# فصل ششم
# مقره‌های فشار قوی

## ۶-۱ - مقدّمه

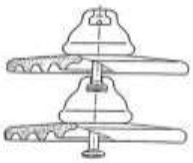
برای اتّصال هادی‌های خطوط انتقال به دکل‌ها، که دارای ولتاژهای زیادی نسبت به بدنهٔ دکل و نسبت به یکدیگراند، از مقره‌های فشار قوی استفاده می‌شود. این مقره‌ها بر حسب ولتاژ مورد استفاده و شرایط محیطی، شکل خاصّی به خود می‌گیرند و عمدتاً دارای دو وظیفهٔ مهم می‌باشند:

اوّلاً، وظیفه مکانیکی (استقامت مکانیکی) آن‌هاست؛ به‌طوری که باید دارای استقامت مکانیکی مناسبی بوده و قادر باشند بارها و نیروهای مکانیکی را تحت بدترین شرایط (از قبیل برف و باد، باران و وقتی که ضخامت یخ و برف تشکیل شده روی سیم‌ها در حدّاکثر مقدار خود باشد) به خوبی تحمّل کنند. همچنین باید تحمّل وزن هادی‌های خطوط سیستم‌های انتقال و توزیع برای نگهداری سیم‌های هوایی روی پایه‌ها و دکل‌ها را داشته باشند.

ثانیاً، وظیفه الکتریکی (استقامت الکتریکی) آن‌هاست؛ به‌طوری که باید دارای خواصّ عایقی مناسب باشند تا بتوانند از نظر الکتریکی، هادی‌های دارای ولتاژ را به خوبی از دکل و از یکدیگر جدا کنند. همچنین، علاوه بر تحمّل ولتاژ کار خط، باید در مقابل اضافه ولتاژهای ضربه‌ای ناشی از رعد و برق و قطع و وصل کلیدها و غیره به خوبی مقاومت کنند. به‌عبارت دیگر، استقامت الکتریکی آن‌ها باید در حدّی باشد که در بدترین شرایط، یعنی در حضور رطوبت، باران، آلودگی و بروز صاعقه با

مقره‌ها پایه عایقی هستند از جنس چینی یا شیشه‌ای که برای جدا سازی سیم‌ها از پایه و کنسول در خطوط و دکل‌های انتقال برق مورد استفاده قرار می‌گیرند. البته نوع رزینی( کاربرد در فضای بسته) هم ساخته می‌شود.

مقره‌ای که برای خطوط تا ۳۵ کیلووات استفاده می‌شود.



مقره‌ها در انواع چرخی ، سوزنی و بشقابی برای ولتاژهای معینی ساخته می‌شوند. مقره‌های بشقابی در خطوط فوق توزیع و انتقال هم در طول خط مورد استفاده قرار می‌گیرد.

سطح مقره باید کاملاً صاف و صیقلی باشد تا امکان نشستن گرد و غبار و آلودگی روی آن به حداقل برسد . سطح مقره باید این قابلیت را داشته باشد که هنگام ریزش باران شسته شود و باران روی آن نماند.

هر بشقاب مقره برای ولتاژ نامی حدود ۱۱ کیلوولت ساخته می‌شود و می‌توان آن را به صورت زنجیری برای ولتاژهای بالاتر به یکدیگر متصل نمود به عنوان مثال در خط ۲۰ کیلو ولت معمولا از دو مقره استفاده می‌شود. فرمول تجربی تعداد مقره‌های یک زنجیر با توجه به سطح ولتاژ در دو استاندارد :

$$N \geq \frac{KV}{16.8} + 1 \quad \text{و} \quad N \geq \frac{KV}{20} + 1$$

### ۶-۲-۱- مقره‌های چینی

مقره‌های چینی از سه مادّهٔ مختلف تشکیل شده است:

۱- کائولین (خاک چینی) $Al_2O_3 . 2\ SiO_2 . 2H_2O$ به‌مقدار ۴۰ تا ۵۰ درصد،

۲- سیلیکات آلومینیوم پتاسیم (فلداسپات) $K_2O . Al_2O_3 . 6\ SiO_2$ به‌مقدار ۲۵ تا ۳۰ درصد،

۳- پودر کوارتز $SiO_2$ به‌مقدار حدّاکثر ۲۵ درصد.

