طراحی مکانیکی کلاهک مقره‌های پرسلانی بشقابی

مجید مرکزی[1] -نسترن ریاحی نوری[2]
mmarkazi@nri.ac.ir

چکیده:

مقره‌ها تجهیزات مهمی برای افزایش قابلیت اطمینان برای عبور جریان برق به شمار می‌روند. مواد عایق متفاوتی به عنوان مقره‌ها به کار می‌روند، که با توجه به شرایط متفاوت، آلودگیهای گوناگون، درنظرگرفتن موارد اقتصادی و فنی و ... انتخاب می‌شوند.

مقره‌های بشقابی از اجزاء مختلفی شامل بخش پرسلان ،کپ چدنی و دسته یا پین فولادی وسیمان اتصال دهنده این اجزاء تشکیل می‌شود. وظیفه هریک از این اجزاء متفاوت است. اصلی‌ترین بخش یک مقره بشقابی که وظیفه ارائه استحکام، ویژگی عایقی و فاصله خزشی را در عین داشتن پروفیل مناسب برای مقابله در مقابل شرایط محیطی ایجاد می‌نماید، کلاهک مقره پرسلانی است.

کلاهک پرسلانی مقره غالباً تحت نیروهای دائم قرار نمی‌گیرد و به‌طور طبیعی صرفاً باید توانای حفظ شکل و خواص در هنگام تولید و مصرف و عدم وقوع عیوب مختلف ناشی از شرایط آب و هوایی و یخبندان و نیروهای موضعی پرندگان باشد. علت درنظرگرفتن ضرایب اطمینان بالاتر در طراحی چترک مقره پرسلانی (ضخامت بالا)، غالباً برای پاسخگویی به نیازهای فرآیند ساخت مقره همچون داشتن استحکام مکانیکی خام مناسب جهت تحمل وزن، عدم وقوع تغییرشکل در هنگام خشک شدن و پختن از یک سو و تحمل ضربه‌های و نیروهای مکانیکی حین حمل و نقل و نصب از سوی دیگر می‌باشد.

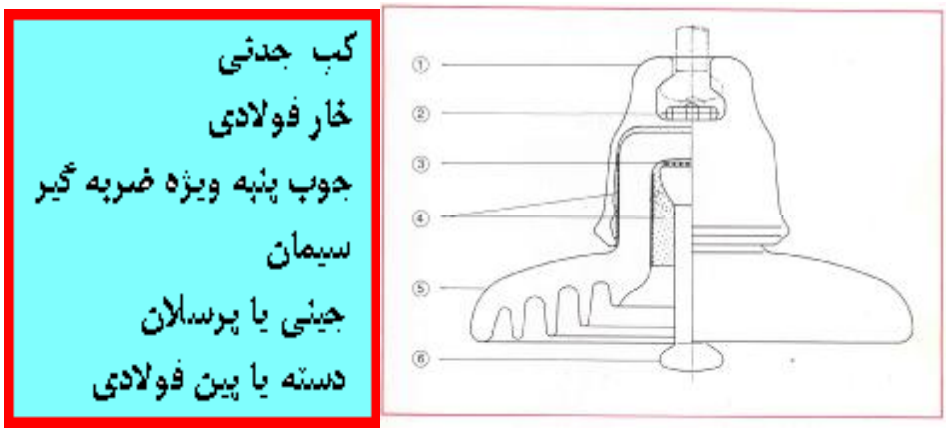
واژه‌های کلیدی : طراحی مکانیکی – کلاهک – مقره پرسلانی

1- مقدمه:

طراحی کلاهک مقره‌های پرسلانی بشقابی بر اساس محدودیت‌های ماده سازنده، محدودیت‌های فرآیند تولید مقره، انتظارات کاربردی از مقره و نیروهای کششی مورد نیاز بر اساس طراحی خط صورت می‌پذیرد[1].

