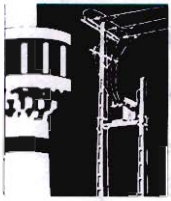


پنجمین کنفرانس شبکه‌های توزیع نیروی برق

روش‌های برآورد فنی و اقتصادی در طراحی شبکه‌های توزیع برای مناطق روستائی

ناصرابوالقاسمی، عبدالرحیم ایزدی، عادل ناصح

شرکت برق منطقه‌ای اصفهان

چکیده:

خطوط توزیع فشار متوسط (M.V.) و خطوط توزیع فشار ضعیف (L.V.) که در مناطق روستائی کشیده می‌شوند به طور عمده هوائی بوده و به ترتیب با هادی‌های آلومینیوم فولاد و مسی و نیز عمدتاً به صورت شعاعی و در رده‌های ولتاژی 20 KV یا 33 KV و 220 V / 380 احداث می‌گردند.

تجهیزات و وسایل و ملحقات شبکه و روشهای طراحی آن از دیر باز در شرکتهای برق منطقه‌ای به همان اشکال و متدهای قبلی به اجراء درمی‌آیند ولی آنچه در طراحی سیستم‌ها و شبکه‌های روستائی مورد نظر و نیاز می‌باشد، توصیه‌ها و دستورالعملهای فنی و اقتصادی در بهینه‌سازی طراحی این شبکه‌ها می‌باشد. هدف مقاله حاضر برآورد دقیق‌تر کمیت و کیفیت آیتم‌های ضروری و اساسی در طراحی شبکه‌های توزیع روستائی می‌باشد. یادآور می‌شود که این برآوردها منتج از تجربیات چندین ساله در زمینه مطالعه بر روی سیستم‌های مختلف و شبکه‌های متفاوت شهری و روستائی می‌باشد.

شرح مقاله :

چنین فرض می‌شود که خطوط .M.V دست کم در آینده قابل پیش‌بینی به همین شکل شعاعی باشند که با یک پست فوق توزیع ارتباط داشته و یا اگر با بیش از یک پست فوق توزیع مرتبط باشند، با باز نمودن جمپر در نقطه‌ای دلخواه از خط، همواره تغذیه به صورت شعاعی و از یکی از آن پستها خواهد بود.

پایه‌ها عمدتاً بتن فولادی معمولی یا پیش تنیده و یا در مواردی که ملاحظات اقتضا می‌نماید تیرهای چوبی و یا برجهای فولادی مورد استفاده قرار می‌گیرند.

تا آنجا که به شبکه‌های روستایی مربوط می‌شود علی‌الاصول پستهای هوائی برای مصارف روستاها و کشاورزی هنوز ارجحیت خود را حفظ کرده است، هر چند که در رابطه با خطوط طولانی .M.V که دارای انشعابات زیاد و پراکنده‌ای در طول مسیر خود و پستهای متعدد می‌باشند ضروری است از دیدگاه حفاظتی در رابطه با محلهای نصب کات اوت فیوزها، ریکلوزرها و سکشنولایزرها و همچنین هماهنگی بین آنها و سیستم حفاظت فیدر در پست فوق توزیع بررسی‌ها و مطالعات بیشتری انجام گردد.

در این مقاله نشان داده خواهد شد که در بیشتر موارد مربوط به شبکه‌های .L.V روستائی، استفاده از سیم آلومینیمی (یا آلیاژ آلومینیوم)، ضمن تأمین کلیه مشخصات فنی مورد لزوم، از نظر اقتصادی به مراتب به صرفه‌تر از استفاده سیم مسی که اکنون رایج است، می‌باشد. ضمناً کاربرد کابلهای هوائی عایق‌دار (aerial cables) که عایقهای آنها از انواع مواد عایق جدید ماکرو مولکولی ساخته می‌شوند و در خطوط .L.V و .M.V به صورتهای تک فاز روکش‌دار منفرد و یا به هم پیچیده مورد استفاده قرار می‌گیرند در محیط‌هائی که عوامل خورنده محیطی وجود دارد به علت عمر دو برابر آن نسبت به سیم لخت، اقتصادی‌تر بوده و همچنین در رابطه با مسیرهای جنگلی و پر درخت و محدودیتهای ناشی از حریمهای جانبی در عبور از گذرگاههای کم عرض به لحاظ مسائل ایمنی و حفاظتی و تعمیراتی نیز استفاده از آنها الزامی می‌باشد.