این سه نوع مادّه، به‌ترتیب برای بالا بردن استقامت حرارتی، الکتریکی و مکانیکی به کار می‌روند. به‌عبارت دیگر، خواصّ الکتریکی، مکانیکی و حرارتی چینی بستگی به درصد فراوانی این سه جزء دارد. هر چه فلداسپات بیشتر باشد، استقامت الکتریکی آن زیادتر است و هر چه مقدار کوارتز بیشتر شود، استقامت مکانیکی آن بیشتر شده و با افزایش کائولین، استقامت حرارتی آن بیشتر می‌شود.

برای تهیه مقرهٔ چینی، موادّ فوق را با کمی آب خالص مخلوط می‌کنند تا به‌صورت گِل و خمیر درآید. سپس این گِل را در قالب‌های معیّنی شکل داده و در

**مثال : تعداد مقره‌های خط ۶۳ کیلو ولت : ..... تعداد مقره‌های خط ۲۳۰ کیلو ولت**

کوره حرارت می‌دهند تا پخته شود و رطوبت آن نیز گرفته شود. البتّه قبل از قالب‌گیری، درصد رطوبت گل را پایین آورده و تحت خلاء پرس می‌نمایند. پس از پخته شدن در کوره، آن را سرد می‌کنند. سرد کردن آن به‌طور ناگهانی انجام نمی‌شود و ملایم صورت می‌گیرد تا ترکی در آن ایجاد نشود. پس از این مرحله، یک لایه لعاب شیشه‌ای بر روی آن می‌ریزند تا سطح آن کاملاً صاف و صیقلی و برّاق شده و خالی

---

*1- Indoor*  *2- Epoxy resin*

از وجود حباب‌ها و ترک‌های مویین گردد. لعاب شیشه‌ای علاوه بر افزایش استقامت مکانیکی مقره، قدرت چسبندگی گرد و غبار و نفوذ گرد و غبار و رطوبت را کاهش می‌دهد. همچنین باعث ایجاد یک سطح کاملاً صاف و موجب افزایش مقاومت سطحی مقره می‌گردد.

درجه حرارت پختن در کوره نیز، در تعیین استقامت الکتریکی و مکانیکی مقرهٔ چینی مؤثّر است. هر چه درجه حرارت کوره بالاتر باشد، حباب‌های هوا در مقره کم‌تر به‌وجود می‌آید و استقامت الکتریکی آن زیاد می‌شود؛ امّا در عوض، عایق خیلی ترد و شکننده می‌شود. هر چه درجه حرارت پختن در کوره کم‌تر شود، استقامت مکانیکی مقره بیشتر می‌شود ولی حفره‌های بیشتری در آن باقی می‌ماند و استقامت الکتریکی آن کاهش می‌یابد. معمولاً درجه حرارت پخت در کوره را بین ۱۲۰۰ تا ۱۵۰۰ درجه سانتیگراد حفظ می‌کنند. استقامت الکتریکی چینی بین ۱۲۰kV/cm تا ۲۸۰kV/cm می‌باشد.

### ۶-۲-۲- مقره‌های شیشه‌ای

معمولاً شیشه را در درجه حرارت‌های بالا با مخلوطی از موادّ مختلف از جمله آهک و پودر کوارتز ذوب کرده، سپس به‌طور ناگهانی آن را سرد، می‌کنند و قالب‌ریزی می‌نمایند. این عمل باعث سفت شدن شیشه[1] می‌شود. بدین ترتیب مقرهٔ شیشه‌ای با استقامت مکانیکی خیلی زیاد به‌دست می‌آید که در مقابل لب پریدگی از چینی مقاوم‌تر است؛ استقامت مکانیکی فشاری آن حدود ۱/۵ برابر چینی، و استقامت مکانیکی کششی آن تقریباً ۲ برابر چینی است.

---

1- *Toughening Glass*

خاصیت آب‌گریزی سیلیکون‌رابر برخلاف سایر پلیمرها، همیشه پایدار است.