[1و2] پژوهشگاه نیرو -گروه مواد غیرفلزی

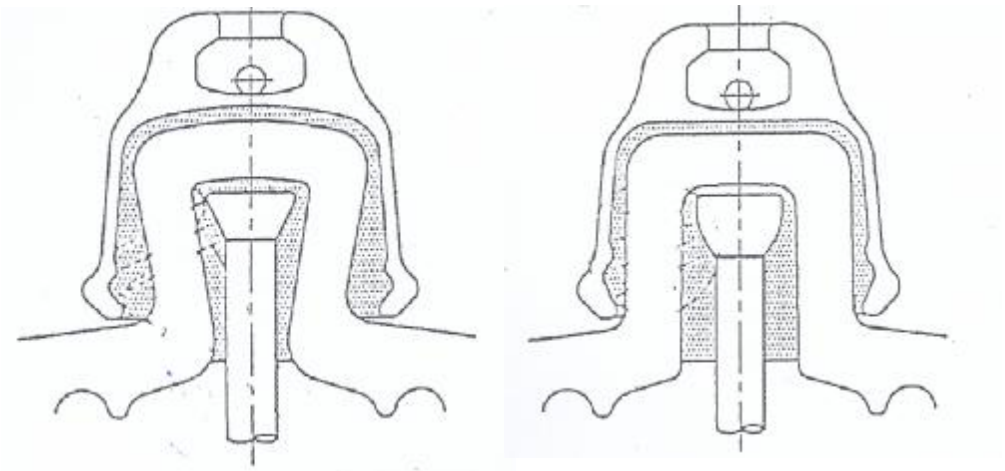
بخش کلاهک در قطعه پرسلانی تحت بیشترین تنشهای مکانیکی و تنش الکتریکی قرار دارد. در این راستا به منظور تحمل نیروهای مکانیکی و حفظ انسجام و اتصال و عدم دررفتگی قطعات لازم است تا کلاهک به شکل مناسبی طراحی گردد[2].
شکل (1) اجزاءیک مقره بشقابی را نشان می‌دهد.



شکل 1 – اجزاء کلی یک مقره بشقابی [1]

برای آنکه یک قطعه سرامیکی در مراحل ساخت بهترین شرایط و حداقل عیوب را داشته باشد، لازم است تا از ضخامت یکنواخت و یکسان برخوردار باشد. همچنین وجود زوایا و کنج‌های تیز، احتمال وقوع عیب را در محصول به‌طور قابل ملاحظه‌ای افزایش می‌دهد به همین دلیل تغییر تدریجی ضخامت و داشتن گوشه‌های گرد و با زوایای بزرگتر توصیه می‌گردد[3].
در طراحی مکانیکی مقره، طراحی بخش کلاهک مقره از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است زیرا تمامی نیروهای مکانیکی وارده بر مقره از طرف خط و یا دکل به ناحیه کلاهک منتقل می‌گردد.
اغلب مواد سرامیکی و پرسلان در برابر نیروهای کششی، ضعیف و متقابلاً در برابر نیروهای فشاری بسیار مقاوم می‌باشند، به همین دلیل در طراحی با این مواد قرار دادن اجزاء سرامیکی به‌گونه‌ای که تحت نیروهای فشاری به‌جای نیروهای کششی یا برشی باشند از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است و قابلیت اطمینان به تجهیز ساخته شده را افزایش می‌دهد[2].
طرحهای رایج کلاهک در مقره‌های پرسلانی به دو شکل مستقیم و مخروطی یا دم چلچله‌ای می‌باشد. با طراحی درست کلاهک نیروی کششی به نیروی فشاری تبدیل می‌شود. تا تخریب مقره ناشی از بخش کلاهک به حداقل برسد و قابلیت اطمینان برای دوره کاری طولانی را افزایش دهد. در این بین طراحی مستقیم خواص مناسب را برای کارکرد مطلوب ارائه می‌نماید.

هم‌اکنون ساخت کلاهک مقره به دو صورت انجام می‌پذیرد[4]:
1- کلاهک مستقیم (Straight Head) 2- کلاهک دم چلچله‌ای (Dove Tail)
نوع دوم تقریباً در حال منسوخ شدن می‌باشد و نوع اول جایگزین آن گردیده است. شکل (2) نمایی از این دو نوع کلاهک مقره را نشان می‌دهد.



الف ب

شکل (2): نمایی از کلاهک مستقیم و کلاهک دم چلچله‌ای

الف- کلاهک مستقیم ب- کلاهک دم چلچله‌أی[4]

2- اصول طراحی کلاهک :

طراحی بخش کلاهک، که به‌وسیله کپ فلزی پوشش داده می‌شود، از نظر مکانیکی و پایداری درازمدت مقره‌های آویزی شرایط بسیار بحرانی و حساسی را دارد.

نیروی کششی مکانیکی وارده بر مقره‌های آویزی، در کلاهک به نیروی فشاری تبدیل می‌گردد. میزان تاثیر این تبدیل وابسته به طراحی کپ فلزی، بدنه پرسلان و پین فلزی است. طراحی ضعیف برای این قسمت می‌تواند سبب زایل شدن کل مقره می‌شود.

به لحاظ الکتریکی هرگونه عیب در مواد عایق در این بخش منجر به سوراخ شدن مقره می‌شود.