استفاده از متدهای محاسباتی مدرن و پکیج‌های جدید طراحی خطوط در طرح شبکه‌های روستائی به دلایل چندی که توضیح آن از حوصله این مقاله خارج است غالباً غیرعملی است و بنابراین استفاده از چنین پکیج‌هائی توصیه نمی‌شود، در عوض مهندسین طراح در طرح شبکه‌های روستائی به قواعد و قوانین عملی که دستاورد سالها تحقیق و تجربه بر روی این گونه شبکه‌ها باشد، نیاز بیشتری دارند. این مقاله متدی برای برآورد هر چه صحیح‌تر و دقیق‌تر قواعد

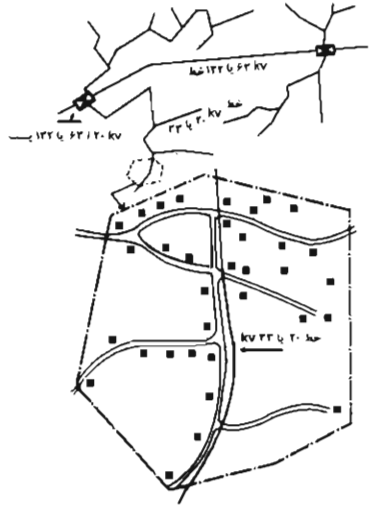
و قوانین حاکم بر طرح این گونه شبکه‌ها در نواحی روستائی را ارائه می‌کند.

متدهای تجزیه و تحلیل :

توزیع روستایی با توزیع شهری دقیقاً از آنجا متفاوت است که مراکز مصرف در یک منطقهٔ بسیار وسیع‌تر به طور بی‌قاعده و تصادفی پراکنده‌اند. قسمتی از شبکه که در این مطالعه در مد نظر است، شامل خطوط .L.V پستها و خطوط .M.V واقع در درون محدوده مشخص شده در شکل (۱) است که نمایانگر یک نمونه معمول و متداول از تغذیه الکتریکی نواحی روستایی است.

به عنوان یک اساس و مبنای نزدیک به حقیقت برای شروع این تجزیه و تحلیل چنین فرض می‌شود که ناحیه مورد مطالعه در همسایگی یک خط هوائی فشار متوسط با ظرفیت حمل توان اضافه‌ای است که می‌توان با انشعاب گرفتن از آن، شبکه تغذیه روستایی مورد نظر خود را طرح‌ریزی کنیم.

در داخل منطقه نشان داده شده در شکل (۱)، خانه‌ها یعنی مراکز مصرف یا بارها، بدون هیچ نظم و قاعده‌ای و به طور پراکنده توزیع گردیده‌اند، علاوه بر این، این بارها همچنان که طبیعت آنها اقتضا می‌کند به طور همزمان با هم نیز ساخته نشده‌اند، این شرایط، بررسی و تجزیه و تحلیل را پیچیده می‌کند و بالطبع مدل ساده‌تری را طلب می‌کند.



« شکل (۱) ـ یک الگوی نمونه تغذیه مناطق روستائی. »

دو نوع یا دو مدل ساده‌ساز؛ **محتمل** است:

۱ ـ الگوی بی‌نظم و بی‌قاعده بارها، به الگوهای قانونمند و با قاعده بار تبدیل گردد.

۲ ـ تمامی خانه‌ها یا مراکز مصرف، چنین فرض شود که در یک زمان و با یکدیگر ساخته شوند.

خانه‌ها را می‌توان با سه الگوی متفاوت قانونمند به شیوهٔ مؤثری با تجزیه و تحلیل، سازگار نمود. در شکل (۱) که نماینده یک موقعیت الگویی تغذیه در مناطق روستایی است، سه الگوی متفاوت به چشم می‌آیند:

۱ ـ یک خانه تکی

۲ ـ تعدادی خانه در یک ردیف

۳ ـ تعدادی خانه که در یک ناحیه یا محله توزیع شده‌اند

با این پیش فرض، سه الگوی مصرف با قاعده و قانونمند می‌توان بنا کرد:

۱ ـ یک مصرف‌کنندهٔ تکی

۲ ـ یک تعداد مصرف‌کنندهٔ مشابه با فواصل مساوی در یک ردیف

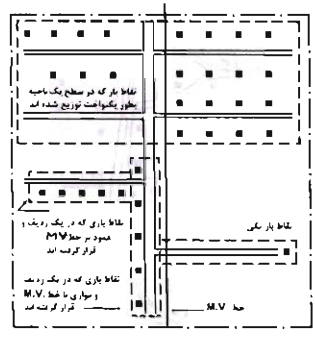
۳ ـ یک تعداد مصرف‌کنندهٔ مشابه که به طور یکنواخت در سطح یک ناحیه یا منطقه یا محله توزیع شده‌اند.

این بدان معنا است که موقعیتهای اولیه بارها، اینک به صورت سه الگوی با قاعده و قانونمند از بار یا مصرف‌کننده، به صورتی که در شکل (۲) آمده است تجزیه شده‌اند.

