شبکه هوایی سیمی

شبکه‌های سیمی فشارضعیف هوائی معمولاً از جنس مس هستند. این شبکه‌ها اغلب به صورت پنج سیمه احداث می‌گردند که ترتیب قرار گرفتن سیم‌ها از بالا به پایین، سیم نول (به دلیل وجود صاعقه)، سیم روشنائی معابر و پس از آن سه فاز است.

شبکه‌های سیمی فشارمتوسط هوائی معمولاً از جنس آلومینیوم فولاد است که این شبکه‌ها به صورت سه سیمه (سه فاز) با آرایش‌های مختلف بصورت تک مداره، دومداره و یا در مواردی سه مداره احداث می‌گردند.

شبکه فشارضعیف هوائی

شبکه فشارمتوسط هوائی

مزیت شبکه هوائی

- سبک و ارزان بودن آلومینیوم
- سهولت نصب
- سهولت انشعاب‌گیری
- هزینه نصب کمتر
- راحتی تعمیرات
- دسترسی ساده جهت ایجاد تغییرات

معایب شبکه هوائی

- قابلیت هدایت الکتریکی کمتر آلومینیوم (ضخامت بیشتر)
- از بین بردن زیبایی مناطق شهری
- خطرآسیب توسط طوفان و رعدوبرق ها
- خاموشی بیشتری نسبت به خطوط زمینی
- ایمنی کمتر به علت لخت بودن سیم ها (برق گرفتگی، آتش سوزی)
- وجود پرندگان و خاموشی های زودگذر

شبکه زمینی (کابلی)

کابل‌های زمینی برق بیشتر برای محیط‌های داخلی و بسته مناسب هستند. و معمولاً در مناطق پر جمعیت، اطراف نیروگاه ها، پست ها یا برخی گذرگاه‌ها، به دلیل موانع و خطرات که اجازه عبور شبکه به صورت هوایی داده نمی‌شود

مورد استفاده قرار می‌گیرند. انواع مختلفی از کابل ها وجود دارد که عمدتاً برای کنترل محدوده خاصی از ولتاژها ساخته می شوند و مزایا و معایب خود را دارند.

مزیت شبکه زمینی

- عیوب کمتر
- خاموشی کمتر
- آسیب نزدن به زیبایی مناطق شهری
- خطرات بسیار کمتری نسبت به خطوط هوایی
- عبور از اماکن کم عرض
- مناسب برای چگالی های بار زیاد

معایب شبکه زمینی

- گران تر بودن نصب خطوط زمینی نسبت به خطوط هوایی
- سختی اجرا (سرکابل، حفاری، ایجاد کانال های زیر زمینی)
- سختی گرفتن انشعاب
- عیب یابی سخت(وسائل مخصوص و گران قیمت)

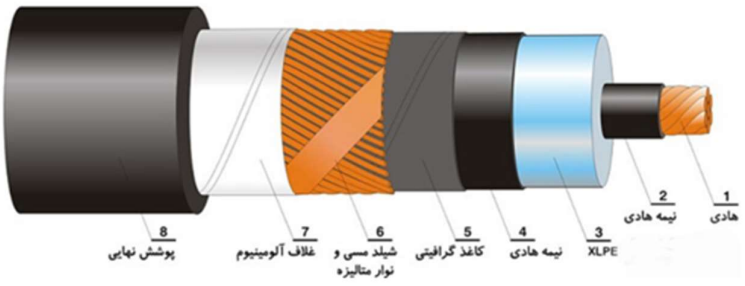
کابل

کابل‌ها نقش مهمی در انتقال توان الکتریکی به طور کارآمد و ایمن دارند. کابل‌ها در سیستم توزیع برای کنترل سطوح ولتاژ از ۱ کیلو ولت تا ۳۶ کیلو ولت به صورت تکفاز و یا سه فاز طراحی شده‌اند که از آنها برای طیف گسترده‌ای از کاربردها در تاسیسات داخلی و خارجی شبکه‌های عمومی و صنعتی، به صورت دفن در زمین و یا داخل کانال استفاده می‌شود.