### ۶-۲-۴- مقره‌های رزینی

مقره‌های رزینی به‌طور عمده از ترکیبات بی‌سفنل آ و اپی‌کلروهیدرین ساخته می‌شوند. ترکیب اکسیژن با پلاستیک‌های ذکر شده به‌صورت پُلی‌ادیسون انجام می‌شود؛ یعنی همراه با ترکیب، مولکول‌های بزرگ تولید می‌شود. برای سخت‌تر شدن ترکیب مذکور، معمولاً موادّ اضافی مانند کوارتز نیز اضافه می‌شود تا در نهایت، به‌وسیلهٔ حرارت دادن و ریخته‌گری، مقرهٔ رزینی ساخته شود. این نوع مقره‌ها به‌دلیل نداشتن مقاومت در برابر اشعهٔ ماوراءبنفش خورشید، قابل استفاده در فضای آزاد نیستند و فقط در فضاهای داخلی و داخل تابلوها استفاده می‌شوند.

## ۶-۳- شکست الکتریکی در مقره‌ها

شکست الکتریکی بر روی مقره‌ها ممکن است به‌طور عمده به دو علّت صورت پذیرد. یکی تشکیل جرقّه از داخل مقره و دیگری تشکیل جرقّهٔ سطحی؛ که مورد اوّل به‌سبب آن‌که مقره به دلیل سوراخ شدن، خاصیت عایقی خود را از دست می‌دهد، از اهمّیت بیشتری برخوردار است. تخلیهٔ نوع دوم هم ممکن است به سه صورت مختلف انجام پذیرد.

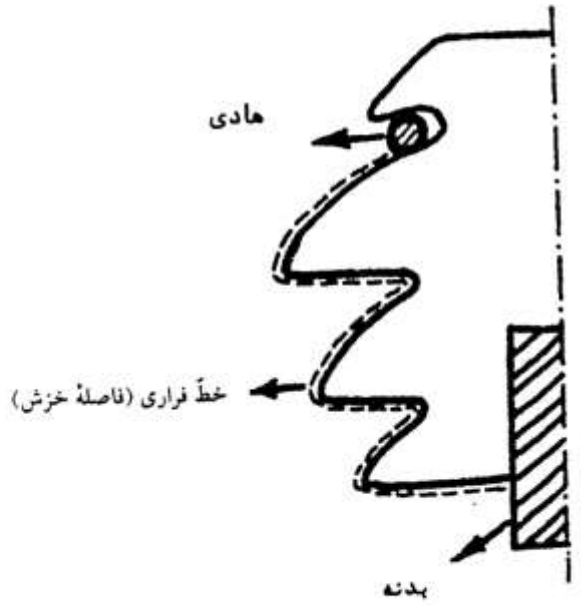
### ۶-۳-۱- تخلیهٔ بین هادی و بدنه از طریق هدایت سطحی عایق

این نوع تخلیه در شرایطی که مقره (ایزولاتور) به‌علّت کثیف بودن، آلودگی و مرطوب بودن، خاصیت عایقی کم‌تری دارد ممکن است به‌وقوع بپیوندد. در این حالت، کوتاه‌ترین مسیر روی سطح مقره، که هادی را به بدنه مربوط می‌سازد، "خطّ فراری" (فاصلهٔ خزش) یا "مسیر جریان خزشی"[1] نامیده می‌شود (شکل ۶-۱ را ببینید). در اثر افزایش میزان رطوبت، آلودگی و رسانایی روی سطح مقره، جریان

---

*1- Creepage Distance*

نشتی روی سطح مقره در این مسیر افزایش می‌یابد و منجر به بروز جرقهٔ سطحی می‌شود.




شکل (۶-۱): تخلیه از طریق هدایت سطحی

### ۶-۳-۲- تخلیه در اثر افزایش ناگهانی ولتاژ بین هادی و بدنه در هوای خشک

هنگامی‌که سطح مقره خشک و نسبتاً تمیز باشد، این نوع تخلیه رخ می‌دهد که معمولاً از طریق کوتاه‌ترین مسیر بین هادی خط و پایهٔ مقره انجام می‌گیرد (شکل ۶-۲ را ببینید).

