

شرکت سیمکات

توجیه فنی و اقتصادی
جایگزینی کابل‌های خود نگهدار
با هادی‌های هوایی مسی

تهیه و تدوین :

سید محمد سید قیاسی

(واحد بازاریابی و مهندسی فروش)

انتخاب خط پایلوت

جهت بررسی فنی و اقتصادی این جایگزینی، یکی از کوچه های واقع در منطقه مرکزی شهر تبریز که دارای تراکم جمعیتی بالایی است انتخاب گردیده و مورد مطالعه قرار گرفته است. تعداد انشعابها بدلیل تراکم منازل و آپارتمانهای مسکونی متعدد، بالا بوده و بدیهی است در مکانهای مسکونی تراکم متوسط و پائین، شاهد صرفه اقتصادی بیشتری باشیم.

لازم به یادآوری است این جایگزینی مزایای فنی متعددی بشرح ذیل به همراه دارد که در طول مدت بهره برداری، منافع اقتصادی قابل توجهی را بدنبال خواهد داشت. از آنجائیکه در این گزارش، محاسبه سود حاصل در زمان بهره برداری مدنظر نمیباشد، صرفا به کاهش هزینه های مربوط به سرمایه گذاری اولیه برای جایگزینی کابلهای خودنگهدار بجای سیمهای هوایی مسی در شبکه های توزیع برق و همچنین انتخاب و اجرای کابلهای خودنگهدار در خطوط جدید الاحداث پرداخته شده است.

- 1 (کاهش قطعی های کوتاه مدت و بلند مدت
- 2 (کاهش انرژی های توزیع نشده
- 3 (کاهش خسارتهای ناشی از سیم دزدی
- 4 (کاهش برق دزدی
- 5 (کاهش نشتی و تلفات
- 6 (استفاده در معابر باریک و تنگ
- 7 (حفظ ایمنی افراد
- 7 (کاهش خوردگی در مناطق آلوده
- 8 (جلوگیری از قطع درختان و حفظ محیط زیست
- 9 (قیمت پائین کابلهای خود نگهدار در مقایسه با هادیهای هوایی مسی

در این مطالعه سعی بر آن است تا با روابط دقیق، توجیه اقتصادی بکارگیری کابل‌های خودنگهدار و جایگزینی آن با هادی‌های مسی موجود بطور واضح نشان داده شود.

در ادامه خواهیم دید که نتایج محاسبات مبین این واقعیت است که حتی در صورت صرف نظر از منافع اقتصادی ناشی از مزایای فنی این جایگزینی، سرمایه‌گذاری اولیه شامل خرید کابل‌های خودنگهدار و یراق آلات مربوطه، پایین‌تر از مبالغ حاصل از فروش هادی‌های مستعمل مسی در خطوط هوایی موجود خواهد بود.

محاسبات انجام شده در گزارش فوق در خصوص جایگزینی دو نوع از کابل‌های خودنگهدار با نگهدارنده تمام فولادی و نوع دوم با نگهدارنده آلومینیوم آلیاژی خواهد بود.

مشخصات خط پایلوت :

تعداد مشترک : 94

تعداد تیر : 44

خط هوایی موجود با هادی‌های هوایی مسی

SCU1 : سایز 35 LCU1 : بطول 450 متر

SCU2 : سایز 25 LCU2 : بطول 150 متر

SCU3 : سایز 16 LCU3 : بطول 1920 متر

SCU4 : سایز 10 LCU4 : بطول 1280 متر

	0	150 m	200 m	490 m	990m
L	10	10	10		10
N	25	16	10		16
P1	35	25	16		16
P2	35	25	16		
P3	35	25	16		

کابل‌های خودنگهدار با نگهدارنده تمام فولادی

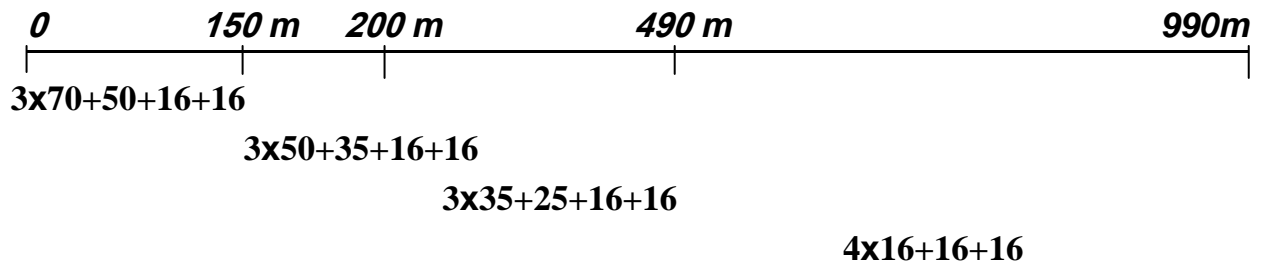
خط هوایی جایگزین با استفاده از کابل‌های خودنگهدار با نگهدارنده تمام فولادی و سیم روشنایی

$$L_{abc1} : \text{ بطول 150 متر} \quad 3 \times 70 + 50 + 16 + 16$$

$$L_{abc2} : \text{ بطول 50 متر} \quad 3 \times 50 + 35 + 16 + 16$$

$$L_{abc3} : \text{ بطول 290 متر} \quad 3 \times 35 + 25 + 16 + 16$$

$$L_{abc4} : \text{ بطول 500 متر} \quad 4 \times 16 + 16 + 16$$



تعداد انشعاب بی متال : 94

تعداد کلمپ انتهایی : 11

تعداد کلمپ آویز با تسمه نگهدارنده : 33

تعداد قلاب : 44

محاسبات اقتصادی

الف - مفروضات

1) مبنای محاسبات برای هادیهای مسی موجود (مستعمل) هر کیلو 72000 ریال در نظر گرفته شده است .

