



طراحی خطوط انتقال انرژی

دانشکده فنی و حرفه‌ای آستانه اشرفیه

فایل شماره سه همراه با حل تمرین فصل پنجم / بهار ۱۳۹۹

کارشناسی مهندسی برق (انتقال و توزیع)

مدرس: پیام رحیمی

تلگرام: @Payam.Rahimi

SLAC

۲-۲-۶- هادی با تلفات کم (SLAC)

بررسی‌ها نشان داده است که با تغییر شکل رشته‌ها در هادی‌های ACSR می‌توان ظرفیت انتقالی آنرا به میزان قابل توجهی افزایش داد. هادی SLAC طوری ساخته شده است که نسبت به هادی ACSR با قطر و وزن مشابه، حدود ۱۱ تا ۱۳ درصد مقاومت الکتریکی کمتری دارد. در هادی‌های ACSR معمولی کلیه رشته‌های آلومینیومی و فولادی دارای مقاطع دایره‌ای شکل می‌باشند در حالیکه در هادی‌های SLAC با انتخاب مقاطع غیر دایره‌ای، فاصله هوایی بین رشته‌ها کمتر می‌شود. این هادی‌ها کاملاً مشابه هادی‌های ACSR بوده و تنها به خاطر دارا بودن ظرفیت انتقال بالاتر و کم‌بودن تلفات به نام SMALL LOSS ACSR شناخته شده‌اند.

مشخصات هادی ها

۲) مشخصات هادیها: عمدتاً برگرفته از اسامی حیوانات و گیاهان و اشیاء می باشند.

۲-۱- مقطع هادی: مقطع هادیها از حاصل جمع مجموع مقاطع رشته های آلومینیوم بدست می آید و درحقیقت از مقیاس های متفاوتی استفاده می شود.

۲-۲- قطرهادی

۲-۳- وزن هادی

۲-۴- مقاومت مکانیکی

۲-۵- مقاومت الکتریکی

مقیاس میل دایره ای برای مقطع هادیهای خط انتقال

(۱-۱-۲) **مقیاس میل دایره ای:** در این مقیاس مساحت هادی ها بر حسب میل دایره ای یا circular mil یا به طور اختصار با cm نشان داده می شود. در صورتی که قطر یک سیم (0.001) اینچ باشد، مقطع آن یک cm می باشد و در صورتیکه قطر آن d باشد، مقطع سیم برابر است با:

$$(1) A = d^2 \cdot 10^6$$

$$(2) S = n \cdot d^2 \cdot 10^6$$

A : مقطع هر رشته سیم بر حسب cm .

n: تعداد رشته ها.

d: قطر رشته بر حسب اینچ.

$$1 \text{ cm} = \left(\frac{1}{1000} \times 25.4 \right)^2 \times \frac{\pi}{4} = 5.067 \times 10^{-4} \text{ mm}^2$$

مقیاس میلی متر مربع برای هادیهای خطوط انتقال و توزیع

۲-۱-۲) مقیاس میلیمتر مربع: در این استانداردها (BS جداول ۲ و ۳) و ژاپن و استرالیا (جداول ۶ و ۷) مقاطع هادی ها، مقادیر رند شده مجموع مقاطع رشته های آلومینیوم می باشد.

$$S = n.\pi.d^2/4$$

S : مقطع هادی.

d: قطر رشته های آلومینیومی.

۲-۱-۳) مقیاس اینچ مربع: در این مقیاس مقطع مجموع رشته ها برحسب اینچ مربع بیان می شود.

هادیهای استاندارد وزارت نیرو

۳) هادی های استاندارد وزارت نیرو: به دلیل وجود تنوع بسیار زیاد در اندازه هادی های قابل استفاده در خطوط انتقال نیرو، هر کشور از تعداد محدودی هادی برای شبکه ملی خود استفاده می نماید، که در ایران نیز از این شیوه استفاده می گردد. گرچه در حال حاضر بازنگری در استاندارد هادی های در دست مطالعه می باشد، اما تا حصول نتایج مطالعات از استانداردهای قبلی استفاده می گردد، که برخی از مشخصات عمده آنها در جدول (۱۴) نشان داده شده است، اسامی این هادی ها به شرح زیر می باشد:

معمولاً در اکثر کشورها هادی ها به طور جداگانه استاندارد نمی شوند، بلکه از بین استانداردهای معتبر جهانی چند هادی مناسب انتخاب می گردد که در وزارت نیرو نیز از این شیوه استفاده شده است. هادی های انتخابی خطوط انتقال و توزیع نیرو ایران عمدتاً از بین هادی های استاندارد ASTM و BS گرفته شده است.