### ۶-۳-۳- تخلیه در اثر افزایش ناگهانی ولتاژ بین هادی و بدنه در هوای مرطوب

هنگامی که سطح مقره مرطوب باشد، این نوع تخلیه رخ می‌دهد (شکل ۶-۳ را ببینید). مسیر برقرای جریان در این نوع تخلیه، مجموع کم‌ترین فواصل از لبهٔ چترها تا روی سطح چتر پایینی، و آخرین لبه تا پایهٔ مقره می‌باشد.

پاره‌ای از نکات مهمّی

که باید در مورد انتخاب نوع مقره در نظر گرفته شود، به شرح زیر است:

الف) باید سطح مقره صاف باشد تا حتّی‌الامکان از نشستن و تشکیل گرد و غبار و آلودگی‌های موجود در هوا (که باعث کاهش ایزولاسیون سطحی و بالطبع افزایش جریان نشتی و افزایش احتمال وقوع تخلیهٔ سطحی می‌گردد)، جلوگیری شود. این امر در مناطقی با هوای بسیار آلوده، مستلزم کاربرد مقره‌های با شیارهای کم عمق‌تر می‌باشد.

ب) به منظور کاهش جریان نشتی و کاهش احتمال وقوع تخلیه، باید حتّی‌الامکان طول مسیر جریان خزشی بیشتر شود. این امر مستلزم ایجاد شیارها و فرورفتگی‌های عمیق روی سطح زیرین مقره‌ها می‌باشد؛ زیرا نباید ابعاد مقره، خیلی بزرگ شود.

ج) باید شکل مقره چنان طرّاحی گردد که آب باران روی سطح آن باقی نماند و حتّی‌الامکان سریع خشک شود. این امر، به‌طور عمده به طرّاحی مقره‌های چتری شکل منجر شده است که از خواصّ مطلوب آن این است که معمولاً بخش زیرین آن در شرایط بارانی (اگر باد نباشد) خشک باقی می‌ماند. همچنین باران به‌سادگی از روی چترهای شیب‌دار پایین می‌ریزد و آلودگی‌های سطح را نیز شستشو می‌دهد.

## ۶-۵- مقره‌های خطوط هوایی

درصد بسیار زیادی از مقره‌های مورد استفاده، از نوع مقره‌های خطوط هوایی می‌باشد. از این نوع مقره‌ها می‌توان به موارد زیر اشاره نمود:

۱- مقره‌های سوزنی
۲- مقره‌های آویزان بشقابی
۳- مقره‌های کششی
۴- مقره‌های مهار
۵- مقرهای آویزان استوانه‌ای
۶- مقره‌های مخصوص
۷- مقره‌های چرخی

### ۶-۵-۱- مقره‌های سوزنی[۱۱]

همان‌طور که از نام این مقره‌ها بر می‌آید مقره توسّط یک سوزن یا میخ فولادی گالوانیزه به پایه بسته می‌شود. معمولاً این نوع مقره‌ها از جنس چینی می‌باشند. نحوهٔ استفاده از این مقره طوری است که معمولاً تحت تأثیر نیروی فشاری قرار می‌گیرد؛ ولی چنان‌چه به‌صورت معکوس به بازوهای پایه‌ها بسته شود، تحت تأثیر نیروی کشش قرار خواهد گرفت. طبق استانداردهای مختلف، تماس مستقیم بین چینی و فلز سخت سوزن مقره چندان مناسب نخواهد بود و باید توسّط یک انگشتانهٔ فلزی از جنس نرم‌تر از هم جدا شوند. برای این منظور، معمولاً از فلز سرب استفاده می‌شود. این مقره‌ها را می‌توان با افزایش طبقات عایق برای ولتاژهای بالاتر به‌کار برد؛ امّا معمولاً برای ولتاژهای توزیع ساخته می‌شوند. کاربرد این نوع مقره‌ها،معمولاً به ولتاژهای زیر ۵۰kV محدود می‌شود؛ زیرا در ولتاژهای بالاتر، هزینهٔ آن غیراقتصادی بوده و با افزایش ولتاژ، ازدیاد قیمتی نشان می‌دهد