(قیمت متوسط مفتول مس در بازار بورس 80000 ریال فرض شده است.)

2) قیمت کابل‌های خود نگهدار بر مبنای قیمت شمش آلومینیوم معادل 30000 ریال محاسبه شده است.

ب) وزن و قیمت هادیهای هوایی مسی

ρ : وزن مخصوص مس

$$M_{cu} = \{(S_{CU1} \times L_{CU1}) + (S_{CU2} \times L_{CU2}) + (S_{CU3} \times L_{CU3}) + (S_{CU4} \times L_{CU4})\} \times \rho$$

$$M_{cu} = \{(35 \times 0.45) + (25 \times 0.15) + (16 \times 1.92) + (10 \times 1.28)\} \times 8.9 = 579 \text{ Kg}$$

$$C_{cu} = M_{cu} \times 72000$$

$$C_{cu} = 579 \times 72000 = 41568000 \text{ Rials}$$

ج) قیمت کابل‌های خودنگهدار جایگزین

$$C_{abc1} = 46000 \text{ Rials} , C_{abc2} = 36000 \text{ Rials} , C_{abc3} = 29000 \text{ Rials} , C_{abc4} = 21000 \text{ Rials}$$

$$C_{abc} = (L_{abc1} \times C_{abc1}) + (L_{abc2} \times C_{abc2}) + (L_{abc3} \times C_{abc3}) + (L_{abc4} \times C_{abc4})$$

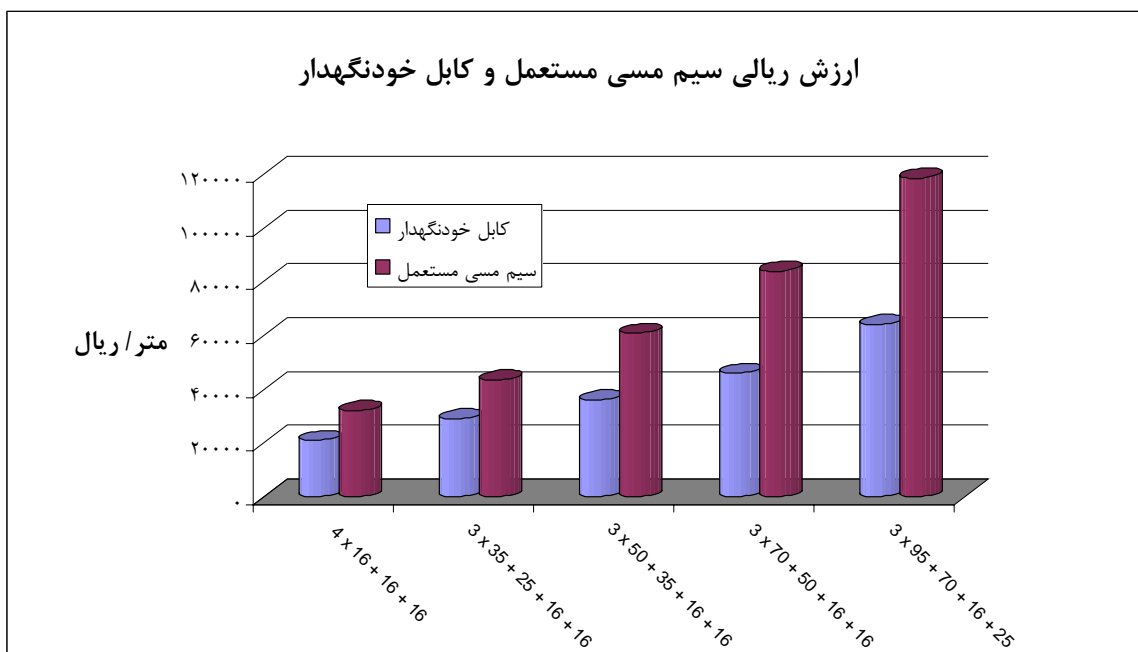
$$C_{abc} = (150 \times 46000) + (50 \times 36000) + (290 \times 29000) + (500 \times 21000) = 27610000 \text{ Rials}$$

د) مقایسه قیمت هادیهای هوایی مسی موجود با کابل‌های خودنگهدار جایگزین (با 20٪ شرایط انرژی رسانی بیشتر)

$$C_{cu} > C_{abc} \rightarrow C_{abc} = 68.4\% C_{cu}$$

این مقایسه در حالت کلی و برای سایزهای رایج مورد مصرف، در نمودار زیر بوضوح مشاهده میشود. بدیهی

است در سایزهای بالاتر تفاوت قیمت، فاحش و بالاتر از درصد محاسبه شده برای پروژه پایلوت میباشد.