کد هادیا با اسامی حیوانات و پرندگان

گیلان شاه



کد هادی	مقطع هادی
روپاه Fox	35 mm ²
سمور Mink	60 mm ²
سگ Dog	100 mm ²
کبک Partridge	266.8 KCM
سیاه گوش Lynx	175 mm ²
مرغ انجیر خوار Oriole	336 KCM
شاهین Hawk	477 KCM
اردک نر Drake	795 KCM
قناری Canary	900 KCM
سهره کاکل قرمز Cardinal	954 KCM
نوعی پرنده (گیلان شاه) Curlew	1033 KCM
پرستو Martin	1351 KCM

مشخصات هادی های استاندارد وزارت نیرو برای خطوط انتقال و توزیع نیرو

مقاومت الکتریکی Ohm/kg- 20°C	مقاومت مکانیکی Kg	وزن هادی Kg/Km	مقطع هادی KCM/ mm ²	قطر هادی mm	کد هادی
0.7822	1340	148	35 mm ²	8.37	Fox
0.4546	2220	255	60 mm ²	10.98	Mink
0.2733	3330	394	100 mm ²	14.15	Dog
0.2136	5130	546	266.8 KCM	16.29	Partridge
0.1576	8140	642	175 mm ²	19.53	Lynx
0.1698	7870	785	336 KCM	18.83	Oriole
0.1196	8850	976	477 KCM	21.78	Hawk
0.07167	14300	1628	795 KCM	28.13	Drake
0.06332	14500	1725	900 KCM	29.51	Canary
0.05973	15400	1825	954 KCM	30.39	Cardinal
0.05518	16600	1980	1033 KCM	31.62	Curlew
0.04238	21000	2585	1351 KCM	36.16	Martin

جدول (۱۴) هادی های استاندارد وزارت نیرو برای خطوط انتقال و توزیع نیرو

۱-۳- هادی‌های پیشنهادی برای استاندارد ملی

با توجه به مطالعات انجام‌شده جهت تنوع‌زدایی از هادی‌های خطوط، هادی‌های جدول (۱-۱) بعنوان هادی‌های استاندارد در سطح کشور پیشنهاد می‌گردد. سطح مقطع و سایر مشخصات هادی نیز در این جدول آمده است.

جدول ۱-۱: هادی‌های پیشنهادی برای استاندارد ملی

مقاومت هادی در ۲۰ درجه و جریان DC (ohm/km)	کشش قابل تحمل هادی (کیلوگرم)	وزن هادی (kg/km)	قطر هادی (میلیمتر)	مقطع هادی (قسمت آلومینیوم) (میلیمتر مربع)	مقاطع پیشنهادی
۰/۱۵۷۶۰	۸۱۴۰	۸۴۲	۱۹/۵۳	۱۸۳/۴	Lynx 362kCM
۰/۱۱۹۶۰	۸۸۵۰	۹۷۶/۵	۲۱/۷۸	۲۴۱/۷	Hawk 477kCM
۰/۰۹۴۲۲	۱۱۰۰۰	۱۲۳۹	۲۴/۵۳	۳۰۶/۶	Squab 605kCM
۰/۰۷۹۶۳	۱۲۹۰۰	۱۳۶۶	۲۶/۶۹	۳۶۲/۵	Starling 715kCM
۰/۰۶۳۳۲	۱۴۵۰۰	۱۷۲۵	۲۹/۵۱	۴۵۶/۰	Canary 900kCM
۰/۰۵۵۱۸	۱۶۶۰۰	۱۹۸۰	۳۱/۶۲	۵۲۳/۷	Curlew 1033kCM
۰/۰۴۸۰۳	۱۹۰۰۰	۲۲۸۲	۳۳/۹۷	۶۰۴/۲	Grackle 1192kCM