ـ یک بار نُقطه‌ای تکی

ـ نقاط بار با فواصل متساوی بر روی یک خط راست

ـ بارهای نقطه‌ای که به طرز یکنواخت در یک ناحیه توزیع شده‌اند



« شکل (۲) ـ تجزیه بارها به الگوهای منظم بار »

چنین فرض می‌شود که تمامی شبکه همزمان با هم و در یک لحظهٔ واحد بنا شده است.

طراحی شبکه، برآورد و تخمین سه ویژگی برای هر عنصر و مؤلفه مُشکله سیستم یا شبکه را الزام و اقتضاء می‌کند.

ـ نوع یا تیپ

ـ سایز یا اندازه

ـ زمان سرمایه‌گذاری

هرگاه، به عنوان مثال بنا است خطی از نقطه‌ای به نقطهٔ دیگر کشیده شده و نوع یا تیپ یکی از عناصر یا مؤلفه‌های مُشکله این خط فی‌المثل نوع هادی این خط، ولتاژ نامی خط و ... و زمان سرمایه‌گذاری ثابت و غیرقابل تغییر معین شده باشد، سطح مقطع هادی‌های این خط، یک کمیت مجهول این مسأله است که باید محاسبه و تعیین شود. هر گاه تیپ یا نوع این مؤلفه (فی‌المثل هادی) هم هنوز مورد تصمیم‌گیری قطعی و نهایی قرار نگرفته باشد، دو کمیت مجهول باقی‌مانده که باید محاسبه و تعیین گردند و هر گاه هیچ مشخصه یا ویژگی به طور معین و مشخص به هیچ کدام از سه ویژگی اصلی خط نسبت داده نشده، آنگاه سه کمیت مجهول برای محاسبه باقی‌مانده‌اند و باید تعیین گردند.

در مسأله مورد مطالعه ما در حال حاضر، دو کمیت مجهول وجود دارد چراکه فرض بر این قرار گرفته که تمامی شبکه در یک زمان یعنی در لحظهٔ آغاز این بررسی و تجزیه و تحلیل ساخته و پرداخته و آماده تغذیه شده‌اند یعنی زمان سرمایه‌گذاری ثابت فرض شده است.

معمولاً صرفه‌جویی‌هائی حاصل از کاستن سایز یا سطح مقطع کابل تغذیه‌کننده در نظر گرفته می‌شود. در برخی موارد این عمل، اقتصادی و سودآور به نظر می‌رسد ولی در بیشتر موارد دستاورد اقتصادی مهمی نداشته است و چنین نتیجه‌گیری شده است که تمام قرائن و شواهدی که به عنوان دلایلی برای ادامه این عمل اقامه شده‌اند، چندان قانع‌کننده نبوده‌اند.

واقعیت این است که هر چند کاستن سایز یا سطح مقطع کابل باعث کاهش هزینه ثابت (سرمایه‌گذاری اولیه) خط می‌گردد ولی با توجه به هزینه جاری تلفات انرژی در طول عمر مفید خط در بیشتر موارد ملاحظه می‌شود که با معیار مقایسه هزینهٔ کل بین طرحهای قابل قبول از جهت فنی شامل هزینه سرمایه‌گذاری به اضافهٔ هزینه تلفات انرژی (ارزش کنونی تلفات انرژی مربوط به تمام عمر مفید خط) برای هر طرح، عمل کاستن سطح مقطع غیراقتصادی می‌باشد.

ملاحظات فنی و اقتصادی :

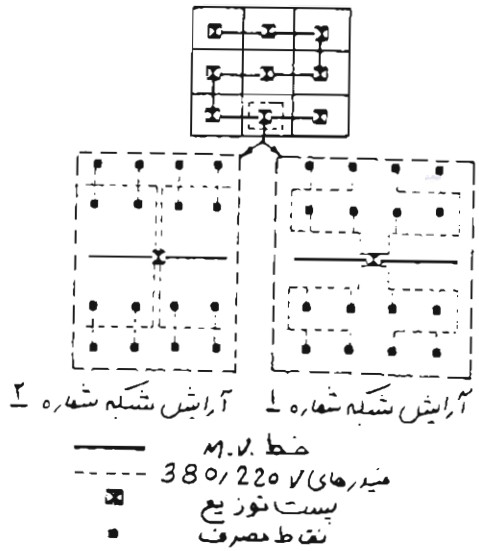
شبکه باید با حداقل مخارج، مطابق با رفتار حرارتی هادی و محدودیتهای مرتبط با افت ولتاژ ساخته شود.