کابل‌های فشارمتوسط

این نوع کابل‌ها جریان برق را از نیروگاه های برق به شبکه هایی که وظیفه توزیع را برعهده دارند، انتقال می‌دهند. بدین ترتیب، بخشی از کاربرد این کابل ها در شبکه های توزیع و برخی دیگر در شبکه های انتقال است. در حال حاضر انواع کابل‌های خشک با هادی مس و آلومینیوم بیشتر مورد استفاده قرار می‌گیرد، ولی قبلاً انواع کابل‌های روغنی مورد استفاده بوده و انواع دیگری همچون کابل‌های گازی و زیردریائی نیز وجود دارند.

در کابل خشک فشار قوی زره دار، یک نوع غلاف برای این کابل در نظر گرفته شده است که آن را در برابر اشعه های مضر مانند اشعه فرابنفش ایمن کرده است. روکش نهایی که کابل‌های برق فشارقوی را در برابر صدمات فیزیکی محافظت می‌کند از جنس های مختلفی مانند PE و PVC و HDPE است که اغلب به رنگ قرمز و یا مشکی است.



سرکابل

جهت اتصال کابل‌های فشار متوسط زمینی به خطوط هوایی، ادوات شبکه، ترانسفورماتورها و دیگر تجهیزات به وسیله‌ای به نام سرکابل نیاز است. سرکابل می‌تواند میدان الکتریکی اطراف کابل ها را کنترل کند و از ورود رطوبت به داخل کابل قدرت جلوگیری کند و فاصله خزشی را افزایش می‌دهد.

سرکابل حرارتی: در این سرکابل ها از روکش های حرارتی استفاده شده است. این روکش ها از پلی اتیلن ساخته شده اند. این سرکابل ها اغلب تا ولتاژ ۷۲.۵ کیلو ولت کارایی دارند.

سرکابل سرد: جنس بدنه این سرکابل ها از سیلیکون می باشد. به علت نرمی و خاصیت ارتجاعی سیلیکون، این سرکابل بهتر از هر ماده عایق دیگری به سطوح ناصاف کابل می‌چسبد و فرورفتگی و برجستگی‌ها را پر می‌کند و به این ترتیب از ایجاد گپ و در نتیجه تخلیه جرئی جلوگیری می‌کند. در این نوع سرکابل بدنه سرکابل به همراه بشقابک‌ها همگی با هم بر روی یک فنر قرار گرفته شده است. برای نصب تنها لازم است بعد از آماده سازی کابل سرکابل را در محل مورد نظر قرار دهیم و فنر آن را بکشیم.

سرکابل حرارتی فشار متوسط

سرکابل کلدشرینک فشار متوسط

کابل‌های فشار ضعیف

کابل‌های فشار ضعیف برای ولتاژهای در سطح ولتاژی ۵۰۰ تا ۱۰۰۰ ولت قرار دارند و با روکش‌هایی از مواد مختلف و تعداد رشته‌های هادی متغیر ساخته می‌شود. بدین ترتیب متناسب با نوع ماده به کار رفته در عایق و تعداد رشته‌های هادی این کابل‌ها که می‌تواند ۲ تا ۵ رشته باشد، کاربردهای متفاوتی را در عرصه‌های مختلف از آنها شاهد هستیم. نمونه‌ای از جدول کابل و جریان مجاز آنها در زیر آورده شده است:

ظرفیت جریان‌دهی کابلهای زمینی و هوایی

سطح مقطع	جنس هادی	وزن کابل KG/KM	قطر کابل mm	بدون اعمال ضرایب		با اعمال ضرایب	
				حداکثر جریان مجاز کابل در هوا (A)	حداکثر جریان مجاز کابل در زمین A)	حداکثر جریان مجاز کابل در هوا (A)	حداکثر جریان مجاز کابل در زمین (A)
۳×۲۵+۱۶	Cu	۱۵۶۱	۲۷,۸	۱۱۰	۱۳۲	۹۶	۱۱۰
۳×۳۵+۱۶	Cu	۱۹۵۱	۳۰,٤	۱۳۵	۱۵۹	۱۱۷	۱۳۳
۳×۵۰+۲۵	Cu	۲۱۶۲	۳۳,۱	۱۶۳	۱۸۸	۱٤۲	۱۵۷
۳×۷۰+۳۵	Cu	۲۹۵۶	۳۷,۷	۲۰۷	۲۳۳	۱۸۰	۱۹۵
۳×۹۵+۵۰	Cu	۳۳۷۹	٤۳,٤	۲۵۱	۲۷۹	۲۱۸	۲۳۳
۳×۱۲۰+۷۰	Cu	۰۰٤۵	٤۷	۲۹۰	۳۱۷	۲۵۲	۲۶۵
۳×۱۵۰+۷۰	Cu	۵٤۵۰	٤۸	۳۳۲	۳۵۵	۲۸۹	۲۹۷
۳×۱۸۵+۹۵	Cu	۶۹۵۰	۵۲	۳۷۸	٤۰۱	۳۲۹	۳۳۴
۳×۲٤۰+۱۲۰	Cu	۹۰۶۹	۵۳,۳	٤٤۵	٤۶۱	۳۸۷	۳۸۴
٤×۱۸۵	Al	۶۲۵۸	۶۰,۵	۲۸۸	۳۰۹	۲۵۱	۲۵۷
۱×۲٤۰	Cu	۲۵۵۹	۲۸	٤٤۵	٤۶۱	۳۸۷	۳۸۴