سار



به تمرینات زیر پاسخ دهید

تمرینات فصل چهارم

- ۱- هدف از بکارگیری هسته فولادی GS در هادی های ACSR چیست؟
- ۲- در چه مواردی از مغزی فولادی AS یا AW به جای مغزی GS استفاده می شود؟
- ۳- فلسفه به کارگیری آلومینیوم خالص یا آلیاژهای آلومینیوم در هادی های خطوط انتقال هوایی چیست؟
- ۴- یک هادی ACSR با ۵۴ رشته آلومینیوم (قطر هر رشته 3.513 mm) و ۷ رشته فولادی گالوانیزه (قطر هر رشته 3.513mm) در دست است، مساحت آن چند میل دایره است؟
- ۵- چه رابطه ای بین میل دایره ای (Circular Mil) و میلی میلیمتر مربع وجود دارد؟

$$1 \text{ CM} = \left(\frac{1}{1000} \times 25,4 \right)^2 \times \frac{\pi}{4} = 5,067 \times 10^{-4} \text{ mm}^2$$

یا نخب 5

$$= \frac{1}{1973,5} \text{ mm}^2$$

۰,۰۰۰۵۰۶۷

AAAC , ACAR

۲-۲-۳- هادی‌های AAAC

این نوع هادی‌ها تنها از آلیاژ مقاوم آلومینیوم ساخته می‌شوند. به عبارت دیگر برخلاف هادی‌های ACSR در بافت کلیه لایه‌ها اعم از درونی یا بیرونی از یک نوع آلیاژ استفاده می‌گردد و طبیعتاً دارای ویژگیهای متفاوتی نسبت به هادی ACSR می‌باشند. عنوان این هادی‌ها نیز از عبارت زیر گرفته شده است.

All Aluminum Alloy Conductor

مقاومت این نوع هادی‌ها در مقابل خوردگی بیش از هادی‌های ACSR می‌باشد به همین دلیل اگر چه قیمت این نوع هادی‌ها بیشتر است ولیکن به لحاظ عمر بیشتر، عمدتاً در مناطق آلوده می‌توان از آنها استفاده نمود.

۲-۲-۴- هادی‌های ACAR

هادی‌های ACAR با ترکیبی از رشته‌های آلیاژ مقاوم آلومینیوم در لایه‌های مرکزی و رشته‌های آلومینیوم با درجه خلوص بالا در لایه‌های بیرونی بافته می‌شوند. در حقیقت این هادی دارای مشخصه‌ای در حد فاصل دو هادی AAAC و AAC می‌باشد. عنوان این هادی‌ها از واژه‌های زیر گرفته شده است :

Aluminum Conductor Aluminum Alloy Reinforced

این نوع هادی‌ها نیز دارای مقاومت مناسبی در مقابل خوردگی می‌باشند، اما مقاومت مکانیکی آنها نسبت به هادی‌های AAAC کمتر است. به همین دلیل از این نوع هادی‌ها در مناطق آلوده و گرم که دارای زمستان سخت نیستند، استفاده می‌گردد. در دیگر مناطق از این نوع هادی‌ها می‌توان در اسپن‌های کوتاه استفاده نمود.

به تمرینات زیر پاسخ دهید

- ۵- چه رابطه ای بین میل دایره ای (Circular Mil) و میلی میلیمتر مربع وجود دارد؟
- ۶- مساحت کل و مساحت آلومینیوم یک هادی که دارای ۲۶ رشته آلومینیومی به قطر 4.442 میلیمتر و ۷ رشته فولاد گالوانیزه به قطر 3.454 می باشد را به دست آورید. در استانداردها مقطع این هادی را با چند CM نشان می دهند؟
- ۷- در صورتیکه مقطع کل یک هادی ACSR با ۵۴ رشته آلومینیوم 901.9 میلیمتر مربع باشد، مقطع این هادی چند اینچ مربع و چند CM می باشد؟
- ۸- چرا در استانداردهای برای یک مقطع مشخص چند نوع هادی ارائه می دهند؟ ویژگی های این هادی ها چیست؟
- ۹- برای یک مقطع مشخص چگونه می توان مقاومت مکانیکی هادی ها را افزایش داد؟
- ۱۰- آیا می توان با آگاهی از قطر هادی های رشته ای مقطع کل آنها را محاسبه نمود؟