همچنان که فوقاً به آن اشاره شد بررسی و تجزیه و تحلیل کامل شبکهٔ تغذیه در نواحی روستایی به طور کلی متشکل است از سه الگوی تعریف شده یعنی یک بار تکی نقطه‌ای، نقاط بار یا نقاط مصرف یا مصارف نقطه‌ای واقع بر روی یک خط راست و نقاط بار که به طور یکنواخت در سطح یک ناحیه توزیع شده‌اند مقالهٔ حاضر، فقط بارهائی که در سطح یک ناحیه توزیع شده‌اند را مورد بررسی قرار می‌دهد، چرا که طرح این مسأله به این شکل، کلی‌ترین حالتی است که دو حالت قبلی را نیز می‌پوشاند، علاوه بر این قواعد و قانونمندیهای آن می‌تواند جوابگوی هر شکل دیگری از مسأله نیز باشد، شکل (۳) علی‌الاصول وضعیت و موقعیت تغذیه نواحی روستایی را نمایندگی می‌کند و شبکه اپتیمم‌ای که بنا است تعداد معینی از مصرف‌کنندگان مشابهی که در سطح یک منطقه به طور یکنواخت پراکنده شده‌اند را تغذیه نماید، طراحی خواهد شد. دو آرایش ممکن از چنین شبکه‌ای در نظر گرفته شود:

ـ آرایش شماره (۱) با انشعابهای تکی برای هر یک از نقاط مصرف

ـ آرایش شماره (۲) با انشعابهای دو تایی یا جفت انشعاب برای تغذیه هر جفت نقاط مصرف

مخارج یا هزینه کل شبکه تشکیل شده است از مقدار وجه سرمایه‌گذاری شده اولیه به علاوه هزینه تلفات در طول مدت زمان مشخصی که مطالعه و بررسی در طول آن مدت انجام می‌گردد. پیش‌بینی وضعیت توزیع انرژی در یک دوره زمانی در آینده کار بسیار مشکلی است. با این حال، مدت زمان انجام بررسی و مطالعه می‌بایست دست کم از طول قابل ملاحظه‌ای برخوردار باشد روی این اصل، مدت زمان بررسی و تجزیه و تحلیلی که مقاله حاضر بیانگر نتایج آن است حدوداً ۲۰ سال انتخاب شده است. استفاده و بکار گرفتن هر واحد به خصوصی از وسایل و تجهیزات می‌بایست با تعداد سالهائی که آن دستگاه کار کرده تا فرا رسیدن زمانی که به دلیل استهلاک و فرسودگی نیاز به تعویض آن دستگاه در سیستم احساس می‌شود مشخص گردد، به منظور این بررسی و مطالعه، این تعداد سنوات کارکرد مفید هر یک از قطعات (۲۵) سال تخمین زده شده و نرخ بهره در برآوردهای اقتصادی این مقاله ثابت و برابر (۱۰٪) منظور گردیده است.



« شکل (۳) ـ بارهائی که در سطح یک منطقه بطور یکنواخت توزیع شده‌اند. »

مخارج کل برای شبکه نشان داده شده در شکل (۳)، جمع مخارج و هزینه‌های اقلام زیر می‌باشد:

ـ خط انشعاب که برای تغذیه هر بار نقطه‌ای کشیده شده.

ـ خط تغذیه‌کننده یا توزیع‌کننده .L.V (یا به اصطلاح فیدر).

ـ پست.

ـ خط توزیع فشار متوسط (M.V.) یا به عبارت دیگر 20 KV یا 33 KV.

کل هزینه‌های شبکهٔ یاد شده را می‌توان به صورت تابعی از چهار متغیر و به صورت زیر بیان کرد:

(۱) ریال بر هر خانه $K = f\ (n, N, a, W)$

که در آن:

K = کل ارزش کنونی وجه سرمایه‌گذاری شده اعم از سرمایه‌گذاری اولیه (برای احداث سیستم) و ارزش کنونی تلفات در طول دورهٔ ۲۰ ساله بررسی و مطالعه سیستم

n = تعداد فیدرها بر هر پست

N = تعداد خانه‌ها بر هر فیدر

a = فاصله بین خانه‌ها یا نقاط مصرف یا نقاط بار برحسب متر

W = مصرف سالیانه بر هر خانه (سال / خانه / KWh)

در تابع هزینه، متغیرهای (a) و (W) دارای مقادیر مشخصی هستند. برای متغیرهای (n) و (N) محدودیتهای خاصی وضع شده است بنا به دلایل فنی و تکنیکی و نیز دلایلی عملی لازم می‌آید که تعداد فیدرهای هر پست (n) محدود باشد. علاوه بر این، افت ولتاژ مجاز در شبکه نیز محدودیتهای بیشتری را برای تعداد خانه بر هر فیدر یا به عبارتی تعداد نقاط بار یا نقاط مصرف روی هر فیدر، اقتضاء می‌کند.

مسأله اصلی و اساسی عبارت است از اینکه، آرایش بهینه یا اپتیمم شبکه را با توجه به محدودیتها و رعایت اصل اقتصادی کمترین هزینه، بدست آوریم.