افت ولتاژ

اگر طول شبکه فشارضعیف (یا فشار متوسط) از حد معینی بیشتر شود، افت ولتاژ در نقاط تقاضا از حد مجاز بالاتر می‌رود، پس باید محدودیت افت ولتاژ را محاسبه و در زمان تخصیص بار تقاضا شده و یا طراحی شبکه در نظر گرفته شود. به صورت کلی می‌توان افت ولتاژ مجاز را بر اساس جدول زیر در نظر گرفت.

مسیر	افت ولتاژ مجاز به درصد
کابل یا خط هوایی فشار متوسط (۳۳KV، ۲۰، ۱۱)	۲
ترانسفورماتور توزیع	۵
کابل یا خط هوایی فشار ضعیف از پست تابلوی توزیع	۲
بین تابلوی توزیع تا دورترین مصرف کننده در: ۱- مدار روشنایی ۲- سایر تجهیزات	 ۳ ۵

محاسبه افت ولتاژ در سیستم جریان متناوب سه فاز به روش زیر می‌باشد:

$$\Delta U = \sqrt{۳}.I.L(R'Cos\varphi + X'Sin\varphi)$$

$$\%\Delta u = \frac{\Delta U}{U_n} \times ۱۰۰ = \frac{\sqrt{۳}.I.L(R'Cos\varphi + X'Sin\varphi)}{U_L} \times ۱۰۰$$

U_L ولتاژ نامی خط بر حسب ولت

R' مقاومت واحد طول کابل بر حسب Ω/KM

$Cos\varphi$ ضریب قدرت مصرف کننده (بار)

φ اختلاف فاز بین ولتاژ و جریان مصرف کننده

X' راکتاس واحد طول کابل (مقاومت القایی کابل) بر حسب Ω/KM

I شدت جریان عبوری بر حسب آمپر

R' مقاومت واحد طول کابل بر حسب اهم بر کیلومتر

L طول مسیر بر حسب کیلومتر (km)

مثال: در صورتی که یک کابل ۲۴۰×۳ با جریان بار ۲۳۱ آمپر و با ولتاژ خط ۱۰۰۰ ولت سه فاز و ضریب توان ۰.۹ را در نظر بگیریم که طول مسیر آن ۲۰۰ متر و افت ولتاژ مجاز برابر با ۳٪ باشد، صحت کابل محاسبه شده را بررسی نمایید؟

حل: (مقاومت و رئاکتانس واحد طول کابل با توجه به جدول کابل‌ها برای کابل ۲۴۰ چند رشته ای می‌باشد) $R = 0.0929\ \Omega/Km$ و $X = 0.075\ \Omega/Km$

$$Cos\varphi = ۰/۹\ ,\ L = ۲۰۰m\ ,\ L = ۰/۲Km\ ,\ I_L = ۲۳۱A,\ V_L = ۱۰۰۰V$$

$$\Delta U = \sqrt{۳}.I.L(R'Cos\varphi + X'Sin\varphi)$$

$$\Delta U = \sqrt{۳} \times ۲۳۱ \times ۰/۲(۰/۹۲۹ \times ۰/۹ + ۰/۰۷۵ \times ۰/۴۳۶) = ۹/۳V$$

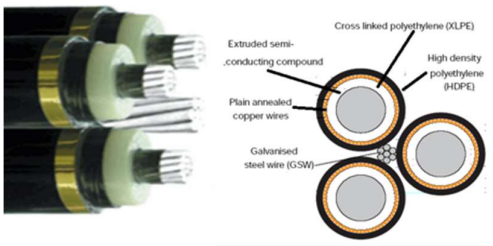
$$\%\Delta U = \frac{\Delta U}{U_n} \times ۱۰۰ = \frac{۹/۳}{۱۰۰۰} \times ۱۰۰ = \%۰/۹۳$$

با توجه به این که افت ولتاژ کمتر از مقدار حداکثر مجاز (۳٪) می‌باشد، پس کابل ۲۴۰×۳ مورد قبول است.

