



## چهارمین کنفرانس شبکه‌های توزیع نیرو

### بررسی خوردگی و پوسیدگی در پایه‌های فلزی، بتونی چوبی و روشهای مقابله با آن

مصطفی نیکوکار

امور برق - معاونت هماهنگی و توزیع

#### چکیده

بررسیهای انجام شده در نقاط مختلف کشور، نشان میدهد که عدم دقت در انتخاب جنس و نوع پایه و محل مناسب نصب آنها، اغلب باعث میشود تا پایه‌های نصب شده در خطوط انتقال نیرو قبل از پایان عمر مفید دچار خوردگی یا پوسیدگی شوند. این امر ضمن اینکه سبب کاهش قابلیت اطمینان سیستم میشود، موجب افزایش سرمایه‌گذاریهای بیشتر نیز میگردد. در این مقاله سعی شده است تا با ارائه اطلاعاتی از وضعیت خطوط تخریب شده و علل بروز عیوب در آنها، روشهای مناسبی جهت انتخاب جنس پایه و مقابله با پوسیدگی و خوردگی مورد بررسی و تجزیه و تحلیل قرار گیرد.

#### شرح مقاله

بسیاری از حوادث ناشی از قطع برق در خطوط انتقال نیرو و به ویژه در مناطق آلوده، در اثر سقوط یا خرابی پایه‌های نصب شده صورت میگیرد و اگر آمار این حوادث در شبکه‌های برق مورد بررسی قرار گیرد، ملاحظه میشود که درصد عمده‌ای از آن مربوط به زنگ زدگی پایه‌های فلزی و پوسیدگی پایه‌های چوبی و خوردگی و پوسیدگی پایه‌های بتونی است که در اغلب موارد باعث خم شدن یا سقوط پایه‌ها میگردد.

بررسی علل تخریب که بر اثر خوردگی و پوسیدگی در انواع پایه‌ها بوجود می‌آید نشان

میدهد که آثار مخرب عمدتاً " در داخل یا خارج از زمین تحت تاثیر عوامل زیر ایجاد میگردد.

- زنگ زدگی قطعات فلزی

- خوردگی شیمیائی (الکترولیت) در پایه های بتونی

- پوسیدگی پایه های چوبی در اثر حمله حشرات چوبخوار و قارچها

در این مقاله اثر عوامل تخریب روی دو قسمت فوق الذکر در مناطق مختلف بویژه مناطق ساحلی که دارای زمینهای سولفات و آب و هوای مرطوب و گرم میباشد از نظر دما، رطوبت و اثر مواد شیمیائی زمین مورد بررسی قرار گرفته اند.

### ۱- قطعات فلزی

اکثر قطعات فلزی مورد استفاده در خطوط انتقال نیرو از جنس آهن یا فولاد معمولی

میباشند.

آهن بدلیل ویژگیهای خاص خود، دارای خواص مناسب و مفیدی مانند استحکام زیاد، خاصیت شکل پذیری، امکان تولید فراوان و ارزان است. از طرفی آهن یا فولاد معمولی بدلیل خاصیت زنگ زدگی و خوردگی سریع، بسبب میل ترکیبی شدیدی که با اکسیژن دارد همواره بصورت یک عارضه خطرناک موجب خسارات سنگین میگردد. از اینرو با توجه به مصرف زیاد این فلز و بمنظور جلوگیری از خسارات وارده، سطح قطعات مورد مصرف در شبکه انتقال نیرو را با استفاده از یک فلز مناسب که در مقابل عوامل جوی مقاوم باشد، پوشش داده و گالوانیزه می نمایند، تا خطرات ناشی از زنگ زدگی و خوردگی قطعات آهنی را حداقل برسانند. در اینجا لازم است اشاره کوچکی به مفهوم خوردگی آهن نموده و سپس اثر عوامل جوی روی قطعات فلزی نصب شده در خطوط انتقال نیرو را بررسی نمائیم.