در واقع این مسأله را می‌شود به شکل مسأله می‌نیمم کردن تابع هزینه، به صورت زیر فرموله کرد و البته رعایت محدودیتهای عنوان شده به صورت نامساوی‌های زیر نیز الزامی است:

$$\text{Min } \{K = f(n, N, a, W)\} \quad \ldots\ldots (2)$$

$$[n]\ 1 < N < N \max$$

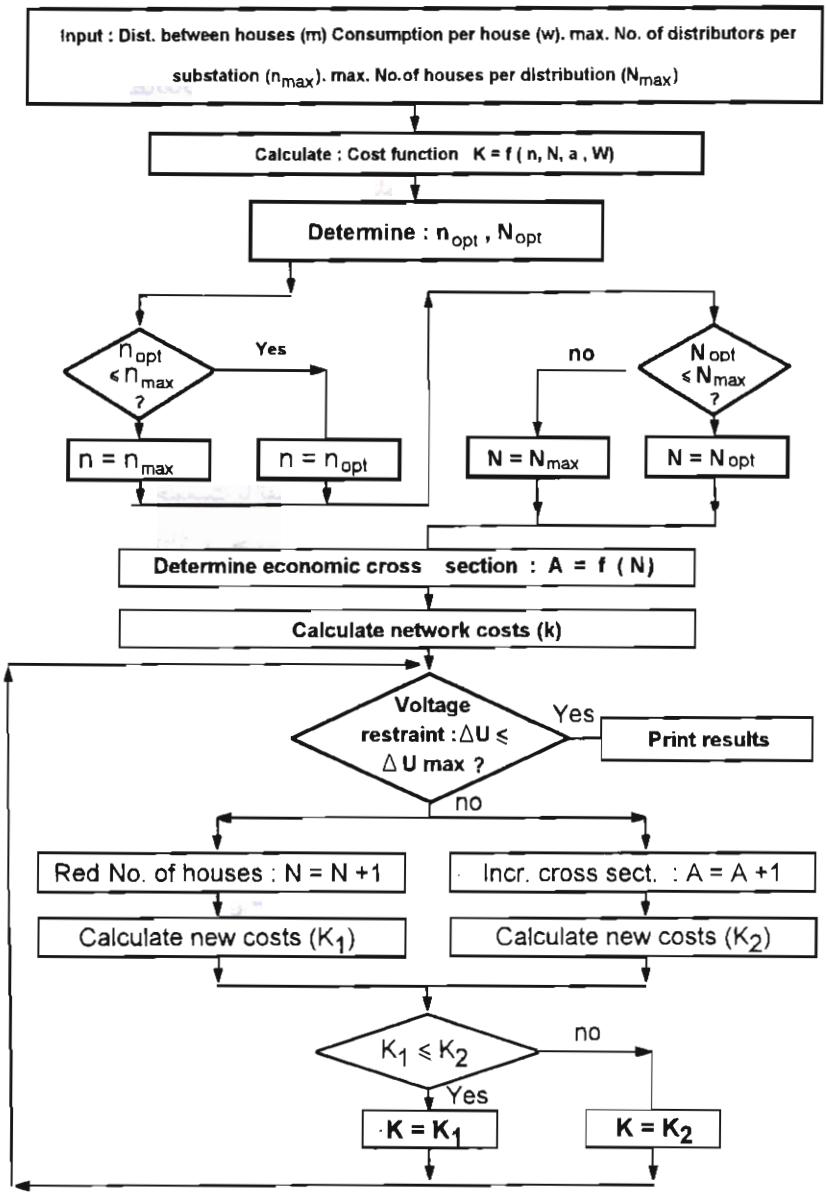
$$[N]\ 1 < n < n \max$$

این مسأله از روش ذکر شده در فلوچارت یا فلودیاگرام نشان داده شده در صفحه بعد برای موارد مختلف و حالتهای متفاوت با کامپیوتر به دفعات حل شده و نتایج آن مورد بررسی و تجزیه و تحلیل قرار می‌گیرند.

در اکثریت موارد و حالتهای مختلف آرایش اپتیمم یا بهینه شبکه برای وضعیت‌ها و موقعیتهای متفاوت قرارگرفتن نقاط بار تحت بررسی و مطالعه، یکسان بوده و تفاوت چندانی نمی‌کرده است.

تحقیقات و بررسی‌های سیستماتیک در خصوص هر دو آلترناتیو مطرح شده یعنی سیم هوائی لخت و بدون پوشش با ولتاژ 220 / 380 ولت و کابل هوائی عایق‌دار با همین ولتاژ، به طور مفصل و دقیق صورت گرفته است انرژی مصرفی بر هر خانه بر هر سال در رنج 1000-3000 KWh متغیر گرفته شده و فاصله بین خانه‌ها یا مراکز مصرف تا ۳۰۰ متر فرض شده است.

