دانشگاه زنجان

دانشکده مهندسی

گروه برق

پایان نامه کارشناسی

گرایش :قدرت

عنوان : بررسی بکارگیری هادی های آلومینیومی بجای هادی های مسی در خطوط زمینی شبکه توزیع

استاد راهنما : جناب آقای دکتر جلیل زاده

نگارش : سید رضا احمدی

تیر ۸۹

تشکر وتقدیم به :

پدر و مادر مهربانم که همواره یاری رسان بنده در تمام مراحل زندگی ام بوده اند .

وتشکر از :

همه آنهایی که در راه تحصیلم باری از بنده بر دوش کشیدند و یاری رسان من در تمام مراحل زندگی ام بوده اند .

تقدیر وتشکر:

به امید لطف الهی پروژه فارغ التحصیلی ام را با راهنماییهای برادرانه استاد محترم جناب آقای دکتر جلیل زاده به پایان رساندم. امیدوارم که راهنماییهای ایشان همواره در مسیر زندگیم باشد و همیشه با استفاده از معلومات و صداقت کاری برای پیشبرد اهداف و سرافرازی وطن عزیزم تلاش نمایم.

با تشکر فراوان و آرزوی سلامتی

سید رضا احمدی

فهرست

فصل اول : مقایسه مس و آلومینیوم ۱

۱-۱- تاریخچه

۱-۲- آلومینیوم به عنوان ماده ای هادی در صنایع کابل سازی و انتقال انرژی

۱-۳- چرا آلومینیوم؟

۱-٤- ارزیابی فنی آلومینیوم در برابر مس

۱-۵- برابری مس و آلومینیوم از نظر سطح مقطع

۱-٦- هم ارزی و تطابق مس و آلومینیوم از نظر اقتصادی

فصل دوم: بررسی بکار گیری هادیهای آلومینیومی درخطوط توزیع نیرو ۱۲

۲-۱- چکیده فصل

۲-۲- مقدمه

۲-۳- ویژگی هادیها

۲-٤- مقایسه هادیهای ACSRوAAC

۲-۵- کاهش مقاومت مکانیکی

۲-٦- کاهش مقاومت الکتریکی

۲-۷- کاهش تلفات الکتریکی

۲-۸- افزایش مقاومت در مقابل خوردگی

۲-۹- کاهش وزن

۲-۱۰- افزایش نسبی قیمت

۲-۱۱- افزایش نسبی فلش

۲-۱۲- افزایش دامنه نوسانات هادی

۲-۱۳- افزایش تحمل جریان اتصال کوتاه

۲-۱٤- جریان مجاز هادیها

۲-۱۵- مقایسه و جمع بندی

۲-۱٦- نتیجه گیری فصل دوم

فصل سوم: دلایل استفاده و روش محاسبه کابل با هادی آلومینیومی به جای کابل با هادی مسی ۲۷

۳-۱- یادآوری

۳-۲- دلایل الکتریکی

۳-۳- دلایل مکانیکی

۳-٤- دلایل اقتصادی

۳-۵- انتظارات قیمت در آینده

۳-٦- نتیجه گیری

فصل چهارم: پیشنهاد های اجرایی استفاده از هادیهای آلومینیومی به جای مسی با توجه به تجربیات عملی استفاده از آن درپروژه های اجرائی در شبکه توزیع **۳٤**

٤-۱- چکیده فصل

٤-۲- مقدمه

٤-۳- مشخصات انواع هادی های مسی

٤-٤- مشخصات انواع هادی های آلومینیومی

٤-٥- مزایا و موارد استفاده از سیم آلومینیومی بجای مسی در شبکه فشار ضعیف

٤-٦- معایب استفاده از سیم آلومینیومی در مناطق با چگالی بار بر واحد سطح بالا

٤-۷- بررسی استفاده از سیم آلومینیومی فقط به جای سیم نول و روشنایی معابر در مناطق شهری با چگالی بار بالا

٤-۸- شرایط انتخاب سیم و کابل آلومینیوم بجای مس

٤-۹- دلایل اقتصادی

٤-۱۰- پروژه های نمونه انجام شده

٤-۱۱- مشکلات اجرایی استفاده از هادیهای آلومینیومی

٤-۱۲- نتیجه گیری فصل چهارم

فصل پنجم : محاسبات مکانیکی جایگزینی آلومینیوم به جای مس **٥٥**

منابع **٦٦**

فصل اول

مقایسه آلومینیوم و مس

۱-۱- تاریخچه

آلومینیوم فلزی است که مصارف بسیار زیاد و متنوعب در صنایع به ویژه در صنایع فضایی، کشتی سازی، ماشین سازی، حمل و نقل، الکترونیک، لوازم خانگی، بسته بندی و ... دارد. این فلز به علت خواص ویژه الکتریکی و مکانیکی و بویژه «فلز قرن» لقب گرفته است.