### ۶-۵-۲- مقره‌های آویزان بشقابی[۱۱]

همان‌طور که گفته شد، در ولتاژهای بالاتر از ۵۰kV که در سیستم‌های انتقال و فوق‌توزیع بکار می‌رود، استفاده از مقره‌های سوزنی به‌علّت نیاز به ضخامت زیادتر و پیچیده شدن ساختمان یک پارچهٔ مقره و گران‌تر بودن و غیراقتصادی شدن آن‌ها، امکان‌پذیر نیست. از طرف دیگر برای ولتاژهای بالا، اندازهٔ آن‌ها بیش از حدّ بزرگ می‌شود. این نکات موجب گرایش توجّه متخصّصان به‌مقره‌های آویزان برای خطوط انتقال با ولتاژ بالا شده است. همان‌طور که از نام این مقره‌ها مشخّص است، هادی خطّ انتقال توسّط مقره، زیر بازوهای دکل به‌صورت آویزان قرار می‌گیرد. در خطوط انتقال، دو نوع مقرهٔ آویزان مورد استفاده قرار می‌گیرند که عبارتند از: مقره‌های آویزان بشقابی و مقره‌های آویزان استوانه‌ای.

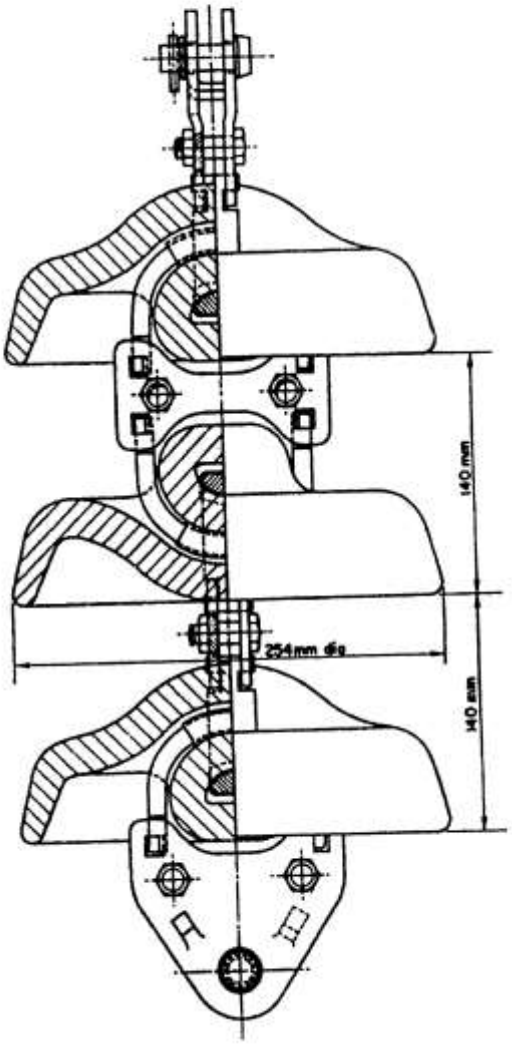
مزایای استفاده از مقره‌های بشقابی را می‌توان به‌صورت زیر بیان نمود :

۱- چون هر واحد مقرهٔ بشقابی برای یک ولتاژ نامی پایینی (در حدود ۱۱kV) طرّاحی می‌شود، از این‌رو، متناسب با ولتاژ خط می‌توان به تعداد دلخواه از این بشقاب‌ها را به هم متّصل کرد تا یک زنجیرهٔ آن بتواند ولتاژ خط را تحمّل کند.

۲- اگر هر کدام از بشقاب‌های یک زنجیرهٔ مقرهٔ آویزان، معیوب یا صدمه ببینند فقط لازم است همان بشقاب معیوب عوض شود. این کار به سادگی انجام می‌شود و نیازی به تعویض کلّ زنجیره نمی‌باشد (اقتصادی بودن مقره).