هـ) قیمت یراق آلات لازم برای خطوط اجراء شده با کابل‌های خودنگهدار

$$\text{کل قیمت انشعاب بی متال} : 94 \times 45000 = 4230000 \text{ Rials}$$

$$\text{کل قیمت کلمپ انتهایی} : 11 \times 71000 = 781000 \text{ Rials}$$

$$\text{کل قیمت کلمپ آویز با تسمه نگهدارنده} : 33 \times 56000 = 1848000 \text{ Rials}$$

$$\text{کل قیمت قلاب} : 44 \times 17500 = 770000 \text{ Rials}$$

$$C_a = 4230000 + 781000 + 1848000 + 770000 = 7629000 \text{ قیمت کل یراق آلات کابل‌های خودنگهدار}$$

و) کل سرمایه گذاری مربوط به کابل و یراق آلات برای احداث خطوط جایگزین

$$C_{T(abc)} = C_{abc} + C_a = 27610000 + 7629000 \rightarrow C_{T(abc)} = 35239000 \text{ Rials}$$

ز) درآمد مازاد در فرآیند جایگزینی کابل‌های خود نگهدار با خطوط هوایی مسی

$$C_{cu} = 40392000 \text{ Rials} \quad \text{در آمد حاصل از فروش هادی‌های هوایی مسی}$$

با توجه به استاندارد بودن سایز در هادی‌های هوایی مسی و کابل‌های خودنگهدار، معادل سازی عینا میسر نبوده و

کابل‌های خودنگهدار انتخاب شده، حداقل دارای 20٪ سطح مقطع بالاتری هستند. این امر موجبات افزایش انرژی رسانی تا 20٪ یا بیشتر را فراهم می آورد.

کل سرمایه گذاری احداث خطوط جایگزین (با 20٪ شرایط انرژی رسانی بیشتر):

$$C_{T(abc)} = 35239000 \text{ Rials}$$

$$\frac{C_{cu} - C_{T(abc)}}{C_{cu}} \times 100 = 12.8\% \quad \text{درصد درآمد مازاد با 20٪ شرایط انرژی رسانی بیشتر}$$

بطور مجازی، جهت مقایسه در شرایط معادل انرژی رسانی از روابط زیر استفاده میکنیم:

$$C_{T \text{ equal}(abc)} = \frac{C_{T(abc)}}{1.2} = 29365833 \text{ Rials}$$

کل سرمایه گذاری احداث خط جایگزین برای شرایط انرژی رسانی معادل :

$$\frac{C_{cu} - C_{T \text{ equal}(abc)}}{C_{cu}} \times 100 = \% 27.3$$

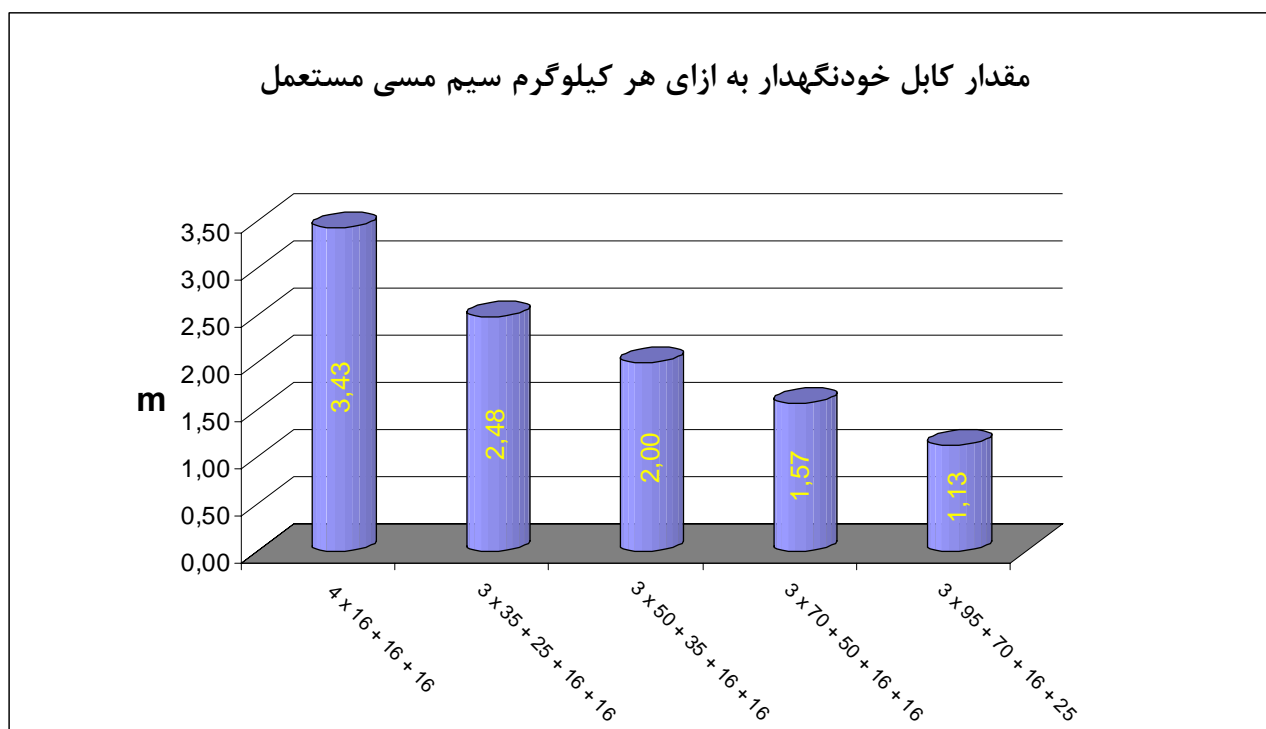
درصد درآمد مازاد در شرایط انرژی رسانی معادل

ح) معاوضه سیمهای مسی مستعمل با کابلهای خودنگهدار

همانطوریکه خرید سیمهای مسی بر مبنای وزنی، انجام میگردد، فروش سیمهای مسی مستعمل و جمع آوری شده از خطوط توزیع برق نیز بر مبنای وزن، ارزش گذاری و محاسبه قیمت میشوند. این معاوضه چه از طریق فروش سیمهای مسی مستعمل و متعاقب آن، خرید کابلهای خودنگهدار باشد و یا معاوضه مستقیم، میتواند از طریق مناقصه یا بطور آزاد انجام پذیرد.