۱-۱- زنگ زدگی و خوردگی چیست " - چنانچه فلز آهن در مجاورت هوا و گاز کربنیک

موجود در آن و رطوبت و دمای مناسب قرار گیرد، واکنش نشان داده و با اکسیژن هوا ترکیب و تولید زنگ مینماید و بتدریج توسعه پیدا نموده، منجر به زنگ زدگی یا خوردگی میشود، البته خوردگی میتواند در اثر تماس بین فلزات غیر همجنس در یک محیط مناسب نیز اتفاق بیفتد که

این عمل یکنوع واکنش شیمیائی یا الکتروشیمیائی بین فلزات است هاین امر در زمان انبار نمودن قطعات گالوانیزه بخصوص در محیط مرطوب بایستی مورد توجه قرار گیرد تا پوشش گالوانیزه بموقع خود دچار خوردگی نشده و آهن پایه زنگ نزنند.

حال با توجه به مطالب فوق عوامل تخریب پوشش گالوانیزه قطعات نصب شده در خطوط انتقال نیرو و سپس تاثیر عوامل جوی که سبب زنگ زدگی یا خوردگی فلز پایه و ایجاد خسارات در آن میشود را بشرح زیر مورد توجه قرار می دهیم .

- گالوانیزه نشدن نقاطی از سطح پوشش گالوانیزه

- پوسته پوسته شدن پوشش گالوانیزه

- ایجاد تاول و جوش در سطح پوشش گالوانیزه

- ایجاد سفیدک

۲-۱- گالوانیزه نشدن نقاطی از سطح - در بعضی مواقع در عمل گالوانیزاسیون ، بعضی

از نقاط قطعات درز و یا محل سوراخها بدلائیل گوناگون خوب پوشش نمی گیرند و بشکل نقاط سیاهی باقی میمانند، این نقاط وقتی در مجاورت هوا ، رطوبت و محیط مناسب قرار میگیرند فلز پایه را در این نقاط دچار زنگ زدگی و خوردگی مینمایند .

این نوع قطعات برای مصرف در خطوط انتقال نیرو موردتائید نبوده و بایستی از تحویل و بکار بردن آنها خودداری نموده و چنانچه قبلاً" مورد استفاده قرار گرفته و در شبکه انتقال نیرو بکار رفته اند نسبت به اصلاح آنها که باروش ساده و قابل اجرا صورت میگیرد اقدام نمود . یکی از روشهای اصلاح اینگونه قطعات استفاده از رنگهای صنعتی می باشد .

۳-۱- پوسته شدن پوشش گالوانیزه

گاهی ملاحظه میشود، قسمتهائی از پوشش گالوانیزه بصورت تکه هائی کوچک یا کمی بزرگ پوسته پوسته یا بصورت شکستگی در سطح پوشش ظاهر میشود بطوریکه سطح آهن پایه در زیر آن نمایان میگردد و در مجاورت هوا و رطوبت دچار زنگ زدگی و خوردگی میگردد . علل بروز این مسائل مربوط به گالوانیزه است که در کارخانه بوجود می آید، مانند

ضخیم شدن پوشش گالوانیزه، زمان بیش از اندازه غوطه ور شدن قطعات در موارد مذاب و... در هر صورت میبایستی از تحویل گرفتن و بکار بردن این نوع قطعات خودداری نمود و چنانچه نوعی از این قطعات در شبکه انتقال نیرو وجود دارد باید روشی که در پایان به آن اشاره شده نسبت به اصلاح جلوگیری از زنگ زدگی و خوردگی فلز پایه جلوگیری نمود. در اینجا نیز روش مناسب استفاده از رنگهای صنعتی میباشد.

۴-۱- ایجاد تاول و جوش و برجستگی در سطح پوشش گالوانیزه - در زمان جرم گیری آهن که در ظرف محتوی اسید کلریدریک جهت آماده نمودن قطعات آهن برای عمل گالوانیزه صورت می گیرد، حبابهای ریزی از هیدروژن در سطح فلز پایه باقی می ماند که در موقع پوشش دادن گالوانیزه ایجاد تاول می کند که همان برجستگی تو خالی است و پس از مدتی که از نصب اینگونه قطعات گذشت بر اثر عوامل جوی و انبساط و انقباضی که در اثر تغییرات دما پیش می آید برجستگی ها از بین رفته و سطح فلز پایه در مجاورت هوا قرار گرفته و زنگ زدگی پیدا می کند.