در سال ۱۸۰۷، شخصی به نام دیوی هامفری سعی کرد تا آلومینیوم را به روش الکترولیز جدا نماید، اما موفق نشد.

در سال ۱۸۱۲ سنگ معدن آلومینیوم در ناحیه **لس باکس**[1] در کشور فرانسه کشف شد. از ان پس سنگ معدن آلومینیوم، صرف نظر از ترکیبات و محل کشف، بوکسیت[1] نام گذاری گردید.

در سال ۱۸۲۵، کرستد[2] موفق به تولید ذرات آلومینیوم گردید.

به دنبال این مسئله، تحقیقاتی که توسط وهلر[3] در سال ۱۸٤۵، دویل[4] در سال ۱۸۵٤ و مایر[5] در سال ۱۸۸۸ انجام گرفت، منتشر شد. فرآیندهای امروزی تولید آلومینیوم در سال ۱۸۹۲ در فرانسه توسط هرالت[6] و در آمریکا توسط هال[7] به کار گرفته شد.

اولین کاربردهای الومینیوم به عنوان ماده هادی در صنعت برق به شرح ذیل بود:

در سال ۱۸۹۵، هادی الومینیومی تابیده شده جهت خطوط هوایی در آمریکا و فرانسه به کار رفت.

در سال ۱۹۰۸، هادی آلومینیومی تقویت شده توسط رشته های فولادی (ACSR) در خطوط هوایی مورد بهره برداری قرار گرفت.

در سال ۱۹۱۰ هادی الومینیومی در کابل های زیرزمینی با غلاف سربی و عایق کاغذی در شهرهای بوستون و ایلینگ به کار گرفته شد.

---

[1] . les baux
[2] . Bauxite
[3] . H.C Querested
[4] . F. Wohler
[5] . H.S.C Deville
[6] . K.J. Meyer
[7] . P.T. Herault
[8] . C.M. Hall

جدول ۱-۱ یک سده پیشرفت در صنعت کابلسازی

دهه ۱۸۸۰	ساخت نخستین کابل الکتریکی گوتاپرچا (Gutta Percha) و به دنبال آن عایقبندی کابلها با لاستیک و لاستیک ولکانیزه شده.
دهه ۱۸۹۰	کابلهای لوله ای ده کیلوولت فرانتی (Ferranti) و آغاز عایقبندی با کاغذ.
سال ۱۹۱۴	روش حفاظ گذاری (الکتریکی) سال ۱۹۱۴ (Hochstetler) که امکان افزایش ولتاژ توزیع تا ۳۳ کیلوولت را پدید آورد.
سال ۱۹۲۶	امانوئلی (Emanueli) اصول زیر فشار قراردادن کابلهای کاغذی روغنی را برای ولتاژهای بالاتر از ۶۶ کیلوولت پایه گذاری کرد.
دهه ۱۹۳۰	عایق های P/C برای نخستین بار در آلمان آزمایش شد.
سال ۱۹۳۴	از نخستین کابل فشار قوی سه رشته ای ۱۳۲ کیلوولتی بهره برداری شد.
سال ۱۹۴۹	آغاز به کارگیری کابل های بدون نشت و اشباع شده با روغن (Mass- Impregnated) برای غلبه بر نشت روغن- رزین در کابلهایی که در شیب نصب می شدند.
دهه ۱۹۵۰	(آ): استفاده بازرگانی از P.V.C و دیگر عایق های گرما- سخت (Thermo set) به عنوان عایق در کابلهای توزیع و همچنین استفاده از P.V.C برای کابل های فشار ضعیف که در انتهای این دهه آغاز شد. (ب): توسعه موفقیت آمیز زره های آلومینیومی نخست برای کابل های زیر فشار و سازگار سازی تدریجی رساناهای آلومینیومی برای کابلهای فشار ضعیف و فشار قوی (پ): ساخت کابل ۲۷۵ کیلوولتی (۱۹۵۴)، و استفاده از آن در سال ۱۹۵۹
دهه ۱۹۶۰	(آ): به دنبال استفاده مشترک از کابلهای نول و زمین تغییر صرفه جویانه چشمگیری در شبکه توزیع پدید آمد. (ب): کابل ارتباطی جریان مستقیم (dc) ۱۰۰ کیلوولتی میان انگلیس و فرانسه در ۱۹۶۱ گشایش یافت. (پ): ساخت نخستین کابل ۴۰۰ کیلوولتی و بهره برداری از آن در سال ۱۳۶۹.
دهه ۱۹۷۰	(آ): گسترش سریع استفاده از عایق های گرما- سخت (Thermo set) که به سرعت جایگزین کاغذ شدند. برای ولتاژهای بالاتر. (ب): آغاز بهره برداری آزمایشی از پلی اتیلن (Polyethylene) و XLPE به عنوان جایگزین احتمالی کاغذ در کابل های فشار قوی و موفقیت در این زمینه.
	در سال ۱۹۱۲، از شینه های[1] آلومینیومی در یک کشتی به نام آکویتانا[2] استفاده شد.
	در سال ۱۹۱۷، ترانس هایی با سیم پیچ آلومینیوم ساخته شد.
	در سال ۱۹۲۰، موتورهایی با روتور قفس سنجابی از جنس آلومینیوم ساخته شد.