در نمودار ذیل ارزش کابلهای خودنگهدار در سایزهای مختلف در ازای هر کیلوگرم از سیمهای مسی مستعمل نشان داده شده

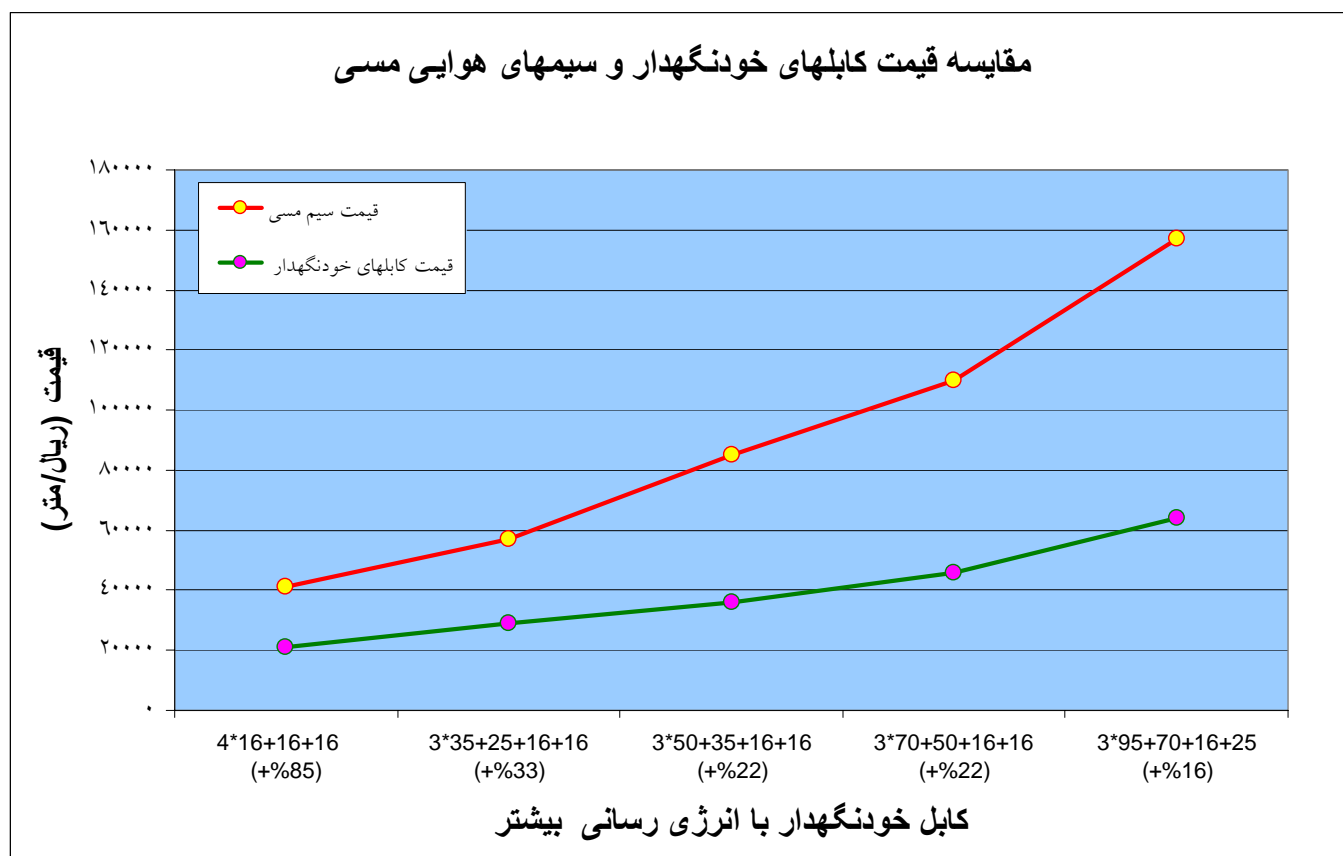
است.



ط (کاهش قابل توجه هزینه های سرمایه گذاری اولیه در خطوط "جدید/احداث" با کابل های خودنگهدار

احداث خطوط هوایی با کابل های خود نگهدار علاوه بر داشتن مزایای فنی متعدد ، عاملی موثر در جهت تداوم انرژی رسانی و رضایت مندی مشترکین بوده و منافع اقتصادی قابل توجهی را در حین بهره برداری ایجاد می نماید. این همه در حالی است که حتی هزینه های سرمایه گذاری اولیه آن نیز کمتر از هزینه های احداث خطوط هوایی با هادی های سخت مسی است.

قیمت انواع هادی های هوایی مسی و کابل های خودنگهدار، بر اساس اطلاعات ماخوذه از بازار بورس تهران و میانگین ماهانه قیمت فلزات مس و آلومینیوم ، در شهریور ماه 89 ، محاسبه شده و بر حسب ریال بر متر ، در نمودار زیر نشان داده میشود.



* در معادل سازی انجام شده ، درصد افزایش انرژی رسانی مربوط به هر سایز ، مشخص شده است.