۳- چون زنجیرهٔ مقره به کراس آرم دکل، آویزان است و می‌تواند به‌صورت آزادانه حرکت کند، نیروی ناشی از باد یا وزن سیم به محور مقره وارد می‌شود و بنابراین، حدّاقل فشار مکانیکی بر مقره‌های آویزان اعمال می‌گردد. (تنش‌های مکانیکی کم‌تری به مقره وارد می‌شود).

۴- اگر به دلیلی بخواهند ولتاژ نامی خط را افزایش دهند، به راحتی می‌توان با اضافه نمودن چند بشقاب دیگر، قدرت عایقی مناسب را به‌دست آورد و نیازی به تعویض زنجیرهٔ مقره نیست (قابلیّت انعطاف در افزایش ولتاژ خط).




شکل (۶-۸): مقرهٔ هیولت

۵- چون هادی خط به زنجیرهٔ آویزان است و پایین‌تر از بازوی کراس آرم دکل خطاً انتقال قرار می‌گیرد، در نتیجه هنگام برخورد صاعقه به خط، صاعقه، ابتدا به بازوی کراس آرم برخورد می‌کند که تا حدود زیادی از زنجیره محافظت می‌کند.

۶- اگر بار مکانیکی خط زیاد شود (مثلاً در اسپن‌های بلند، هنگام عبور خطوط انتقال از روی رودخانه‌ها، درّه‌ها و اتوبان‌ها)، می‌توان از دو یا چند زنجیرهٔ مقرهٔ

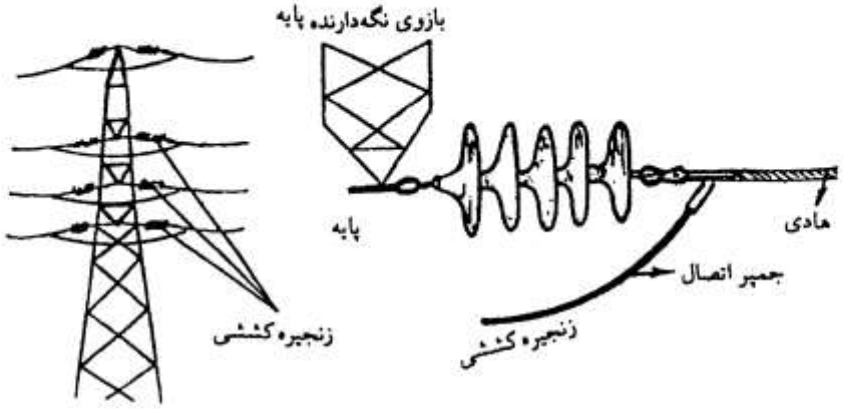
آویزی موازی یا بیشتر استفاده کرد.

به‌طور تقریبی می‌توان رابطهٔ زیر را برای تعیین تعداد بشقاب‌های یک زنجیره مورد استفاده قرار داد.

$$N = \frac{\text{ولتاژ خطی خطّ انتقال}}{۱۶/۷} + ۱ \qquad (۶-۱)$$

### ۶-۵-۳- مقره‌های کششی[۱۱]

مقره‌های کششی در جاهایی که نیروی کششی افقی زیادی به مقره وارد می‌شود، استفاده می‌گردد. از این مقره‌ها در پایه‌های ابتدایی و انتهایی خطوط انتقال و توزیع، و در پایه‌هایی که مسیر خط از حالت مستقیم خارج شده و یا نسبت به افق زاویه پیدا می‌کنند، استفاده می‌شود. مقره‌های مذکور، همان مقره‌های بشقابی هستند که به‌صورت افقی نصب می‌شوند و باید نیروی کششی خط را در پایه‌ها تحمّل کنند و چون نیروی زیادتری را باید تحمّل نمایند، فقط استقامت مکانیکی آن‌ها نسبت به مقره‌های آویزان بیشتر است. شکل (۶-۹) این نوع مقره‌ها را نشان می‌دهد.