شبکه هوائی کابل خودنگهدار

کابل خودنگهدار Aerial Bundled Cable (ABC) نوعی کابل الکتریکی است که امروزه جایگزین سیم و کابل مسی شده است. این نوع کابل معمولاً از چند هادی از جنس آلومینیوم و روکش عایق (معمولاً از جنس پلی اتیلن) که عایق الکتریکی عالی بوده و محافظت در برابر عوامل محیطی مانند رطوبت و اشعه ماوراء بنفش را فراهم می‌کند، تشکیل شده که به یکدیگر بسته شده و در نوع مهاردار توسط یک کابل فولادی (مسنجر) پشتیبانی می‌شوند.

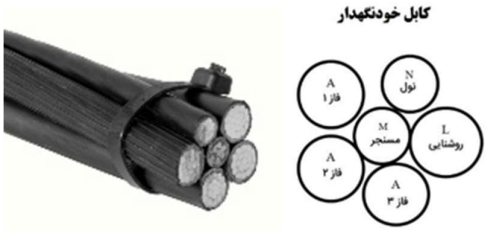
کابل خودنگهدار فشارمتوسط



در خطوط هوایی شبکه‌های فشارمتوسط، از کابل خودنگهدار هوایی که از سه رشته کابل تک فاز مجزا و یک مهار تشکیل شده، استفاده می‌شود. ساختار عایق کابل شامل لایه نیمه‌هادی، عایق پلی‌اتیلن (XLPE)، زره مسی و روکش عایق پلی‌اتیلن با دانسیته بالا (HDPE) می‌باشد.

کابل خودنگهدار فشارضعیف

در خطوط هوایی شبکه‌های فشارضعیف توزیع برق معمولاً از نوع شش رشته‌ای کابل خودنگهدار که دارای مسنجر است، بیشتر استفاده می‌شود.



مزیت شبکه هوائی کابل خودنگهدار

- احداث سریعتر و آسانتر
- هزینه احداث کمتر
- کم شدن خطر جانی برای افراد
- جلوگیری از استفاده های غیر مجاز از برق
- مزاحمت کمتر برای محیط اطراف
- قطعی کمتر در مقابل برخورد پرندگان، شاخه‌ها، خطاها و اتصال کوتاه
- کمتر شدن آسیب ناشی از رویدادهای مرتبط با آب و هوا و صاعقه

معایب شبکه هوائی کابل خودنگهدار

- عیب یابی این شبکه ها سخت بوده و زمان بیشتری می برد.
- انشعاب گیری از این شبکه ها سخت تر می باشد.

کابل هادی روکش دار

کابل هادی روکش دار صرفا از دو جز هادی از جنس آلومنیومی یا مس همراه با روکشی از جنس پلی اتیلن ساخته می‌شود که در دو نوع **(Coverd Conductor)** CC و **(Coverd Conductor Thick)** CCT موجود می‌باشند.

با استفاده از این هادی‌های روکش دار می‌توان فاصله فازها را کمتر گرفت، ولی نباید آنها با کابل‌های عایق اشتباه گرفته شوند، زیرا روکش قرار گرفته بر روی هادی آنها در برابر برق‌گرفتگی افراد ایمنی ایجاد نمی‌کند و تنها امکان اتصالی لحظه‌ای در اثر برخورد فازها به یکدیگر و زمین را از بین می‌برد.

نوع CC با روکشی از جنس پلی اتیلن کراسلینک، صرفاً در مقابل برخوردهای اتفاقی و کوتاه مدت دو فاز به هم یا فاز به زمین استقامت الکتریکی نشان می‌دهد و قوانین سیم بدون روکش بر آن حاکم است.