کابل‌های خودنگهدار با نگهدارنده آلومینیوم آلیاژی

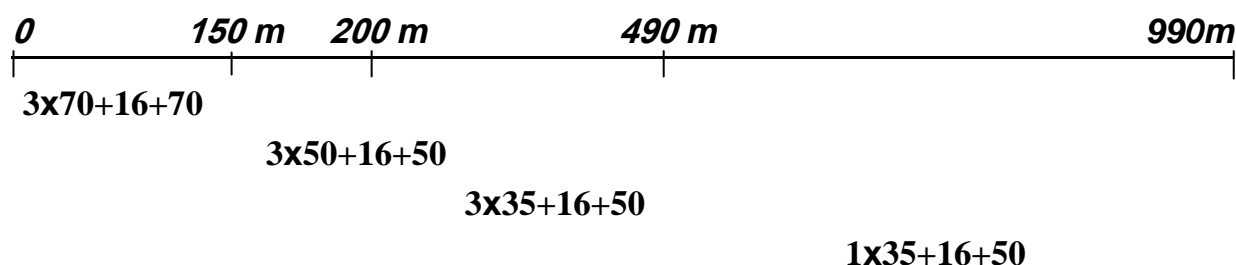
خط هوایی جایگزین با استفاده از کابل‌های خودنگهدار با نگهدارنده آلومینیوم آلیاژی و سیم روشنایی

$$L_{abc1} : \text{ بطول 150 متر} \quad 3 \times 70 + 16 + 70$$

$$L_{abc2} : \text{ بطول 50 متر} \quad 3 \times 50 + 16 + 50$$

$$L_{abc3} : \text{ بطول 290 متر} \quad 3 \times 35 + 16 + 50$$

$$L_{abc4} : \text{ بطول 500 متر} \quad 1 \times 35 + 16 + 50$$



تعداد انشعاب بی متال : 94

تعداد کلمپ انتهایی : 11

تعداد کلمپ آویز با تسمه نگهدارنده : 33

تعداد قلاب : 44

محاسبات اقتصادی

الف - مفروضات

1) مبنای محاسبات برای هادیهای مسی موجود (مستعمل) هر کیلو 72000 ریال در نظر گرفته شده است .

(قیمت متوسط مفتول مس در بازار بورس 80000 ریال فرض شده است.)

2) قیمت کابل‌های خود نگهدار بر مبنای قیمت شمش آلومینیوم معادل 30000 ریال محاسبه شده است.

ب) وزن و قیمت هادیهای هوایی مسی

ρ : وزن مخصوص مس

$$M_{cu} = \{(S_{CU1} \times L_{CU1}) + (S_{CU2} \times L_{CU2}) + (S_{CU3} \times L_{CU3}) + (S_{CU4} \times L_{CU4})\} \times \rho$$

$$M_{cu} = \{(35 \times 0.45) + (25 \times 0.15) + (16 \times 1.92) + (10 \times 1.28)\} \times 8.9 = 579 \text{ Kg}$$

$$C_{cu} = M_{cu} \times 72000$$

$$C_{cu} = 579 \times 72000 = 41508000 \text{ Rials}$$

ج) قیمت کابل‌های خودنگهدار جایگزین

$$C_{abc1} = 51500 \text{ Rials} \quad , \quad C_{abc2} = 37500 \text{ Rials} \quad , \quad C_{abc3} = 32000 \text{ Rials} \quad , \quad C_{abc4} = 23000 \text{ Rials}$$

$$C_{abc} = (L_{abc1} \times C_{abc1}) + (L_{abc2} \times C_{abc2}) + (L_{abc3} \times C_{abc3}) + (L_{abc4} \times C_{abc4})$$

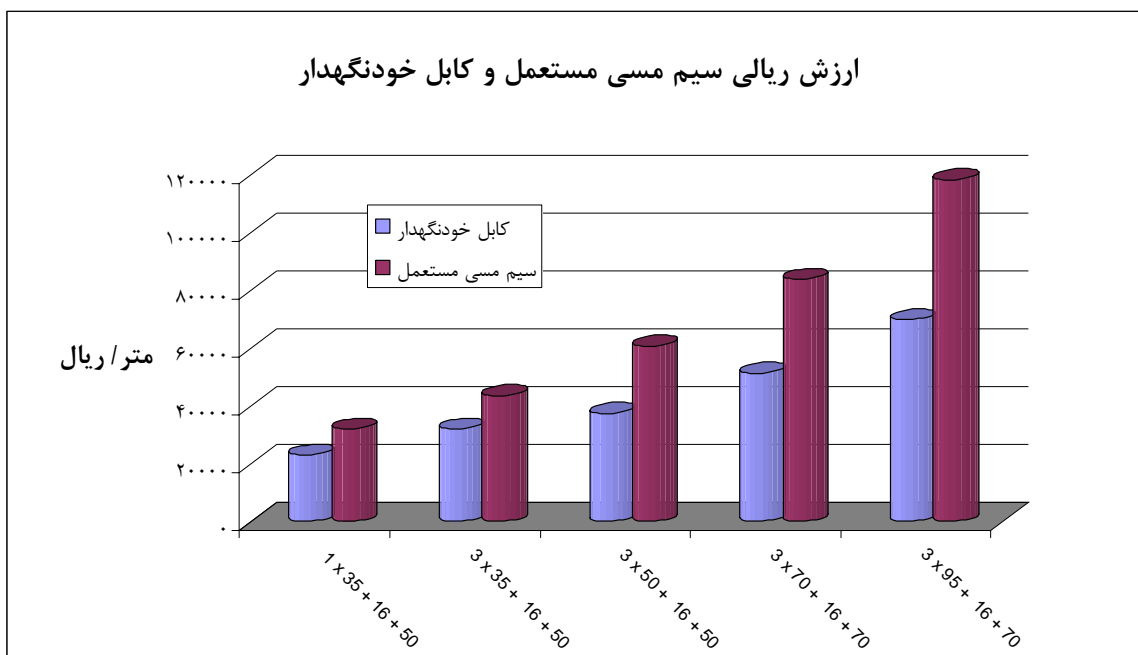
$$C_{abc} = (150 \times 51500) + (50 \times 37500) + (290 \times 32000) + (500 \times 23000) = 30380000 \text{ Rials}$$

د) مقایسه قیمت هادیهای هوایی مسی موجود با کابل‌های خودنگهدار جایگزین (با 20٪ شرایط انرژی رسانی بیشتر)

$$C_{cu} > C_{abc} \rightarrow C_{abc} = 75.2\% C_{cu}$$

این مقایسه در حالت کلی و برای سایزهای رایج مورد مصرف، در نمودار زیر بوضوح مشاهده میشود. بدیهی

است در سایزهای بالاتر تفاوت قیمت، فاحش و بالاتر از درصد محاسبه شده برای پروژه پایلوت میباشد.