گاهی نیز مواد ناخالص موجود در ماده مذاب با فلز آهن بصورت مخلوط درآمده در سطح فلز پایه بشکل برجستگی کوچکی مانند جوش ریز نمایان میشود در موقع جابجائی یا انبار نمودن قطعات این برجستگی ها کنده شده سپس سطح آهن پایه نمایان و در این محل زنگ زدگی و یا خوردگی بوجود می آید که این قطعات نیز مورد تائیدی نمی باشند و بایستی اینگونه قطعات که دارای عیوب فوق الذکر می باشند با روش مناسب اصلاح گردند. روش مناسب برای اصلاح اینگونه پایه ها استفاده از رنگهای صنعتی می باشد.

۵-۱- ایجاد سفیدک - در محل اتصال قطعات بخصوص در محل بستن پیچ و مهره سطح پوشش از حالت شفاف به رنگ تیره تغییر پیدا نموده که تیره شدن رنگ شفاف پوشش در اثر رطوبت و گازهای موجود در هوا مانند اکسیژن، گاز کربنیک و گازهای دیگر در محیط مناسب میباشد و در نتیجه این عمل، سطح پوشش گالوانیزه به اکسیدیا کربنات روی تبدیل میگردد.

سفیدک معمولاً در مواقعی ظاهر میشود که سطح پوشش به اکسید روی تبدیل میگردد و در اثر رطوبت تبدیل به پودراکسید روی شده و این امر به مرور زمان توسعه پیدا می نماید.

بازوبسته کردن پیچ و مهره که با فشار زیاد نیز همراه می باشد میتواند موجب شکستگی پوشش گالوانیزه در این محل ها گشته و علاوه بر ایجاد سفیدک فلز پایه از همین محل دچار زنگ زدگی و خوردگی گردد.

گالوانیزه نشدن خوب پیچ و مهره ها نیز میتواند یکی از عوامل زنگ زدگی و خوردگی و ایجاد سفیدک باشد.

برای رفع سفیدک به ترتیب زیر عمل می نمایند:

چنانچه سفیدک به مقدار کم در سطح قطعات ظاهر شود میبایستی سطح پوشش را کاملاً پاک نموده و سریعاً محل پاک شده را خشک کنند.

در صورتیکه سفیدک بشکل توده ای انبوه ظاهر شده باشد میبایستی ابتدا محل سفیدک را خوب شستشود و سپس محل را خشک نمایند و با استفاده از رنگهای صنعتی مخصوص برای اصلاح آن اقدام نمایند.

۶- خوردگی قطعات فلزی در داخل زمین - وجود املاح نمکی در خاک و آبهای که در نزدیکی سطح زمین قرار دارند میتواند یکی از عوامل موثر خوردگی پایه های فلزی و سیستم اتصال زمین باشد. همین جهت لازم است تا تمهیدات لازم برای جلوگیری از خوردگی بخصوص در سیستم ارتینگ و قطعات آهنی که بنحوی با زمین در تماس می باشند بعمل آید.

برای اینکار میبایستی اقدامات زیر انجام شود:

با توجه به اینکه قطعات پایه فلزی در فونداسیون قرار میگیرند به همین جهت در مناطق آلوده از سیمان ضد سولفات برای خوردگی فونداسیون استفاده گردد که البته تشخیص نوع سیمان مصرفی با گروه کارشناسان در مناطق آلوده می باشد.

از طرف دیگر برای حفاظت در مقابل خوردگی از رنگهای صنعتی ضد خوردگی برای پوششش پایه های فلزی استفاده شود.

برای محافظت سیم زمینی که در نقاط مختلف در پایه های فلزی استفاده میشود، بایستی هر دو سه یا چهار سال یکبار با توجه به نوع خاک آزمایش لازم برای اطمینان از عملکرد آن توسط کارشناسان صورت پذیرد که یکی از این روشها استفاده از آند فدا شونده می باشد که دستور العمل آن در نشریات وزارت نیرو و شرکتها تابعه موجود است.

## ۲- پایه های بتونی

خوردگی در پایه های بتونی نیز از اهمیت خاصی برخوردار می باشد و با توجه به اینکه در ساختمان پایه های بتونی علاوه بر سیمان و ماسه بمنظور استحکام و دوام بیشتر قطعات آهنی مانند میلگرد و خاموت استفاده میشود به همین جهت اکثراً خوردگی پایه های بتونی مربوط به آهن آلات بکار رفته در آن می باشد.