شکل (۶-۹): مقرهٔ کششی

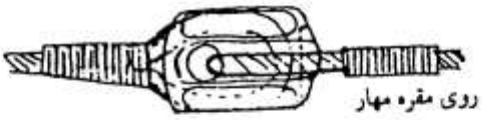
---

*1- Tension Insulators*

### ۶-۵-۴- مقرهٔ مهار[1]

در خطوط توزیع، برای پایه‌های واقع در ابتدا و انتهای خط، و یا برای پایه‌های قرار گرفته در زاویه و به‌منظور خنثی کردن نیروی کششی که از یک طرف به پایه وارد می‌شود، از سیم فولادی مهار استفاده می‌شود. این سیم مهار از یک طرف به سر تیر محکم می‌شود و از طرف دیگر به میلهٔ مهار و صفحهٔ مهار در عمق ۲ متری داخل زمین محکم می‌گردد. برای ایمنی و حفاظت بیشتر (که اگر احتمالاً سیم مهار در بالا از طریق میلگرد تیر بتنی برق‌دار گردید، سیم مهار در نزدیکی زمین برق‌دار نشود)، در وسط سیم مهار از مقرهٔ مهار استفاده می‌شود و سیم‌های مهار از دو طرف به مقرهٔ مهار متّصل می‌شوند. این مقره به گونه‌ای است که اگر شکسته شود سیم مهار رها نمی‌شود و البتّه باید تحمّل نیروی کششی سیم مهار را داشته باشند. شکل (۶-۱۰) این نوع مقره‌ها را نشان می‌دهد. این مقره به‌صورت یک شش وجهی استوانه‌ای می‌باشد که دارای دو سوراخ عمود بر هم است. سیمِ مهار از طرف بالا به سوراخ پایینی وارد و از وجه مقابل به روی همان سیم برگشته و پیچانده می‌شود تا محکم گردد. سیم مهارِ طرف پایین نیز به‌طور مشابه، روی سوراخ بالایی وارد و خارج می‌شود. بدین ترتیب، ضخامت بین دو سوراخ، سیم‌های بالایی و پایینی مهار را از هم ایزوله می‌کند.

مقره مهار از روبرو و از جلو



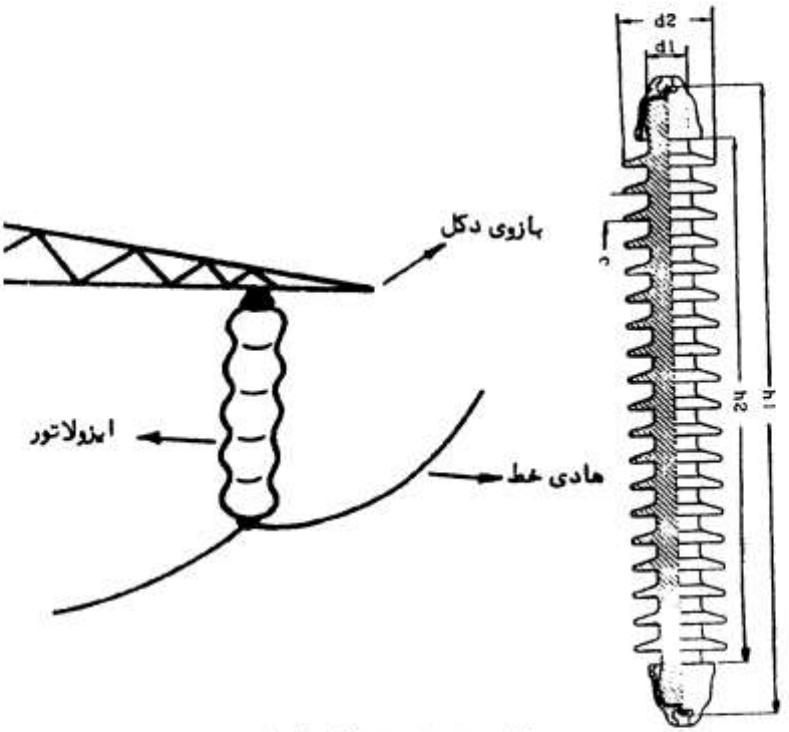
نحوه اتصال دو طرف سیم مهار روی مقره مهار