هـ) قیمت یراق آلات لازم برای خطوط اجراء شده با کابل‌های خودنگهدار

$$\text{کل قیمت انشعاب بی متال} : 94 \times 45000 = 4230000 \text{ Rials}$$

$$\text{کل قیمت کلمپ انتهایی} : 11 \times 71000 = 781000 \text{ Rials}$$

$$\text{کل قیمت کلمپ آویز با تسمه نگهدارنده} : 33 \times 56000 = 1848000 \text{ Rials}$$

$$\text{کل قیمت قلاب} : 44 \times 17500 = 770000 \text{ Rials}$$

$$C_a = 4230000 + 781000 + 1848000 + 770000 = 7629000 \text{ قیمت کل یراق آلات کابل‌های خودنگهدار}$$

و) کل سرمایه گذاری مربوط به کابل و یراق آلات برای احداث خطوط جایگزین

$$C_{T(abc)} = C_{abc} + C_a = 30380000 + 7629000 \rightarrow C_{T(abc)} = 38009000 \text{ Rials}$$

ز) درآمد مازاد در فرآیند جایگزینی کابل‌های خود نگهدار با خطوط هوایی مسی

$$C_{cu} = 40392000 \text{ Rials} \quad \text{در آمد حاصل از فروش هادی‌های هوایی مسی}$$

با توجه به استاندارد بودن سایز در هادی‌های هوایی مسی و کابل‌های خودنگهدار، معادل سازی عینا میسر نبوده و

کابل‌های خودنگهدار انتخاب شده، حداقل دارای 20٪ سطح مقطع بالاتری هستند. این امر موجبات افزایش انرژی رسانی

تا 20٪ یا بیشتر را فراهم می آورد.

کل سرمایه گذاری احداث خطوط جایگزین (با 20٪ شرایط انرژی رسانی بیشتر):

$$C_{T(abc)} = 38009000 \text{ Rials}$$

$$\frac{C_{cu} - C_{T(abc)}}{C_{cu}} \times 100 = 5.9\% \quad \text{درصد درآمد مازاد با 20٪ شرایط انرژی رسانی بیشتر}$$

بطور مجازی، جهت مقایسه در شرایط معادل انرژی رسانی از روابط زیر استفاده میکنیم:

$$C_{T \text{ equal}(abc)} = \frac{C_{T(abc)}}{1.2} = 31674167 \text{ Rials}$$

کل سرمایه گذاری احداث خط جایگزین برای شرایط انرژی رسانی معادل :

$$\frac{C_{cu} - C_{T \text{ equal}(abc)}}{C_{cu}} \times 100 = \% 21.6$$

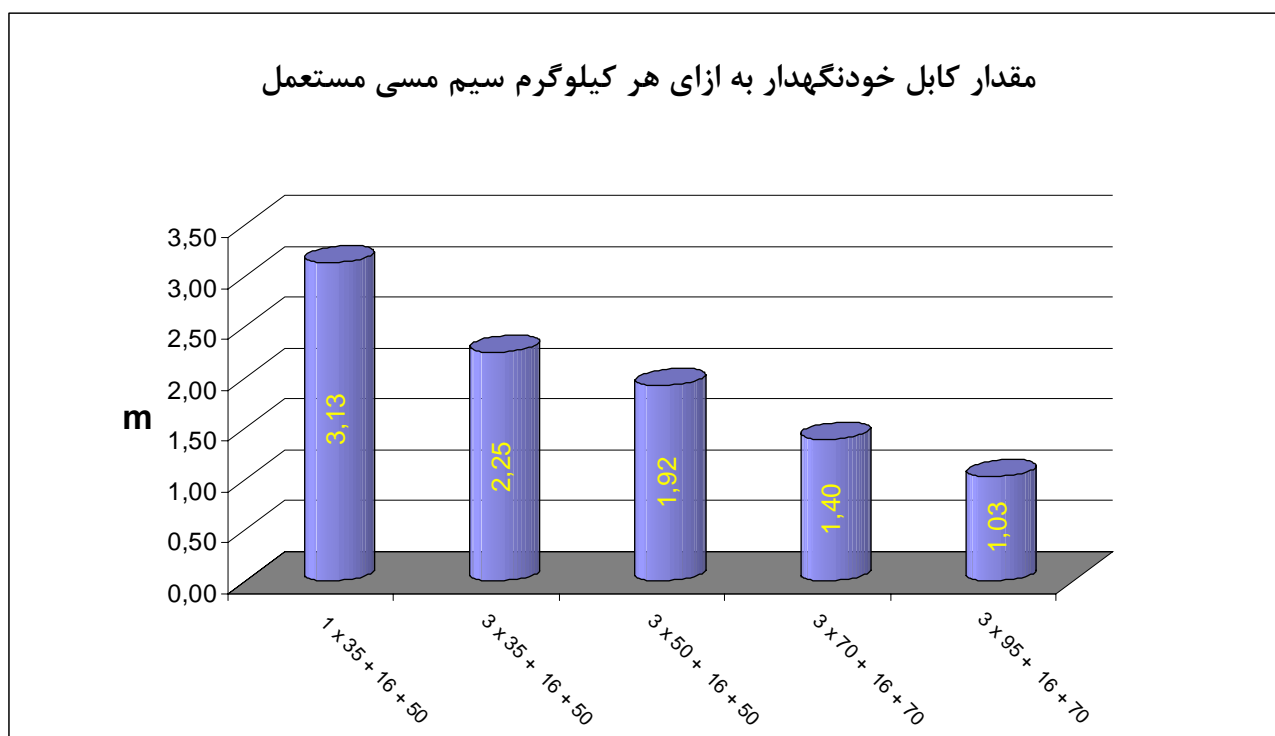
درصد درآمد مازاد در شرایط انرژی رسانی معادل