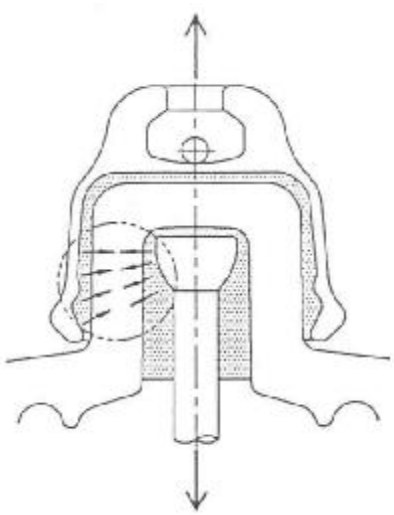
استحکام پرسلان یا شیشه در برابر نیروهای فشاری 10-7 برابر بیشتر از نیروهای کششی است. بنابراین نیروی کششی به‌طور موثر به نیروی فشار تبدیل می‌شود تا از بین رفتن مقره ناشی از بخش کلاهک به حداقل برسد و قابلیت اطمینان برای دوره کاری طولانی را افزایش دهد. همچنین لازم است تا توزیع تنش در بخش کلاهک، تاحدامکان به‌وسیله نیروهای کشش خارجی یکنواخت گردد. اگر تبدیل نیروهای کششی به فشاری به‌طور موثر انجام نشود یا اینکه تمرکز موضعی تنش در بدنه عایق وجود داشته باشد، احتمال وقوع ریزترک‌ها درون بدنه عایق باید بسیار موردتوجه قرار گیرد[4].

طراحی بخش کلاهک مقره‌های آویزی برای تولیدکنندگان مختلف اساساً در دو خانواده طبقه‌بندی می‌شود[3]:

1- طراحی کلاهک مستقیم (استوانه‌ای) با ماسه‌پاشی

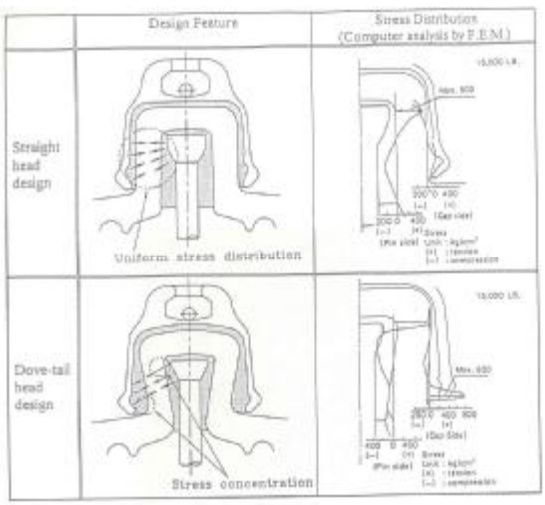
2- طراحی کلاهک دم چلچله‌ای (مخروطی)

طراحی کلاهک مستقیم به‌طور عمومی به‌وسیله سازندگان در ژاپن و آمریکا به‌کار گرفته شده است. بعضی از سازندگان در انگلستان و چین هر دو نوع طراحی کلاهک مستقیم و دم چلچله‌ای را دارند. طراحی سازندگان کشورهای آسیایی به‌طور مختلط است.



شکل (3) تبدیل نیروی کششی مکانیکی درمقره‌های آویزی در کلاهک به نیروی فشاری[4]

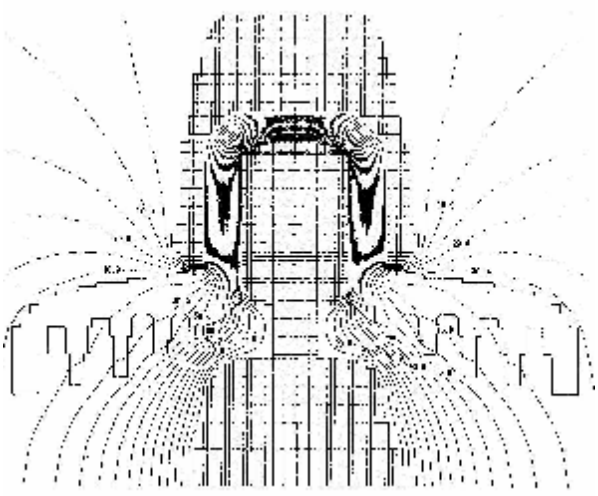
نیروی کششی مکانیکی درمقره‌های آویزی در کلاهک به نیروی فشاری تبدیل می‌گردد این موضوع در شکل (3) قابل رویت است. میزان تاثیر این تبدیل وابسته به طراحی کپ فلزی، بدنه پرسلان و پین فلزی است. طراحی ضعیف برای این قسمت میتواند سبب زایل شدن کل مقره می‌شود[3].