در مورد شبکه‌های واقع در "مناطق روستائی نسبتاً پر جمعیت‌تر" یعنی در نواحی که فاصله بین نقاط بار نزدیک و در بیشترین مقدار از حداکثر یکصد متر تجاوز نمی‌کرد نتایج مطالعات مخارج و هزینه‌ها به توصیه‌های زیر منجر می‌شود.



« فلوچارت تحلیل تابع هزینه »

100 KVA : توان ظاهری اسمی ترانسفورماتور

4 - 2 : تعداد فیدرها بر هر پست

ترجیحاً از آرایش شبکه شماره (۲) در شکل (۳) با تعداد (۸) انشعاب بر هر فیدر استفاده می‌گردد و انشعاب‌ها به صورت جفت انشعاب همان طور که در آرایش شبکه شماره (۲) در شکل (۳) نمایش داده شده است می‌باشد.

با توجه به مطالعات آماری روی طرحهای موجود و جنبه‌های فنی و اقتصادی آنها و صرف نظر از آرایش شبکهٔ تغذیه به کار گرفته شده، فاصله تقریبی اپتیمم یا بهینه بین پستها با استفاده از رابطه تجربی زیر نتایج نسبتاً مطلوبی را به دست می‌آورد:

(۳) برحسب متر $L = 5.5a - 0.001 (W - 1000)$

که در آن به ترتیب :

L = فاصله بین پستها بر حسب متر

a = متوسط فاصله بین خانه‌ها یا نقاط مصرف یا نقاط بار به متر

W = (KWh / خانه / سال) مصرف سالیانه بر هر خانه

در نواحی کم جمعیت با نقاط بار پراکنده، فیدرها یا باید دارای سطح مقطع بیشتری از آنچه قبلاً دربارهٔ مناطق پر جمعیت ذکر شد، باشند و یا تعداد خانه‌ها یا نقاط بار کمتری را تغذیه نمایند.

موارد و مزایای کاربرد کابلهای هوائی عایق‌دار *(aerial cables)* :

در مناطق ساحلی که مسأله خوردگی به دلیل محیط آلوده (با آلودگی‌های ساحلی و به لحاظ شیمیائی با آلودگی از نوع نمکهای دریائی) مطرح است، تجربه نشان می‌دهد که عمر مفید هادی‌های بدون پوشش حدوداً نصف عمر مفید کابلهای پوشش‌دار هوائی است، عمر مفیدی که در مرحله طراحی ۲۵ سال تخمین زده شده است. گمان آن می‌رود که هادی‌های بدون پوشش را می‌بایست حدوداً هر ده سال تعویض کرد که با توجه به برآورد هزینه، این امر خود مستلزم بیش از ۱۰٪ افزایش در مخارج شبکه است.

در نواحی جنگلی و پر درخت که به ویژه در روزهای طوفانی درختان، تهدیدی برای خطوط هوائی به شمار می‌روند استفاده از کابلهای هوائی پوشش‌دار برتری آشکار دارد، هر چند که شواهد آماری هنوز بر برتری قاطع کابلهای هوائی پوشش‌دار صحه نگذشته‌اند اما بکارگیری و استفاده از این گونه کابلهای هوائی متضمن امنیت بالاتری برای مردم و پرسنل تعمیر و نگهداری و هزینهٔ کمتری به هنگام تعویض و یا تقویت شبکه می‌باشد. از سوی دیگر،

کابلهای پوشش‌دار هوائی، کار عیب‌یابی خط را پر زحمت‌تر و به هنگام بروز فالت، یافتن محل خرابی یا نقاط ضعیف کابل را عملاً مشکل‌تر می‌سازند و لذا این ملاحظات است که توجیه فنی و اقتصادی استفاده از این نوع هادی را قدری مشکل نموده ولی در هر صورت برای نواحی ساحلی و برخی مناطق دارای آلودگی شدید صنعتی بررسی‌ها مؤید اقتصادی‌تر بودن کابلهای هوائی عایق‌دار بوده و همچنین کاربرد این نوع کابلهای عایق‌دار را در نواحی جنگلی و پر درخت و یا نواحی که محدودیتهای حریمهای جانبی وجود دارد. به لحاظ تأمین استانداردهای ایمنی و حفاظتی و تعمیرات و نگهداری الزامی می‌نماید.