[1] . تسمه های آلومینیومی

[2] . Aquitana

۱-۲- آلومینیوم به عنوان ماده ای هادی در صنایع کابل سازی و انتقال انرژی

انرژی الکتریکی که در نیروگاه ها از انواع مختلف انرژی نظیر انرژی حرارتی، آب و هسته ای تولید می شود، باید انتقال داده شود تا مورد مصرف قرار گیرد.

معمولاً انتقال انرژی الکتریکی از نیروگاه ها، در فواصل نسبتاً طولانی صورت می گیرد. این انرژی نهایتاً در شهرهای کوچک و بزرگ و مناطق صنعتی توزیع می گردد.

هادی های لخت، شینه ها، کابل های هوایی عایق شده، کابل های قدرت زیرزمینی و اتصلات آنها همگی اجزاء اصلی سیستم انتقال و توزیع انرژی الکتریکی هستند.

اولین خط هوایی با هادی آلومینیومی، در حدود ۱۰۰ سال پیش نصب گردید. امروزه، استفاده از هادی آلومینیومی در انواع کابل ها و خطوط هوایی شبکه های الکتریکی به طور وسیعی گسترش یافته است.

پیش از این، مس شاخص ترین ماده هادی مورد استفاده در توزیع و انتقال انرژی الکتریکی بوده، چرا که این عنصر دارای قابلیت هدایت الکتریکی بالا، خواص فیزیکی و مکانیکی بسیار خوب بود.

۱-۳- چرا آلومینیوم؟

دلایل بسیار زیاد و مستحکمی در مورد استفاده از فلز آلومینیوم به جای مس، در اکصر کشورها به عنوان مؤلفه اصلی سیستم های توزیع و انتقال انرژی الکتریکی وجود دارد. در زیر به برخی از این دلایل اشاره می شود:

- آلومینیوم بسیار سبک تر از مس می باشد. چگالی آلومینیوم حدود ۳۰٪ چگالی مس است.

سبکب فلز آلومینیوم به ویژه در خطوط هوایی، عامل بسیار مهمی به شمار می رود، چرا که افزایش وزن هادی باعث بالارفتن وزن و قیمت دکل های نگهدارنده می شود. از طرف دیگر سبکی وزن آلومینیوم باعث کاهش وزن کابل شده و لذا حمل و نقل و جابه جایی آنها در مقایسه با کابل های با هادی مسی بسیار آسان تر است. نهایتاً سبکی وزن آلومینیوم دارای مزایای بسیار زیاد می باشد.