حل تمرین ۴

۴- یک هادی ACSR با ۵۴ رشته آلومینیوم (قطر هر رشته 3.513 mm) و ۷ رشته فولادی گالوانیزه (قطر هر رشته 3.513mm) در دست است، مساحت آن چند میل دایره است؟

$$n = 54 + 7 = 61$$

$$S = \frac{n \pi d^2}{4} = \frac{61 \times 3,14 \times 3,513^2}{4} = 590 \text{ mm}^2$$

$$1 \text{ CM} = 5,067 \times 10^{-4} \text{ mm}^2 = \frac{1}{1973,5 \text{ mm}^2} \Rightarrow \text{mm}^2 = 1973,5 \text{ CM}$$

$$590 \text{ mm}^2 = 590 \times 1973,5 = 1164365 \text{ CM} = 1164 \text{ KCM}$$

به تمرینات زیر پاسخ دهید

- ۶- مساحت کل و مساحت آلومینیوم یک هادی که دارای ۲۶ رشته آلومینیومی به قطر 4.442 میلیمتر و ۷ رشته فولاد گالوانیزه به قطر 3.454 می باشد را به دست آورید. در استانداردها مقطع این هادی را با چند CM نشان می دهند؟
- ۷- در صورتیکه مقطع کل یک هادی ACSR با ۵۴ رشته آلومینیوم 901.9 میلیمتر مربع باشد، مقطع این هادی چند اینچ مربع و چند CM می باشد؟
- ۸- چرا در استانداردهای برای یک مقطع مشخص چند نوع هادی ارائه می دهند؟ ویژگی های این هادی ها چیست؟
- ۹- برای یک مقطع مشخص چگونه می توان مقاومت مکانیکی هادی ها را افزایش داد؟
- ۱۰- آیا می توان با آگاهی از قطر هادی های رشته ای مقطع کل آنها را محاسبه نمود؟

۷- در صورتیکه مقطع کل یک هادی ACSR با ۵۴ رشته آلومینیوم ۹۰۱.۹ میلیمتر مربع باشد، مقطع این هادی چند اینچ مربع و چند CM می باشد؟

$$S = 901,9 \text{ mm}^2 \quad \text{بانه}$$

$$S = \frac{n \pi d^2}{4} \Rightarrow 901,9 = \frac{54 \times 3,14 \times d^2}{4}$$

$$d^2 = \frac{901,9 \times 4}{54 \times 3,14} = 21,27 \rightarrow d = \sqrt{21,27} = 4,6 \text{ mm}$$

$$\frac{25,4 \text{ mm}}{4,6} \Rightarrow \frac{4,6}{25,4} \text{ in} = 0,18 \text{ in}$$

$$S = \frac{n \pi d^2}{4} = \frac{54 \times 3,14 \times 0,18^2}{4} = 1,37 \text{ in}^2$$

$$\begin{aligned} 1 \text{ CM} &= \frac{1}{1973,5} \text{ mm}^2 \xrightarrow{901,9 \text{ mm}^2} = 1973,5 \times 901,9 \\ &= 1779899 = 1779,899 \text{ KCM} \\ &= 1780 \text{ KCM} \end{aligned}$$

محاسبه پارامترهای خط ۲۳۰ کیلو ولت ساده فصل پنجم / توضیح در فایل ۵

$$\checkmark X_L = K \log_{10} \frac{GMD}{GMR} = 0.1447 \log_{10} \frac{1000}{1.1682} = 0.42 \frac{\Omega}{km}$$

$$① K = 0.002894 f \xrightarrow{f=50Hz} K = 0.1447 \frac{\Omega}{km}$$

$$GMR = 0.7788 r = 0.7788 \times 1.5 = 1.1682$$

$$X_C = K' \log_{10} \frac{GMD}{r} = 0.1318 \log_{10} \frac{1000}{1.5} = 0.3721 \frac{M\Omega}{mi}$$

$$K' = \frac{0.586}{f} \xrightarrow{f=50Hz} K' = 0.1318$$

$$② B = \frac{1}{X_C} = \frac{1}{0.3721} = 2.68 \mu Mho$$

$$③ ZI = \sqrt{\frac{X_L}{B}} = \sqrt{\frac{L}{C}} = 395 \Omega$$

$$④ SI = \frac{U^2}{ZI} = \frac{230^2}{395} = 133.9 \approx 134$$

محاسبه پارامترهای خط انتقال ۲۳۰ کیلو ولت باندل دو تایی فصل پنجم / توضیح در فایل ۶