موارد و مزایای کاربرد سیم آلومینیومی به جای سیم مسی در شبکه فشار ضعیف هوائی :

نتایج بررسی‌های اقتصادی مؤید این واقعیت است که در بیشتر موارد (خصوصاً در رابطه با روستاهای کوچک و متوسط) کاربرد سیم آلومینیومی (یا آلیاژهای آلومینیوم مانند Aldrey) نسبت به سیم مسی که تاکنون به صورت عمده در شبکه‌های فشار ضعیف هوائی مناطق شهری و روستایی مورد استفاده قرار می‌گیرد ارجح می‌باشد. علل اساسی ارجحیت سیم آلومینیومی نسبت به سیم مسی برای این موارد که معمولاً میانگین جریان فیدرهای فشار ضعیف در حد متوسط است به قرار زیر می‌باشد.

* در هدایت الکتریکی یکسان، ۱۰۰ کیلوگرم آلومینیوم جانشین ۱۹۹/۵ کیلوگرم مس می‌گردد.

چون $$۱۰۰\ Kg - Al \times \frac{۶۰/۷}{۱۰۰} \times \frac{۸/۸۹}{۲/۷} = ۱۹۹/۵\ Kg - cu$$

($\frac{۶۰/۷}{۱۰۰}$ هدایت نسبی آلومینیوم نسبت به مس نرم و ۸/۸۹ و ۲/۷ به ترتیب اوزان مخصوص مس و آلومینیوم در $۲۰^{\circ}C$ و بر حسب gr/cm^3 می‌باشند).

* در مقاومت مکانیکی یکسان ۱۰۰ کیلوگرم آلومینیوم جانشین ۱۳۲ کیلوگرم مس می‌گردد،

چون $$۱۰۰\ Kg - Al \times \frac{۴۰}{۱۰۰} \times \frac{۸/۸۹}{۲/۷} = ۱۳۲\ Kg - cu$$

($\frac{۴۰}{۱۰۰}$ مقاومت کششی نسبی آلومینیوم نسبت به مس سخت شده و ۸/۸۹ و ۲/۷ به ترتیب اوزان مخصوص آلومینیوم و مس سخت شده می‌باشند. البته اگر مقاومت مکانیکی مس نیمه‌سخت را منظور نمائیم نتیجه بیشتر از این مقدار می‌گردد که در تأیید بیشتر آلومینیوم می‌باشد)

چنانچه ملاحظه می‌شود علیرغم هدایت الکتریکی و مقاومت مکانیکی (کششی) بالاتر مس نسبت به آلومینیوم، معهذا به علت وزن مخصوص خیلی بالاتر مس نسبت به آلومینیوم (حدود ۳/۳ برابر)، در شرایط یکسان از نظر هدایت الکتریکی و همچنین از نظر مقاومت مکانیکی (کششی)، وزن سیم مسی نسبت به سیم آلومینیومی بیشتر است و با توجه به اینکه متوسط قیمت واحد وزن مس در بازارهای جهانی معمولاً خیلی بیشتر از متوسط قیمت واحد وزن آلومینیوم می‌باشد لهذا استفاده از سیمهای رشته‌ای آلومینیومی (یا Aldrey) برای این موارد در شبکه‌های فشار ضعیف اقتصادی‌تر می‌باشد و اگر توجه کنیم که در شبکه‌های فشار ضعیف هوائی به علت کوچک بودن اسپان متوسط (حدود ۶۰ ـ ۵۰ متر) مقاومت کششی سیم آلومینیوم کفایت داشته و بالنتیجه نقش هدایت الکتریکی عمده می‌گردد، لذا براساس بررسی فوق‌الذکر که در شرایط یکسان از نظر هدایت الکتریکی وزن سیم مسی به کار رفته حدود دو برابر وزن سیم آلومینیوم می‌گردد، نتیجه گرفته می‌شود که استفاده از سیم آلومینیومی به مراتب اقتصادی‌تر می‌باشد، ضمن اینکه در صورت لزوم به مقاومت مکانیکی بالاتر می‌توان از آلیاژهای آلومینیوم (مانند Aldrey) با مقاومت کشش نهایی $۳۳\ Kg/mm^2$ را مورد استفاده قرار داد. در عین حال به علت سطح مقطع بیشتر سیم آلومینیومی نسبت به سیم مسی در شرایط یکسان، انتقال حرارت با محیط مطلوب‌تر بوده و بالنتیجه ظرفیت حرارتی سیم آلومینیومی نیز بالاتر می‌باشد. مقاومت خوردگی آلومینیوم به علت تشکیل لایه نازک مقاوم اکسید آلومینیوم (روئین شدن) نیز برای محیط‌های دارای عوامل خورنده محیطی مناسب می‌باشد ولی برای بارهای متراکم یعنی برای نواحی که دانسیته باربر واحد سطح بالا می‌باشد به علل زیر استفاده از سیم مسی مناسب‌تر می‌باشد.