شکل (۶-۱۰): مقرهٔ مهار

1- *Stay Insulator*

### ۶-۵-۵- مقره‌های آویزان استوانه‌ای[1]

این مقره‌ها به‌صورت یک زنجیرهٔ استوانه‌ای و به‌شکل یکپارچه از جنس چینی یا اخیراً از موادّ ترکیبی[2] (که استقامت مکانیکی بسیار بالایی داشته و آب روی سطح آن‌ها پخش نمی‌شود و برای مناطق صحرایی مناسب است)، ساخته می‌شوند. در این نوع مقره‌ها به دو طرف انتهایی آن‌ها دو کلاهک فلزی با سیمان مخصوص یا چسب اتّصال داده می‌شود. در شکل (۶-۱۱) مقرهٔ استوانه‌ای نشان داده شده است. قطر استوانهٔ عایق، متناسب با قطر مکانیکی مورد نیاز انتخاب می‌شود. این مقره‌ها در مقایسه با مقره‌های آویزان بشقابی، از وزن بسیار کم‌تری برخوردارند (وزن مقره‌های آویزان در یک زنجیره، بیشتر به‌سبب وزن کلاهک‌های فلزی آن است)؛ از




شکل (۶-۱۱): مقرهٔ استوانه‌ای

1- *Long-Rod Insulators*  2- *Composite Material*

این‌رو، از نظر اقتصادی ارزان‌ترند. البتّه نقطه ضعف اصلی آن‌ها در نوع چینی، این است که امکان خراب شدن کامل مقره در اثر یک قوس الکتریکی یا ضربهٔ مکانیکی بیرونی بر آن وجود دارد؛ در صورتی‌که در مقره‌های بشقابی تمام زنجیره از بین نمی‌رود. در زنجیره‌های بشقابی اگر یک مقره دچار ترک شود، تا مدّت زیادی بقیهٔ مقره‌ها می‌توانند ولتاژ خط را تحمّل کنند و همچنین بار مکانیکی خط را نگه دارند. لازم به‌ذکر است که در ولتاژهای بالا می‌توان دو یا سه مقرهٔ استوانه‌ای را به هم متّصل کرده و به‌صورت یک زنجیره مورد استفاده قرار داد.

نوع ساخته شدهٔ این نوع مقره‌ها، از موادّ ترکیبی[۱] یا اصطلاحاً سیلیکونی[۲] دارای خاصیت آب‌گریزی[۳] بوده و آب و آلودگی روی سطح مقره پخش نمی‌شود؛ بلکه این آلودگی و رطوبت در یک نقطهٔ سطح باقی می‌ماند. در نتیجه، با توجّه به آن‌که تمام سطح، مرطوب نمی‌شود، بنابراین، می‌توان مسیر خزشی آن را کوتاه کرد. جریان نشتی این نوع مقره‌ها خیلی کم است و در مناطقی با آلودگی‌های زیاد، روی سطح آن‌ها جرقّه زده نمی‌شود و نیازی به تمیز کردن هم ندارند. این مقره‌ها ضمن داشتن استقامت مکانیکی بالا، از وزن بسیار کمی نیز برخوردارند.

### ۶-۵-۶- مقره‌های چرخی[۴]

از این نوع مقره‌ها در خطوط توزیع فشار ضعیف ۴۰۰V استفاده می‌شود. این مقره‌ها توسّط یک تسمهٔ فلزی $U$ شکل به‌نام "اتریه" به پایهٔ خطوط توزیع هوایی بسته می‌شوند و سیم هوایی شبکه، روی شیار چرخی مانند مقره قرار می‌گیرد و از آن به‌عنوان مقرهٔ کششی نیز استفاده می‌شود. مقره‌های چرخی در دو نوع یک شیاری و دو شیاری استفاده می‌شود که در شکل (۶-۱۲) قابل مشاهده می‌باشد. در وسط مقره، سوراخی وجود دارد که از این محل، پین فولادی از محلّ سوراخ وارد شده و با اشپیل از دو طرف بالا و پایین به اتریه بسته می‌شود. اتریه نیز توسّط پیچ به پایهٔ بتونی شبکهٔ توزیع هوایی ۴۰۰ بسته می‌شود.

---

1- *Composite*
2- *Silicone Rubber*
3- *Hydrophobicity*
4- *Spool Insulators*