در بررسی‌های بعمل آمده ملاحظه می‌شود بدلیل وزن زیادی که پایه‌های بتونی دارند در زمان حمل نقل پایه‌ها، انبار نمودن نامناسب و نصب پایه با استفاده از جرثقیل همیشه ضربه‌هایی در جهات مختلف به پایه‌ها وارد می‌گردد که غالباً "سبب ایجاد ترک‌هایی موئی در آن می‌شود. پس از نصب اینگونه پایه‌ها با توجه به تغییرات دما، نفوذ رطوبت به درون ترک‌ها در مجاورت اکسیژن هوا، ترک‌ها تدریجاً "عمیق تر شده و پس از نفوذ به عمق تیر باعث زنگ زدگی و خوردگی قطعات آهنی درون تیر می‌گردد که بتدریج سبب ترکیدن و ریختن بتون در قسمت‌های مختلف پایه بتونی شده و پس از مدتی پایه‌ها از نقطه‌ای خم و خطوط انتقال نیرو را دچار اشکال می‌نماید.

۱-۲- خوردگی پایه بتونی در داخل زمین - با توجه به اینکه قسمتی از پایه‌های بتونی که در داخل زمین قرار گرفته، بدلیل شرایط محیطی دچار اشکال می‌گردد، لازمست تا پیشگیری‌های لازم بشرح زیر برای جلوگیری از خوردگی در آنها بعمل آید.

- استفاده از آب با درجه سختی کم که دارای املاح و یون‌های مضر کم‌تر باشند.
- انجام آزمایشات شیمیائی توسط گروه خاکشناسی برای مشخص نمودن نوع خاک .
- با توجه به اینکه مناطق ساحلی دارای خاک با درجه سولفات بالا میباشند لازمست در زمان ساخت پایه‌های بتونی یا فونداسیون‌های بتونی از سیمان ضد سولفات استفاده شود.
- در زمان ساخت پایه‌های بتونی لازمست تا آرماتورها و خاموت‌های آن توسط روکش ضد زنگ پوشیده گردد.

### ۳ - پایه‌های چوبی

بررسی‌های انجام شده در پایه‌های چوبی نشان میدهد، علل شکستن اینگونه پایه‌ها اغلب بدلیل پوسیدگی درون آنها میباشد.

علل تخریب و پوسیدگی را نیز میتوان بشرح زیر مشخص و مورد بررسی قرار داد:

- کیفیت پایه‌ها
- کیفیت مواد و نحوه اشباع بر اساس استاندارد
- ایجاد ترک و شکاف
- قارچها و حشرات چوبخوار
- سایر مشخصات فنی و استاندارد پایه‌ها

۳-۱- کیفیت پایه‌ها - با توجه به سرمایه‌گذاریهای بسیاری که برای احداث خطوط انتقال نیرو با پایه‌های چوبی انجام میگیرد، انتخاب نوع پایه‌ها از لحاظ استقامت مکانیکی، خواص اشباع پذیری بسیار با اهمیت میباشد. بر همین اساس کارشناسان و متخصصان با توجه به مسائل فنی و میزان بارهای وارده از طرف هادیها و برف و یخ و غیره استانداردهای لازم را برای بالابردن کیفیت اینگونه پایه‌ها تهیه نموده و در این راستا، انواع چوبهای درختان سوزنی برگ را که دارای مشخصات فنی لازم از نظر استقامت مکانیکی و اشباع‌پذیری خوب هستند انتخاب و آنها را به سه دسته تقسیم می‌نمایند:

- پایه‌های چوبی درجه یک از نوع مرغوب و بالاترین کیفیت

- پایه چوبی درجه دو از نوع متوسط و با کیفیت متوسط

- پایه چوبی درجه سه از نوع نیمه متوسط که دارای کیفیت مناسب نمی‌باشند

مسئله "پایه‌هایی که دارای کیفیت مرغوب هستند، از عمر دوام بیشتری نیز برخوردار میباشند و خاصیت اشباع‌پذیری خوبی دارند.

۳-۲- کیفیت مواد اشباع - بررسیهای لازم نشان میدهد که در برش مقطع عرضی، چوب از چهار

بخش زیر تشکیل شده است، مطابق شکل



### - پوست درخت

- بخش برون چوب که قسمت کمی از چوب را دربر گرفته و بنام نرم چوب موسوم است و آوندهای چوبی که شیریه گیاه را منتقل می نمایند در این قسمت قرار گرفته اند.

