



بسمه تعالی

بررسی اقتصادی و فنی اثربخشی بکارگیری کابل های خودنگهدار هوایی در بهینه سازی شبکه فشار ضعیف

سید محمد هاشمی-مسعود صادقی-داود زین الدینی

شرکت توزیع نیروی برق شمالغرب تهران

1-مقدمه: مقاله حاضر بازگو کننده تجربه ای است که در شرکت توزیع نیروی برق شمالغرب تهران در ارتباط با بکارگیری کابل های خودنگهدار هوایی بدست آمده است. کابل های خودنگهدار هوایی بمنظور جلوگیری از استفاده غیر مجاز برق و ساماندهی و بهینه سازی شبکه توزیع فشار ضعیف در منطقه برق سعادت آباد تهران مورد استفاده قرار گرفته اند. محله فرحزاد تهران که پروژه نصب کابل های فشار ضعیف در آن انجام شده منطقه ای است مشجر و با میزان سوانح و اتفاقات فشار ضعیف قابل توجه که علاوه بر مشکلات ذکر شده به دلایل اجتماعی در این منطقه مسئله برقی های غیر مجاز معضلات زیادی ایجاد کرده است. در منطقه ذکر شده بدلیل بافت غیر مناسب شهری و مسائل اقتصادی امکان احداث شبکه کابلی زیر زمینی میسر نبوده و در نتیجه بکارگیری کابل های خودنگهدار به عنوان راه حلی چند منظوره جهت کاستن از میزان اتفاقات فشار ضعیف و حل مسئله برقی های غیر مجاز و همچنین بعنوان راه حلی با توجیه اقتصادی منطقی مطرح و به مرحله اجرا در آمده است.

2-سابقه بکارگیری کابل های خودنگهدار هوایی:

این نوع کابل ها برای اولین بار در سال 1955 در کشور فرانسه برای جایگزینی در شبکه های فشار ضعیف با هادی سیمی مورد استفاده قرار گرفتند [1] و به دلیل مزایای متعدد جایگاه کاربری مناسبی یافتند. سابقه بکارگیری این نوع کابل در ایران چندان طولانی نیست و تعداد معدودی از شرکتهای توزیع اقدام به استفاده از این

نوع کابل کرده اند که شرکت توزیع نیروی برق شمالغرب تهران یکی از پیشگامان استفاده از این نوع کابل محسوب می شود.
 عایق این نوع کابل از نوع مواد ترمو پلاستیک و یا الاستومریک می باشد که عمدتاً به دو نوع
 1-2-PVC یا پلی وینیل کلراید
 2-2-XLPE یا گراس لینک پلی اتیلن
 تقسیم می شوند [1].
 کابلهای خودنگهدار با هر دو نوع عایق ذکر شده ساخته شده اند ولی به مرور XLPE به دلیل خصوصیات و قابلیت های بهتر جایگاه مناسبی یافته است XLPE در برابر عواملی که ذیلاً آمده است مقاومت بهتری دارد.
 2-3- اشعه ماورا بنفش
 2-4- محرک های شیمیایی (اسید-اوزون-نمک)
 2-5- اصطکاک و شوک های مکانیکی
 2-6- تنش های مکانیکی و الکتریکی در حرارت بالا و رنج دمایی 90+ و 25- درجه سانتیگراد [1]

3- مزایای بکارگیری کابلهای فشار ضعیف خودنگهدار:

- 3-1 بهبود وضعیت بهره برداری بدلیل اینکه اتفاقات کمتری در کابلهای هوایی ایجاد می شود و این کابلها در برابر اشیاء خارجی بسیار مطمئن تر عمل می کنند.
- 3-2 کاهش هزینه شاخه زنی در مناطق مشجر
- 3-3 کاهش تلفات با از بین رفتن جریان نشتی درختان و کاهش خطر آتش سوزی در مناطق مشجر و بوته زار ها
- 3-4 آزادی عمل بیشتر در طراحی خطوط بدلیل فاصله حریم کوتاه کابلهای خودنگهدار
- 3-5 افزایش قابلیت اطمینان شبکه در برابر برف و اتفاقات ناشی از برخورد اشیاء خارجی
- 3-6 امکان نصب خط جدید کابل خودنگهدار در کنار خط قبلی بر روی یک تیر
- 3-7 امکان نصب کابل خود نگهدار فشار ضعیف بر روی پایه های موجود خطوط KV 20
- 3-8 امکان نصب خطوط تلفن و فیبر نوری روی یک پایه مشترک با حفظ حریم 0.5 متر
- 3-9 راحت تر بودن ترمیم تیر شکستگی در خطوط کابلی خودنگهدار در قیاس با خطوط هوایی معمولی
- 3-10 امکان زیباسازی شهری با مخفی کردن کابل خود نگهدار از انظار عموم با عبور دادن کابلها از روی دیوار و یا مخفی کردن آن در کانالهای خاص
- 3-11 ایزوله بودن نسبت به خوردگی و در نتیجه کاهش پارگی خطوط فشار ضعیف.
- 3-12 کاهش انرژی توزیع نشده به مقدار قابل ملاحظه
- 3-13 کاهش میزان استراق برق
- 3-14 تفاوت هزینه اندک و قابل جبران

