و خمش، آزمون اتصال کوتاه و آزمون کرونا از جمله آزمون‌های مهم هستند. نتایج این آزمون‌ها باید به دقت مستند شده و در بهبود طراحی و فرآیند تولید مورد استفاده قرار گیرند.

تجربیات عملیاتی نشان می‌دهد که خرابی‌های اتصالات عمدتاً ناشی از اشکالات ساخت و کیفیت، نصب نادرست، طراحی نامناسب یا انتخاب نادرست کانکتور برای کاربرد خاص است. برای مثال، عدم آماده‌سازی مناسب سطوح تماس، اعمال گشتاور نامناسب در اتصالات پیچی، یا استفاده از کانکتور نامناسب برای راکتورهای هسته هوایی می‌تواند منجر به خرابی زودهنگام شود. تحلیل این خرابی‌ها و استفاده از درس‌های آموخته شده در بهبود طراحی و روش‌های نصب بسیار مهم است.

نتایج نظرسنجی جهانی انجام شده در مورد اتصالات فشار قوی نشان می‌دهد که موضوعاتی مانند مستندسازی، نگهداری قطعات یدکی، روش‌های نصب و چالش‌های محیطی از دغدغه‌های اصلی بهره‌برداران هستند. این نظرسنجی همچنین نشان می‌دهد که کیفیت نصب اولیه تأثیر بسزایی در عمر اتصال دارد و آموزش نصاب‌ها سرمایه‌گذاری ارزشمندی محسوب می‌شود. مدیریت موفق اتصالات باسبار نیازمند رویکردی سیستماتیک است که شامل برنامه نگهداری پیشگیرانه، آموزش مستمر پرسنل، مستندسازی دقیق، استفاده از روش‌های پایش وضعیت مناسب و یادگیری از تجربیات است. هزینه‌های مرتبط با این فعالیت‌ها باید در مقابل هزینه‌های ناشی از خرابی و قطعی برق سنجیده شود. تجربه نشان می‌دهد که سرمایه‌گذاری در نگهداری و پایش وضعیت می‌تواند از خرابی‌های پرهزینه جلوگیری کرده و قابلیت اطمینان شبکه را افزایش دهد. بهره‌برداران باید به این نکته توجه داشته باشند که هزینه‌های چرخه عمر اتصالات فقط شامل هزینه خرید اولیه نیست و هزینه‌های نصب، نگهداری، پایش وضعیت و در نهایت تعویض را نیز شامل می‌شود. بنابراین، تصمیم‌گیری در مورد انتخاب نوع اتصال و برنامه نگهداری آن باید بر اساس تحلیل جامع هزینه‌های چرخه عمر انجام شود.

کمیته مطالعاتی پستهای فشار قوی SC B3

سیگره ایران

اسفند ماه ۱۴۰۳



مرجع اصلی: CIGRE Electra No. 333 - دسترسی به مراجع از طریق سایت <https://www.e-cigre.org>

تهیه کننده: سیگره ایران - کمیته مطالعاتی SC B3 - آقای مهندس دزفولی

برای کسب اطلاعات تکمیلی با دبیرخانه سیگره ایران تماس بگیرید.

این گزارش شامل خلاصه ای برای معرفی یکی از بروشورهای فنی منتشر شده توسط سیگره بین الملل و منبع معرفی آن، مجله الکترا می باشد.

Electra, reprinted/translated with permission from CIGRE, © 2025

کمیته های مطالعاتی سیگره بین الملل	کمیته های مطالعاتی متناظر سیگره ایران
---------------------------------------	--

Group A – Equipment	
A1 Power Generation and Electromechanical Energy Conversion	ماشین های الکتریکی دوار و تولید برق
A2 Power transformers and reactors	ترانسفورماتورها و راکتورها
A3 Transmission and distribution equipment	تجهیزات انتقال و توزیع
Group B – Technologies	
B1 Insulated cables	کابل های عایق شده
B2 Overhead lines	خطوط انتقال
B3 Substations and electrical installations	پست های فشار قوی
B4 DC systems and power electronics	سیستم های DC و الکترونیک قدرت
B5 Protection and automation	حفاظت و اتوماسیون
Group C – Systems	
C1 Power system development and economics	توسعه سیستم قدرت و جنبه های اقتصادی
C2 Power system operation and control	سیستم بهره برداری و کنترل
C3 Power System Sustainability and Environmental Performance	---
C4 Power system technical performance	عملکرد فنی سیستم های قدرت
C5 Electricity markets and regulation	بازار برق و تنظیم گری
C6 Active distribution systems and distributed energy resources	شبکه های توزیع فعال و منابع انرژی توزیع شده
Group D – New Materials and IT	
D1 Materials and emerging test techniques	---
D2 Information Systems Telecommunications and Cybersecurity	مخابرات و فناوری اطلاعات



با ما در ارتباط باشید:



دبیرخانه سیگره ایران:
تهران - خیابان ولیعصر - بالاتر از میدان ونک - خیابان عطار - پلاک ۱۲ - شرکت موننکو ایران
شماره تماس: ۰۲۱-۸۱۹۶۱ ایمیل: cigre@monencogroup.com وب سایت: www.cigreiran.com