- بخش درون چوب که بنام سخت چوب موسوم است و کار مقاومت چوب را بعهده داشته و فاقد آوندهای چوبی می باشد.

### - مغز چوب

بهین لحاظ است که همواره بخش برون چوب دچار اشکالات مختلف شده و اکثراً از این بخش صدمه می بیند. به همین منظور برای جلوگیری از این کار، پایه های چوبی را با مسود مختلف اشباع می نمایند که این اشباع فقط در قسمت برون چوب در آوندهای موجود آن صورت میگیرد.

مواد اشباع که اکثراً "کروزوت" می باشد دارای مشخصات استاندارد خاصی هستند که هر چه ناخالصی آن از میزان استاندارد پائین تر باشد از کیفیت آن نیز کم میگردد.

عمل اشباع نیز بر اساس دستورالعمل خاصی صورت میگیرد و چنانچه این دستورالعمل هر چه دقیقتر و بنحویه مطلوب و مناسبی صورت گیرد کیفیت پایه ها بالایی آید.

میزان اشباع، کیفیت مواد اشباع و نحوه انجام آن در بالابردن مقاومت چوب و یا برعکس در ایجاد پوسیدگی زودرس چوب بسیار موثر می باشد.

معمولاً بر اساس استاندارد، عمق اشباع در پایه های چوبی بین ۱/۵ تا ۲ سانتیمتر و گاهی کمی بیشتر است.

۳-۳- ترک یا شکاف - بدلیل مختلف در درون چوب و در زمان خشک کردن چوب و آماده نمودن آن برای عمل اشباع ترکهای ریزی در سطح چوب بوجود می آید که این ترکها در اثر تغییرات دما، رطوبت و عوامل جوی عمیق تر شده بشکاف تبدیل میگردد و قسمت عمیق چوب که اشباع ندارد نمایان شده و در محیط مناسب حمله قارچها برای پوسیدگی چوب شروع میشود و این امر بطور مستمر ادامه پیدا میکند. برای این اساس لازم است که در موقع خرید سعی بر آن باشد که از پایه های درجه یک که کمتر دچار این مشکل میشوند استفاده شود.



۳-۴. قارچها وحشرات چوبخوار- بعد از نصب پایه های چوبی در اثر مرور زمان ،بدلیـل نیروی جاذبه ،مواد اشباع که درون آوندهای چوب قرار گرفته ، از آوندها خارج و از قسمت ته تیر بدرون زمین نفوذ نموده و در نتیجه بقیه تیر نیز از مواد اشباع خالی شده و شکافهای موجود در این قسمت سبب نفوذ و ورود حشرات چوبخوار مانند سوسکهای چوبخوار که در سطح زمین زندگی می کنند، شده و چوب را از داخل خالی و بتدریج مقاومت چوب را کم می کنند. برای رفع این مشکل معمولا" در کشورهای پیشرفته از عمل اشباع مجددا استفاده می نمایند که حدود پنجاه سانتیمتر بالای سطح زمین و حدود ۲۰ تا ۵۰ سانتیمتر پایین سطح زمین را با مواد اشباع معدنی مجددا " پرنموده و تقریبا " تا ده سال بدوام و عمر تیر اضافه می نمایند.

۳-۴. سایر مشخصات پایه های چوبی - همانطوریکه در بالا اشاره شد، پایه های چوبی دارای مشخصات خاصی هستند، مانند صاف بودن سطح تیر، قائم بودن تیر، مناسب بودن اندازه - قطر سرتیر یا ته تیر که این مشخصات در کتاب استانداردهای پایه های چوبی و کراس آرم تهیه شده توسط امور برق آمده است .

۳-۵. قسمتی از پایه چوبی که در زمین قرار گرفته است: قسمتی از پایه های چوبی که در زمان نصب در خاک قرار میگیرند در مجاورت خاکهای دارای مواد شیمیائی و آب درون زمین بتدریج دچار پوسیدگی میگردند به همین جهت لازم است اینگونه پایه ها نیز در موقع نصب توسط فونداسیونی که مواد آن مخصوص استفاده همان محل تهیه شده در زمین قرار گیرند .