* در جریانهای زیاد سطح مقطع سیم آلومینیومی افزایش قابل ملاحظه و غیر مطلوبی پیدا می‌کند و به علت ضریب انبساط حرارتی بیشتر آلومینیوم ($۲۳ \times ۱۰^{-۶} \frac{۱}{°C}$) نسبت به مس ($۱۷ \times ۱۰^{-۶} \frac{۱}{°C}$) سیم آلومینیومی تغییرات کشش و فلش بیشتری را بوجود می‌آورد.

* به علت بالا بودن نسبی سطح جریان اتصال کوتاه در این موارد که افزایش دمای سیم را به دنبال دارد، سیم مسی مشخصه بهتری دارد (نقطه ذوب سیم مسی تحت $۱۰۸۰°C$ و نقطه ذوب آلومینیوم و Aldrey حدود $۶۵۰°C$ می‌باشد).

(یادآور می‌شود که ضریب افزایش مقاومت الکتریکی بازاء یک درجه سانتیگراد افزایش دما برای مس تحت ۰/۰۰۳۹۳ و برای آلومینیوم حدود ۰/۰۰۴ می‌باشد که تقریباً یکسان می‌باشند).

* مدول‌الاستیسیته (ضریب یونگ) مس سخت شده ($E = 12000\ Kg/mm^2$) حدود ۱/۸

تا ۱/۸۵ برابر آلومینیوم و Aldrey می‌باشد که برای سطح مقطعهای بزرگ آلومینیوم و ضرورت اعمال کششهای بیشتر، افزایش طول ناشی از کشش بیشتری (فلش بیشتر) را ایجاد می‌نماید.

$S \frac{T_2 - T_1}{AE}$ = تغییر طول سیم ناشی از تغییر کشش سیم می‌باشد: که در آن S طول سیم در حالت بودن کشش، T_1 و T_2 کششهای اولیه و ثانویه و A سطح مقطع و E مدول‌الاستیسیته سیم می‌باشند) و در عین حال به علت سطوح مقاطع بالاتر آلومینیوم در این موارد خزش (creepage) بیشتری خواهیم داشت.

نتیجه‌گیری :

در این مقاله، با توجه به پراکندگی بی‌قاعده بارهای روستائی، الگوهای مختلف ممکن گروه‌های مصرف‌کنندگان از جهت تیپ دسته‌بندی شده و نحوه تعریف آنها بر اساس الگوهای قانونمند مورد مطالعه قرار گرفت و سپس متدهای تجزیه و تحلیل شبکه با توجه به ملاحظات فنی و اقتصادی تعریف شده و بر اساس آن یک روش برآورد فنی و اقتصادی در طراحی شبکه‌های توزیع برای مناطق روستائی در قالب فلوچارت ارائه شده معرفی گردید.

ضمناً موارد کاربرد و مزایای کابلهای هوائی عایق‌دار در رابطه با خطوط هوائی .M.V و .L.V و همچنین موارد کاربرد سیمهای آلومینیومی (یا Aldrey) لخت در خطوط فشار ضعیف به جای سیم مسی به تفصیل مورد بحث و نتیجه‌گیری قرار داده شد. بر اساس این نتایج مشخص گردید در نواحی ساحلی و مناطقی که عوامل خورنده محیطی وجود دارد به علت اینکه عمر کابلهای هوائی عایق‌دار دو برابر می‌باشد کاربرد این کابلها اقتصادی‌تر بوده و همچنین برای مناطق جنگلی و پر درخت و موارد مشابه (فواصل کم با مستحدثات مجاور)، در رابطه با مشکلات تعمیرات و نگهداری و مسائل ایمنی و حفاظتی سیمهای لخت، استفاده از کابلهای هوائی عایق‌دار الزامی می‌باشد. ضمناً با توجه به مقایسه جنبه‌های مختلف مشخصات فنی (الکتریکی و مکانیکی و حرارتی) سیم آلومینیومی (یا آلیاژهای آلومینیوم) و سیم مسی مشخص گردید که در رابطه با نواحی روستائی و غیر روستائی با دانسیته بار کم و متوسط، و برخی موارد دیگر، مشخصات فنی سیم آلومینیومی (یا Aldrey) برای خطوط فشار ضعیف این نواحی کاملاً مطلوب بوده و از نظر اقتصادی به مراتب به صرفه‌تر از سیم مسی می‌باشد.

منابع :

1 - Westinghouse corp. 1969 T & D.

2 - Siemens handbook for electrical engineers.

3 - Handbook of Electrical Engineering M.G. Say.

4 - IEEE editorials on Electrical Distribution.

۵ ـ مجموعه طرحها، جزوات و مدارک آماری مربوطه موجود در شرکتهای برق منطقه‌ای اصفهان.

6 - Standard Handbook for electrical engineers : D.J. FINK, J.M. CARROL.

7 - Overhead electric power lines : G.C. GRACEY.

۸ ـ مهندسی خوردگی : ترجمه دکتر احمد ساعتچی (دانشگاه صنعتی اصفهان).