- آلومینیوم فلزی است که در طبیعت به وفور یافت می شود. این فلز ۸٪ فلزات سطح زمین را تشکیل می دهد. با توجه به محدود بودن ذخیره معادن مس و روند رو به کاهش آن، قیمت این فلز همواره بالا بوده و روندی صعودی را پیوده است. در حالی که فلز آلومینیوم با توجه به فراوانی آن در طبیعت، دارای بهای کمتری بوده و قیمت آن در سال های مختلف، صرف نظر از برخی افزایش ها، ثبات نسبی داشته است. جدول زیر (شماره ۱) مقایسه فلزهای مس و آلومینیوم را در طی سال های ۱۹۹۳ تا اکتبر ۲۰۰ نشان می دهد. این قیمتها براساس LME استخراج شده است. به دلیل سبک بودن آلومینیوم، قیمت کابل های با هادی آلومینیومی، به مراتب پایین تر از کابل های با هادی مسی می باشد.

بورس فلزات لندن

جدول ۱-۱- قیمت میانگین سالانه مس و آلومینیوم (دلار/ تن)

سال	آلومینیوم (T/$)	مس (T/$)
۲۰۰۲	۱/۳۳۹	۱/۵٤۸
۲۰۰۱	۱/٤٤٦	۱/۵۸۲
۲۰۰۰	۱/۵۳۹	۱/۸۱۵
۱۹۹۹	۱/۳۸٦	۱/٦٦۱
۱۹۹۸	۱/۳۵۸	۲/۲۷٦
۱۹۹۷	۱/۵۹۹	۲/۳۰۲
۱۹۹٦	۱/۵۰۷	۲/۹۳٦
۱۹۹۵	۱/۸۰٦	۲/۳۰۷
۱۹۹٤	۱/٤۷۷	۱/۹۱٤
۱۹۹۳	۱/۱۳۹	

در طی ۲۵ سال اخیر روش های تولید و نصب تا حد زیادی توسعه یافته اند، به گونه ای که مشکلات مربوط به روش های نصب کابل های آلومینیومی تا حدودی رفع شده است.

۱-۴- ارزیابی فنی آلومینیوم در برابر مس

اکنون طراحی و نصب هادی های آلومینیومی و کابل های با هادی آلومینیومی که شامل اتصالات و ترمینال های مربوطه می باشند، چون گذشته مشکل تر از مس نخواهد بود؛ امام باید توجه داشت که خواص الکتریکی و مکانیکی آلومینیوم با مس متفاوت است ضروری است.

دانشجویان محترم:

جهت دسترسی به متن کامل پایان نامه‌ها به کتابخانه دانشکده مهندسی و یا آزمایشگاه پروژه گروه برق مراجعه فرمایید.

۲-۱۶- نتیجه گیری فصل دوم

استفاده گسترده از پایه های بتونی در خطوط توزیع نیرو، تحمل کم آنها در مقابل نیروهای مکانیکی و سایر محدودیت ها، سبب می شوند که اسپن این نوع خطوط محدود گردد. در چنین شرایط عملاً لزومی به استفاده از هادیهای مقاوم نمی باشد و در نتیجه نیازی به بکارگیری هادیهای ACSR احساس نمی شود و عملاً در چنین مواردی امکان جایگزینی هادیهای AAC هم اندازه معقول خواهد بود. بررسیهای انجام شده در این فصل نشان می دهد در خطوط توزیع با اسپن های کوتاه می توان هادیهای AAC را جایگزین هادیهای ACSR نمود، این جایگزینی بخصوص در مناطق آلوده کشور که موضوع خوردگی هادیها بسیار مهم است از درجه اهمیت بیشتری برخوردار است چون ضمن اینکه عمر هادیها افزایش می یابد با این اقدام می توان تلفات الکتریکی خط را کاهش و ظرفیت خطوط نیز افزایش داد.

دانشجویان محترم:

جهت دسترسی به متن کامل پایان نامه‌ها به کتابخانه دانشکده مهندسی و یا آزمایشگاه پروژه گروه برق مراجعه فرمایید.

۴-۱۲- نتیجه گیری فصل چهارم

افزایش قابل ملاحظه قیمت مس در بازار جهانی و اختلاف قیمت آن با آلومینیوم توجه شرکتهای توزیع برق را به استفاده از هادی آلومینیوم جلب نموده است.