ح) معاوضه سیمهای مسی مستعمل با کابلهای خودنگهدار

همانطوریکه خرید سیمهای مسی بر مبنای وزنی، انجام میگردد، فروش سیمهای مسی مستعمل و جمع آوری شده از خطوط توزیع برق نیز بر مبنای وزن، ارزش گذاری و محاسبه قیمت میشوند. این معاوضه چه از طریق فروش سیمهای مسی مستعمل و متعاقب آن، خرید کابلهای خودنگهدار باشد و یا معاوضه مستقیم، میتواند از طریق مناقصه یا بطور آزاد انجام پذیرد.

در نمودار ذیل ارزش کابلهای خودنگهدار در سایزهای مختلف در ازای هر کیلوگرم از سیمهای مسی مستعمل نشان داده شده

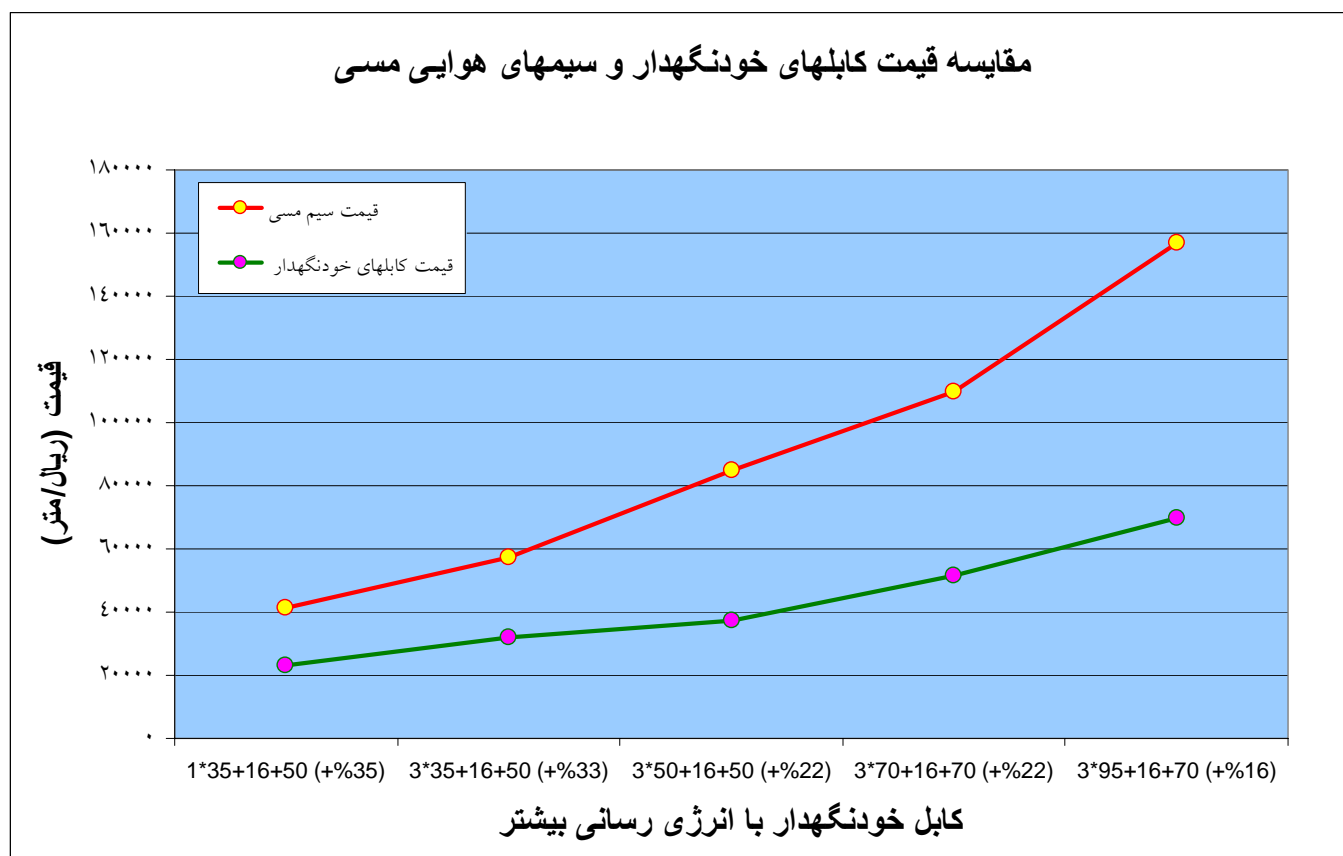
است.



ط (کاهش قابل توجه هزینه های سرمایه گذاری اولیه در خطوط "جدید/احداث" با کابل‌های خودنگهدار

احداث خطوط هوایی با کابل‌های خود نگه‌دار علاوه بر داشتن مزایای فنی متعدد ، عاملی موثر در جهت تداوم انرژی رسانی و رضایت مندی مشترکین بوده و منافع اقتصادی قابل توجهی را در حین بهره برداری ایجاد می نماید. این همه در حالی است که حتی هزینه های سرمایه گذاری اولیه آن نیز کمتر از هزینه های احداث خطوط هوایی با هادی‌های سخت مسی است.