در هادی روکش دار CCT، دو لایه روکش اکسترود شده و ضخامت عایق متناسب با سطح ولتاژ و سایز هادی تغییر می‌کند و همچنین دارای روکش خارجی از جنس پلی اتیلن سنگین (HDPE) می‌باشد. در نتیجه می‌تواند در مقابل تماس‌های طولانی مدت دو فاز به هم یا یک فاز به زمین استقامت عایقی مناسب داشته باشد و می‌توان در آنها فاصله فازها را به یکدیگر نزدیک نمود.

مزیت کابل هادی روکش دار

- افزایش ایمنی در برخوردهای لحظه ای اشیاء خارجی
- نیاز به فضای کمتر با کاهش فاصله هادی ها
- کاهش احتمال اضافه ولتاژهای ناشی از رعد و برق
- کمتر شدن خطاهای گذرا و دائم در شبکه های توزیع
- کاهش جریان های نشتی در خطوط
- قابلیت اطمینان بالا شبکه در شرایط جوی مختلف
- کاهش فضا مورد نیاز برای احداث شبکه به سبب کاهش ابعاد کراس آرم ها
- جلوگیری از مرگ و میر پرندگان

معایب کابل هادی روکش دار

- لمس آنها در حالت برق دار ایمن نیست
- سنگینی سیم و نیاز به پایه های بیشتر
- گران تر بودن نسبت به خطوط هوایی

هادی‌ها

حرکت الکترون یا همان عبور جریان برق فقط از طریق اجسام هادی امکان پذیر می‌باشد. یک هادی خوب دارای مشخصات زیر است:

- قابلیت هدایت الکتریکی بالا

- استحکام مکانیکی زیاد
- انعطاف پذیر
- استقامت در برابر خوردگی
- اقتصادی و مقرون به صرفه
- فراوان و در دسترس

مس و آلومینیوم از جمله فلزاتی هستند که دارای مشخصات فوق می‌باشند.

سیم مسی

چگالی جریان هادی مس از آلومینیوم بیشتر است، برای همین برای یک جریان نامی معین، سطح مقطع کوچکتری نیاز دارد. استحکام مکانیکی مس هم از آلومینیوم بیشتر است.

ردیف	موضوع	مس	آلومینیوم
۱	نسبت هدایت‌ها برای سطح مقطع مساوی	۱	۰/۶
۲	نسبت سطح مقطع ها با مقاومت مساوی	۱	۱/۶۶
۳	نسبت قطرها با مقاومت مساوی	۱	۱/۲۹
۴	نسبت وزن‌ها برای سطح مقطع مساوی	۳/۳	۱
۵	نسبت وزن‌ها با مقاومت مساوی	۲	۱

سیم آلومینیومی

سیم آلومینیومی را به دلیل کم بودن استحکام مکانیکی آلومینیوم، به صورت آلیاژی و یا آلومینیوم فولاد به بکار می‌برند.

سیم تمام آلومینیومی (AAC)

هرگاه درجه خلوص هادی آلومینیومی ۹۹.۵درصد باشد آن را هادی تمام آلومینیومی (All-Aluminium Conductors) می‌نامند. البته به دلیل پائین بودن استقامت مکانیکی آن، در شبکه فشارضعیف یا اسپان‌های کوتاه کاربرد دارد.

سیم الملک (آلدرای) (AL-Alloy)

این نوع هادی که در آلمانی به آلدرای معروف است، ۹۸٪ آن از آلومینیوم و بقیه از آلیاژهای دیگر(منیزیم و سلیسیم) تشکیل می‌شود. قابلیت هدایت ا لکتریکی آلملک تا ۱۵٪ کمتر از آلومینیوم خالص است ولی استحکام مکانیکی آن خیلی زیادتر می‌باشد.

لازم به ذکر است که هادی الملک نسبت به هادی آلومینیوم فولاد دو عیب دارد:

- اول اینکه قابلیت انبساط آن بیشتر است، بنابراین مجبوریم از پایه‌های بلندتری استفاده کنیم.
- دوم به دلیل سبک‌تر بودن از آلومینیوم فولاد، در مقابل باد انحراف بیشتری داشته و بنابراین باید فواصل بین پایه‌ها کمتر در نظر گرفته شوند.

لازم به ذکر است که هادی‌های آلومینیوم با مغزی آلیاژی (ACAR) مانند هادی‌های آلومینیوم فولاد بوده ولی مغزی آن از آلیاژی مخصوص است.