البته تجربیات کارشناسان در مناطق مختلف کشور با آب و هوای متفاوت، در استفاده یا عدم استفاده از سیم آلومینیوم در شبکه های فشار ضعیف و متوسط هوایی و کابل آلومینیوم در شبکه های زمینی مفید خواهد بود. به عنوان مثال هادی های آلومینیوم فولاد در مناطق ساحلی شمال و جنوب کشور دارای مکانیزم خوردگی کاملاً متفاوت است. نمکهای موجود در این محیط با رطوبت موجود، موجب خوردگی می گردد که این مسأله باعث شده در این مناطق بیشتر از هادی های مسی استفاده گردد، لازم به ذکر است کیفیت هادی مسی نیز در بروز خوردگی مؤثر می باشد و وجود ناخالصی خود موجب خوردگی می گردد.

هرچند در مناطق شهری با چگالی بار بالاتر استفاده از سیم مسی توصیه می گردد، اما استفاده از سیم آلومینیومی فولاد فقط به جای هادی نول و روشنایی معابر نیز بهتر است مدنظر قرار گیرد. همین طور در برخی از موارد مانند روستاها و یا مناطق دور دست که دارای چگالی بار کمتری می باشند با رعایت مسائل فنی استفاده از سیم آلومینیوم فولاد در شبکه های فشار ضعیف مطلوب و از نظر اقتصادی مقرون به صرفه تر از سیم مسی خواهد بود.

طبق نظر سنجی های انجام شده از مهندسین شرکت های توزیع در شبکه های فشار ضعیف گرایش بیشتر به سمت هادیهای مسی به دلیل نصب آسانتر، ضریب هدایت بهتر، قطر کمتر و در نتیجه سطح بادخور کمتر، مقاوم بودن در مقابل خوردگی و کم بودن فلش بوده است اما براساس مطالب ارائه شده در فصل به افزایش قطر هادی آلومینیوم مشکل ضریب هدایت و تلفات را می توان جبران کرد ضمن اینکه جریان هادی نیز افزایش خواهد یافت.

اگرچه از نظر اقتصادی بکارگیری هادیهای آلومینومی مناسب تر است، اما با توجه به قیمت متعارف مس در گذشته و دلایل مختلف از قبیل بروز خوردگی و تخریب هادیها در محل اتصال هادیهای مسی و آلومینیومی استفاده از هادیهای آلومینیومی تا کنون مورد استقبال کارشناسان قرار نگرفته است، البته این

مشکل به احتی و با استفاده از یراق آلات بی متال مناسب از قبیل کمپلهای بی متال، کبلشوهای بی متال، مفصل های حرارتی بی متال با کیفیت بالا قابل حل خواهد بود.

بنابراین با رعایت مسائل فنی و مهندسی در طراحی و اجرای شبکه های توزیع برق هوایی و زمینی و با توجه به افزایش روز افزون قیمت مس استفاده هادیهای آلومینیوم مفید خواهد بود.

دانشجویان محترم:

جهت دسترسی به متن کامل پایان نامه‌ها به کتابخانه دانشکده مهندسی و یا آزمایشگاه پروژه گروه برق مراجعه فرمایید.

منابع :

۱- کاتالوگ هادیها- شرکت هیتاچی

۲- استاندارد BS 215 Part 2

۳- استاندارد ASTM B231- 78

۴- استاندارد خطوط هوایی توزیع- جلد پنجم

۵- گزارش علمی دکتر فرشید فروزبخش معاونت پژوهشی و فناوری دانشگاه تهران

۶- سیستمهای توزیع انرژی الکتریکی- تألیف مهندس سیدعباس شهرآیینی- مهندس علی جاجرمی

۷- دیدگاههای مهندسی در طراحی خطوط انتقال انرژی- دکتر عربانی، مهندس اسلام زاده

۸- مشخصات فنی و اجرایی هادیهای شبکه توزیع نیروی برق- قسمت اول (بررسی و شناخت هادیهای توزیع)

۹- مشخصت فنی و اجرایی هادیهای شبکه توزیع نیروی برق- قسمت دوم (تنوع زدایی)

۱۰- www.donya-e-eqtesad.com

۱۱- Guide Ti Electrical power Distribution System- Anthony j- pansini "Sixth Edition"

۱۲- Electrical Engineers Reference Book by MALAUGHTON