$$\begin{aligned}
 GMR_b &= \left(n_s \cdot GMR \cdot A^{n_s-1} \right)^{\frac{1}{n_s}} = \left(n_s \times GMR \times \frac{ds}{2} \right)^{\frac{1}{2}} \\
 A &= \frac{ds}{2 \sin \frac{\pi}{n_s}} = \frac{ds}{2 \sin \frac{\pi}{2}} = \frac{ds}{2} \\
 &= \left(2 \times 1,1682 \times \frac{45}{2} \right)^{\frac{1}{2}} \\
 GMR &= 0.7788 \text{ r} = 0.7788 \times 1,5 = 1,1682 \\
 GMR_b &= 7,25 \\
 X_L &= K \times \log_{10} \frac{GMD}{GMR_b} = 0.1447 \log_{10} \frac{1000}{7,25} = 0.31 \quad \frac{\text{ohm}}{\text{km}} \\
 K &= 0.1447 \\
 X_c &= K' \log \frac{GMD}{r_b} = 0.1318 \log_{10} \frac{1000}{8,21} = 0.1318 \times 2,08 = 0.27 \quad \frac{\text{MVA}}{\text{km}} \\
 r_b &= \left(n_s \cdot r \cdot A^{n_s-1} \right)^{\frac{1}{n_s}} = \left(2 \times 1,5 \times \frac{45}{2} \right)^{\frac{1}{2}} = 8,21 \\
 B &= \frac{1}{X_c} = \frac{1}{\frac{0.27}{0.1447}} = 3,7 \quad \frac{\text{MVA}}{\text{km}} \\
 ZI &= \sqrt{\frac{X_L}{B}} = \sqrt{\frac{0.31}{3,7}} = 290 \quad \Omega \\
 SI &= \frac{V^2}{ZI} = \frac{230^2}{290} = 182 \quad \text{MVA}
 \end{aligned}$$

$\left\{ \begin{array}{l} 23. \text{KV} \\ ds = 45 \\ ns = 2 \\ GMD = 1000 \\ r = 1,5 \end{array} \right.$

محاسبه پارامترهای خط انتقال ۴۰۰ کیلو ولت باندل سه تایی فصل پنجم / توضیح در فایل ۷

محاسبه پارامترهای خط انتقال

$U = 400 \text{ kV}$ $f = 50 \text{ Hz}$ $n_s = 3$ $r = 1.6 \text{ cm}$
 $GMD = 1400 \text{ cm}$ $ds = 45 \text{ cm}$

$$X_L = K \cdot \log_{10} \frac{GMD}{GMR_b} = 0.1447 \log_{10} \frac{1400}{13.63} = 0.29 \frac{\Omega}{\text{Km}}$$

$$K = 0.002894 f = 0.002894 \times 50 = 0.1447$$

$$GMR_b = (n_s \cdot GMR \cdot A^{n_s-1})^{\frac{1}{n_s}} = (3 \times 1.25 \times 26^2)^{\frac{1}{3}} = 13.63$$

$$GMR = 0.7788 r = 0.7788 \times 1.6 = 1.25$$

$$A = \frac{ds}{2 \sin \frac{\pi}{n_s}} = \frac{ds}{2 \sin \frac{\pi}{3}} = \frac{ds}{\sqrt{3}} = \frac{\sqrt{3}}{3} ds = \frac{45}{\sqrt{3}} = 26$$

$$X_C = K' \log_{10} \frac{GMD}{r_b} = 0.1318 \log_{10} \frac{1400}{14.8} = 0.26 \frac{\text{M}\Omega}{\text{M}}$$

$$K' = \frac{6.586}{f} = \frac{6.586}{50} = 0.1318$$

$$r_b = (n_s \cdot r \cdot A^{n_s-1})^{\frac{1}{n_s}} = (3 \times 1.6 \times 26^2)^{\frac{1}{3}} = 14.8$$

$$B = \frac{1}{X_C} = \frac{1}{0.26} = 3.84 \text{ M}\Omega/\text{M}$$

$$ZI = \sqrt{\frac{X_L}{B}} = \sqrt{\frac{0.29}{3.84 \times 10^{-6}}} = \sqrt{\frac{0.29 \times 10^6}{3.84}} = \sqrt{\frac{0.29}{3.84} \times 10^3} = 275 \text{ OHM}$$

$$SIL = \frac{U^2}{ZI} = \frac{400^2}{275} = 582 \text{ MVA}$$