سیم آلومینیوم فولاد (ACSR)

هادی آلومینیوم فولاد (Aluminium Conductors Steel Reinforced) از یک یا چند مغز فولادی تشکیل شده که اطراف آن رشته‌های آلومینیومی قرار دارند. مغز فولادی برای افزایش استحکام مکانیکی و رشته‌های آلومینیومی به منظور هدایت الکتریکی است.

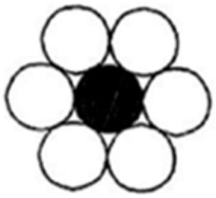
هادی‌های آلومینیوم فولاد (ACSR) بکار رفته در شبکه فشارمتوسط هوائی با نام آنها مشخص می‌شوند که به شرح زیر می‌باشد:

سطح مقطع هادی های آلومینیوم فولاد و جریان مجاز آنها

نام تجاری	تعداد مفتول		قطر مفتول (mm)		قطر نهایی (mm)	سطح مقطع (mm^2)	وزن (Kg/Km)	جریان مجاز A
فاکس	۶	۱	۲/۷۹	۲/۷۹	۸/۳۷	۴۲/۷۷	۱۴۹	۱۴۷
مینک	۶	۱	۳/۶۶	۳/۶۶	۱۰/۹۸	۷۳/۶۵	۲۵۵	۱۷۴
هاینا	۷	۷	۴/۳۹	۱/۹۳	۱۴/۵۷	۱۲۶/۴۳	۴۵۰	۲۸۷
لینکس	۳۰	۷	۲/۷۹	۲/۷۹	۱۹/۵۳	۲۲۶/۲	۸۴۲	۳۸۶

برای بالا بردن قابلیت انعطاف پذیری هادی‌ها (آلومینیوم – مس) آنها را مخصوصاً در مقاطع بزرگ به صورت چند رشته‌ای می‌سازند. تعداد رشته‌ها در هادی‌های چند رشته‌ای از فرمول زیر محاسبه می‌شود:

$$A = 3k^2 - 3k + 1$$



فاکس و مینک

در فرمول A تعداد رشته‌ها و k تعداد لایه‌ها می‌باشد که معمولاً ۷، ۱۹، ۳۷ و غیره خواهد بود.

سیم آرموراد

آرموراد ها عبارتند از چند رشته مفتول مارپیچ که سیم را در یک فاصله کوتاه پوشانیده‌اند و هادی‌های خطوط توزیع و انتقال را تقویت و در مقابل نوسانات ناشی از باد و لرزش‌های دیگر سیم محافظت می‌کنند.

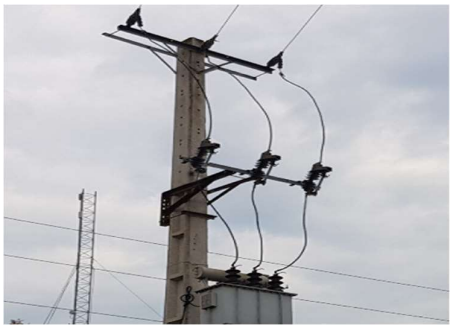
مشخصات هادی‌های مسی شبکه فشارضعیف

هادی‌های مسی بکار رفته در شبکه فشارضعیف هوائی با سطح مقطع آنها مشخص می‌شوند که به شرح زیر می‌باشد:

سطح مقطع هادی های مسی و جریان مجاز آنها

ظرفیت جریانی (A)	وزن تقریبی (Kg/Km)	قطر نهایی (mm)	مفتول‌ها		سطح مقطع نامی (mm^2)
			قطر (mm)	تعداد	
۱۲۵	۱۴۳	۵/۱	۱/۷	۷	۱۶
۱۶۰	۲۱۹	۶/۳	۲/۱	۷	۲۵
۲۰۰	۳۱۰	۷/۵	۲/۵	۷	۳۵
۲۵۰	۴۴۷	۹/۰	۳/۰	۷	۵۰
۲۵۰	۴۳۸	۹/۰	۱/۸	۱۹	۵۰
۳۱۰	۵۹۷	۱۰/۵	۲/۱	۱۹	۷۰

تهیه کنندگان: وحید فراز - محمد مجاور



جمپر

سیم کوتاه ارتباطی بین دو سیم شبکه یا سیم و تجهیزاتی مانند کلید، ترانس، و غیره را جمپر می‌گویند.