۴- ب - پایه های فایبرگلاس - در حال حاضر استفاده از پایه های فایبرگلاس که در مقابل بسیاری از عوامل تخریب مقاوم <sup>در ایران</sup> میباشد .

#### ۴- روشهای مناسب افزایش عمر

بررسی های انجام شده در این مقاله نشان میدهد که برای کاهش سرعت خوردگی و پوسیدگی ضمن انتخاب بجای جنس پایه ها ، باز دیدهای دوره ای مناسب توسط کارشناسان از نظر خاکشناسی ، تشخیص خوردگی و پوسیدگی و اشکالات موجود که سبب بروز این مسائل میشوند بعمل آمده و بشرح زیر پیشنهاد میگردد :

۴-۱- رعایت استانداردها و دستورالعملهای موجود

- حمل و نقل صحیح انواع پایه ها

- انبار نمودن پایه ها در محل مناسب

- جابجائی پایه ها در زمان نصب بوسیله جرثقیل

- نصب پایه ها بر اساس استانداردهای صحیح و مناسب

- ساخت پایه ها بر اساس استانداردهای صحیح و مناسب

۴-۲- آزمایشات لازم بمنظور:

- تعیین سختی آب و املاح موجود برای ساخت پایه های بتونی و تعیین مقاومت زمین

- سیستم ارتینگ

۴-۳- بازدیدهای دوره ای مستمر

- تعیین عیوب و خوردگی در قطعات و پایه های فلزی

- تعیین عیوب و خرابی و پوسیدگی پایه های بتونی

- تعیین عیوب در پایه های چوبی

۴-۴- اعلام اشکالات به واحد فنی شرکت و در صورت لزوم استفاده از همکاریهای کارشناسان

### نتیجه :

گسترده‌گی و شرایط جوی و جغرافیائی متفاوت در نقاط مختلف کشور و عبور خطوط برق در شرایط گوناگون ایجاب میکند که در هر منطقه با توجه به آلودگی املاح خورنده، درجه حرارت محیط، میزان رطوبت میبایستی نسبت به انتخاب پایه های مناسب هر منطقه اقدام نمود. در حال حاضر نیز با در نظر گرفتن تنوع پایه های فلزی، بتونی و چوبی در نقاط مختلف کشور با آب و هوا و موقعیت جغرافیائی و نوع خاک متفاوت عملکرد هر یک از پایه های مذکور نسبت به موقعیت مکانی و جوی تفاوت دارد.

بطوریکه بررسیهای انجام شده نشان میدهد انواع پایه ها در نقاط خشک بلحاظ خوردگی از طول عمر بیشتری نسبت به مناطق آلوده برخوردار میباشند.

در نقاط ساحلی شمالی که از نظر هوا و خاک دارای آلودگی کمتر میباشند طول عمر دوام پایه های چوبی و بتونی بیشتر از نقاطی است که دارای آلودگی هوا و خاک هستند.

در نقاط ساحلی جنوب علاوه بر رطوبت و دما، املاح خورنده زمین عامل بسیار موثری

در خوردگی یا زنگ زدگی و در نتیجه کاهش عمر مفید پایه‌ها می‌باشد.

بررسی و مطالعه آمارهای خوردگی و زنگ زدگی و پوسیدگی در مناطق ساحلی جنوبی در سالهای گذشته روی پایه‌های فلزی، بتونی و چوبی می‌تواند ملامک خوبی برای انتخاب پایه‌های فلزی با گالوانیزه مناسب و پایه‌های بتونی با سیمان و مواد شیمیائی فتلوب مطابق با ضوابط استاندارد باشد.

در هر حال مطالعه بیشتر نشان داده که پایه‌های فلزی که دارای گالوانیزه مناسب می‌باشند در مقایسه با سایر پایه‌های بتونی و چوبی برای استفاده در این مناطق مناسبتر هستند.

## منابع

- ۱- نشریه بررسی خوردگی در شبکه‌های توزیع استان هرمزگان تهیه شده توسط مهندسین فروش و غلامرضا نعمتی، ۱۰ سیال ۷۲
- ۲- نشریه گالوانیزه گرم تهیه شده توسط امور برق دفتر فنی سال ۶۵
- ۳- نشریه استاندارد پایه‌های چوبی و کراس آرم دفتر فنی سال ۶۵