قیمت انواع هادی‌های هوایی مسی و کابل‌های خودنگهدار، بر اساس اطلاعات ماخوذه از بازار بورس تهران و میانگین ماهانه قیمت فلزات مس و آلومینیوم ، در شهریور ماه 89 ، محاسبه شده و بر حسب ریال بر متر ، در نمودار زیر نشان داده میشود.



* در معادل سازی انجام شده ، درصد افزایش انرژی رسانی مربوط به هر سایز ، مشخص شده است.

ضمیمہ

کابل‌های خودنگهدار فشار ضعیف

کابل خودنگهدار با نگهدارنده فولادی

بدلیل عدم امکان تولید کابل خودنگهدار استاندارد در داخل کشور، این کابل توسط تولیدکنندگان داخلی تولید و به غلط

رایج و مورد بهره برداری قرار گرفت و متعاقب آن شبکه های توزیع هوایی با روشهای غیر استاندارد ایجاد شد.

دلایل زیر ضرورت حذف کابل‌های خودنگهدار با نگهدارنده فولادی را نشان میدهد:

1- غیر استاندارد بودن و عدم استفاده آن در سایر کشورها

2- عدم سازگاری کابل با یراق آلات استاندارد

3- وزن بالا در مقایسه با کابل‌های خودنگهدار استاندارد

4- شل شدگی تاب کابل و ایجاد شکم در وسط اسپین ها (بدلیل ضرایب انبساط طولی متفاوت نگهدارنده با سایر

رشته ها)

5- پارگی روکش نگهدارنده در کلمپ انتهایی

کابل‌های خودنگهدار استاندارد

کابل‌های خودنگهدار بطور کلی در سه نوع مختلف تولید میشوند و هرچند فاقد استاندارد بین المللی هستند ولی

استانداردهای ملی کشورهای مختلف در خصوص آنها تدوین و مورد بهره برداری قرار میگیرد.

1- نوع چهار سیمه (Four core)

این نوع از کابل‌های خود نگهدار ، دارای چهار رشته سیم مشابه برای سه فاز و نول هستند . هادی از جنس

آلومینیوم 1350 و یا آلومینیوم آلیاژی و عایق XLPE مشکی است. در این نوع بار مکانیکی بین چهار سیم بطور

مساوی تقسیم می شود.

2- نوع پنج سیمه با سیم نگهدارنده آلومینیوم آلیاژی عایق شده (IMWS)

این نوع از کابلها دارای سه رشته سیم مشابه با هادی آلومینیوم 1350 برای فازها و یک رشته سیم آلومینیوم آلیاژی بعنوان نگهدارنده هستند که در عین حال نقش نول را هم ایفاء میکند. رشته سیمها تماماً با عایق XLPE مشکی عایق شده‌اند. سیم نگهدارنده عهده دار تحمل تمام نیروهای مکانیکی است.

3- نوع پنج سیمه با سیم نگهدارنده آلومینیوم آلیاژی بدون عایق (AMKA)

این نوع از کابلها مشابه نوع دوم می‌باشند اما سیم نگهدارنده فاقد عایق است.

در این بین انتخاب نوعی از کابلهای خودنگهدار استاندارد، که از مقبولیت لازم جهت استفاده در شبکه های توزیع برخوردار باشد حائز اهمیت است. نتایج بررسیهای انجام شده در خصوص هر یک از سه نوع مذکور، دلیل انتخاب کابل خودنگهدار با سیم نگهدارنده آلومینیوم آلیاژی عایق شده (IMWS) را بیان میکند.

1- یراق آلات بکاررفته برای کابلهای خودنگهدار Four core جهت مهار همزمان هر چهار رشته طراحی و ساخته شده اند که دارای قیمت بالاتری هستند.

2- عدم سازگاری کابلهای خودنگهدار Four core با شبکه های توزیع برق کشور، بدلیل عدم وجود سیم روشنایی

3- نیاز به رعایت مقررات سخت در حین اجراء برای جلوگیری از آسیب دیدگی کابلهای خودنگهدار Four core

4- عدم پاسخگویی کابلهای خودنگهدار Four core با هادی آلومینیوم 1350 برای اسپنهای تعریف شده در شبکه های توزیع برق کشور

5- گران بودن کابلهای خودنگهدار Four core با هادی آلومینیوم آلیاژی و عدم نیاز به استحکام مکانیکی بالای آنها

برای شبکه های توزیع برق کشور

6- امکان انتخاب مقطع هادی نول، متناسب با وضعیت شبکه در کابل‌های خودنگهدار IMWS در صورتی که

کابل‌های خودنگهدار Four core دارای هادی‌هایی با مقطع برابر هستند.

7- برق دار شدن هادی نول، بدلیل نامتعادل بودن بار شبکه های توزیع برق کشور و عدم تامین ایمنی لازم که در اثر

عدم وجود سیستم زمین مطمئن بوجود می‌آید.

8- مقاومت بالای رشته نگهدارنده در کابل‌های خودنگهدار IMWS در برابر خوردگی در مقایسه با کابل‌های

خودنگهدار AMKA

9- کاهش سرقت غیر مجاز برق در کابل‌های خودنگهدار IMWS در مقایسه با کابل‌های خودنگهدار AMKA

10- استفاده از یراق آلات مشابه با یراق آلات بکار رفته در شبکه های خودنگهدار موجود کشور

11- امکان جایگزینی راحتتر کابل‌های خودنگهدار IMWS با کابل‌های خودنگهدار موجود کشور