شکل(4) توزیع تنش را در دو نوع طراحی مخروطی و مستقیم [4]

شکل (4) توزیع تنش را در دو نوع طراحی مخروطی و مستقیم نشان می‌دهد. این شکل همچنین توزیع تنش در بخش کلاهک طراحی و دم چلچله‌ای مقره‌های بشقابی را در سنجش مقدار M&E درمقایسه با طراحی کلاهک مستقیم با ماسه مقایسه می‌نماید. بیشترین تنش در طراحی کلاهک مستقیم در بخش نزدیک به پین در حـــدود $500\ kg/cm^2$ است. از سوی دیگر بیشترین تنش در طراح کلاهک دم چلچله‌ای در حـــدود $800\ kg/cm^2$ در سمت کپ $600\ kg/cm^2$ در سمت پین است. پس در طراحی کلاهک دم چلچله‌ای بطور قابل ملاحظه‌ای تمرکز تنش بالاتری در شرایط کاری دارد. مقره‌ها در شرایط کاری عادی بطور پیوسته تحت بارهای خاصی در شرایط کارکرد عادی هستند. برخی از مواقع تحت بارهای غیرعادی، بواسطه بادهای قوی و دیگر شرایط جوی قرار می‌گیرد. تمرکز تنش بالا در ناحیه گردن منجر به ایجاد ترکهای ریز در بدنه و در نهایت شکست می‌شود. درصورت ادامه تنش مشابه، ایجاد و گسترش ترکها و تبدیل به ترکهای بزرگ قابل رویت در بدنه انجام می‌شود. از آنجایکه بخش کلاهک بطور پیوسته تحت تنش های بالای الکتریکی قرار دارد (بدلیل وجود دو الکترود یا جوشن فلزی در جوار آن) یک تنش بزرگ الکتریکی میتواند باعث سوراخ شدن ناگهانی مقره دارای ترک شود و به عمر مقره پایان دهد[4].

تخریب مقره دم چلچله‌ای بیشتر بواسطه تشکیل ترک در بخش گردن کلاهک ایجاد میگردد. طرح کلاهک مستقیم ماسه دار توزیع تنش یک نواختی را ارائه می‌نماید مش بندی توزیع پتانسیل بر مقره با کلاهک مستقیم در شکل (5) دیده می‌شود.



شکل (5) مش بندی توزیع پتانسیل بر مقره با کلاهک مستقیم[3]

دیواره مستقیم بدنه مقره، کلاهک بطور موثر بار کششی را به فشار تبدیل می‌نماید. تعداد بی‌شمار ماسه برروی سطح دیواره اتصالات نقاط بی‌شماری بین ماسه و سیمان نقاط پراکنده موضعی تنش را ایجاد می‌کند.

3- نتیجه‌گیری نهایی:

با توجه به مطالب عنوان شده، می‌توان نتایج زیر را به دست آورد:

1- طرح کلکی مستقیم ماسه دار احتمال کاهش کیفیت بدنه مقره را کمتر می‌نماید و عمر کاری مقره طویل‌تر و احتمال وقوع عیب در آن کمتر می‌شود.

2- عامل دیگر برای طرح دم چلچله‌ای، کلاهک بزرگتر آن و کپ بزرگتر و در نتیجه وزن بیشتر مقره است.

3- کنترل فرآیند ماسه زنی عمل ساده‌ای نیست. اگر اندازه مواد ماسه، رنج و توزیع آن کافی نباشد، استحکام مکانیکی مقره‌ها کاهش می‌یابد. طرح دم چلچله‌ای مقره‌هایی با کیفیت پایینتر را بوجود می‌آورد.

جدول (1) مقایسه فنی مشخصات طراحی کلاهک مستقیم و دم چلچله‌ای را نشان می‌دهد.

جدول (1) مقایسه فنی مشخصات طراحی کلاهک مستقیم و دم چلچله‌ای[4]

طرح کلاهک	طرح مستقیم ماسه دار	طرح کلاهک دم چلچله‌ای
توزیع تنش در کلاهک	تمرکز تنش پایینتر	تمرکز تنش بیشتر درمحل گلویی کلاهک
عملکرد طولانی مدت	عمر کارکرد طولانی	احتمال بزرگتر تخریب سریعتر (ترک مکانیکی و سوراخ شدن الکتریکی)
وزن واحد مقره	سبکتر	سنگینتر

4- مراجع:

1- Ravi S. Gouror et al., « Outdoor Insulator », Ravi S. Gorur Inc., Arizona. USA, 1999, pp 23-25.

2- "Analysis of mehanical stress distribution on head portion of cap and pin type suspension insulators by finite element method", NGK Technical note, TN-81064.

3- A. L. Barclay and D. A. Swift, "Cap and Pin Insulators: electrical puncture of porcelain under AC energization", fifth international conference on dielectric materials, measurments and application June 1988, pp 370-374.

4- مجید مرکزی-گزارشهای پروژه مقره پرسلانی با لعاب نیمه‌هادی-گروه مواد غیر فلزی –پژوهشگاه نیرو. 1382.