4- بررسی میزان اثر بخشی جایگزینی کابلهای خودنگهدار در کاهش اتفاقات و

سوانح فشار ضعیف:

با بررسی تعداد و آمار اتفاقات در طول سه ماه مشابه سالهای 81 و 82 نتایج ذیل حاصل شده است.
 (جدول 1)

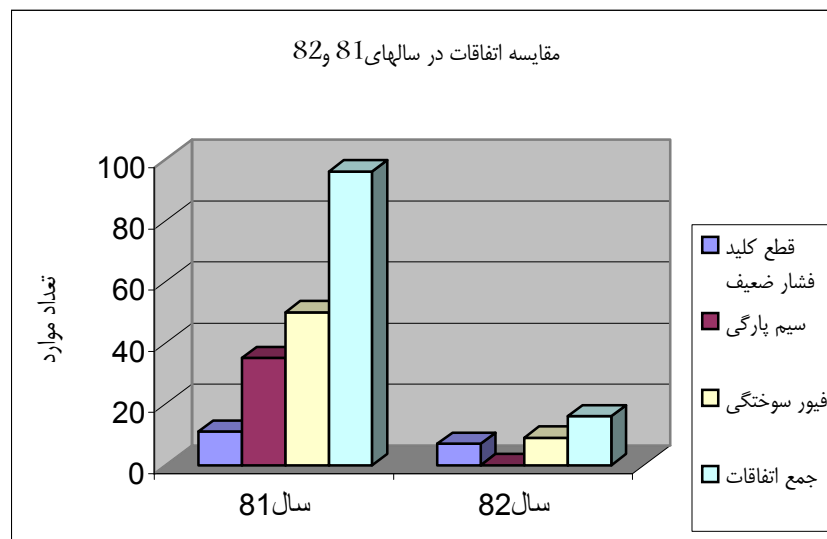
نوع اتفاقات	سال 81	سال 82	درصد کاهش اتفاقات
قطع کلید فشار ضعیف	11	7	36%
سیم پارگی	35	0	-
فیور سوختگی	50	9	82%
جمع اتفاقات	96	16	83%

با بررسی تعداد اتفاقات ملاحظه می شود که تعداد حوادث در سال 82 به میزان قابل ملاحظه ای کاهش داشته است با بررسی نوع اتفاقات و وضعیت نامناسب و غیر اصولی شبکه فشار ضعیف هوایی در موقعیت مورد نظر مشخص می شود که شبکه هوایی حادثه خیز بوده و جایگزینی کابلهای خودنگهدار هوایی روشی موثر در کاهش بروز اتفاقات بوده است.
 در جدول ذیل دلایل بروز حادثه سیم پارگی در سال 81 بررسی شده است که تاثیر عوامل مختلف در بروز این نوع اتفاق به ترتیب اولویت آمده است

(جدول 2)

تعداد موارد	دلیل بروز سیم پارگی
16	به دلیل فرسودگی شبکه
10	در اثر برقهایی غیر مجاز
5	در اثر برخورد شی خارجی
4	به دلیل پر باری شبکه

عوامل ذکر شده در جدول فوق از جمله مواردی هستند که بطور عمده با بکارگیری کابل‌های خودنگهدار برطرف شده‌اند



نمودار 1-مقایسه اتفاقات در سالهای 81 و 82

5- بررسی میزان اثر بخشی جایگزینی کابل‌های خودنگهدار در کاهش انرژی

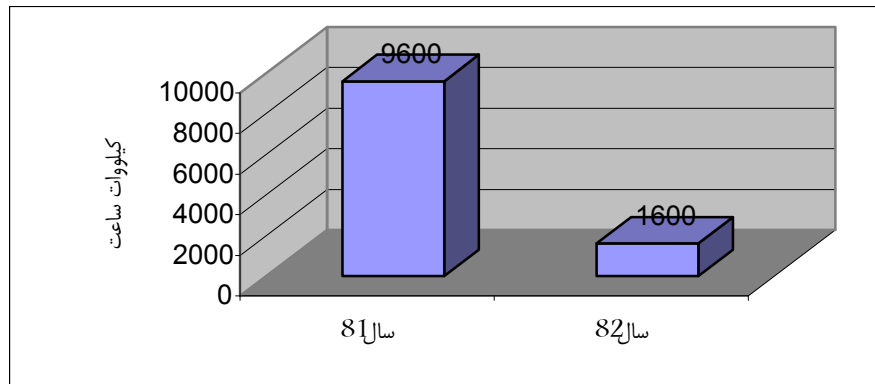
توزیع نشده:

مقدار متوسط خاموشی فشار ضعیف در هر فیدر بر اساس اندازه گیری ها در منطقه مورد نظر حدود 100 kwh فرض می شود با توجه به تعداد اتفاقات در سه ماه مشابه از سالهای 81 و 82 خواهیم داشت. (جدول 3)-مقایسه انرژی توزیع نشده در طول ماههای مشابه سال 81 و 82

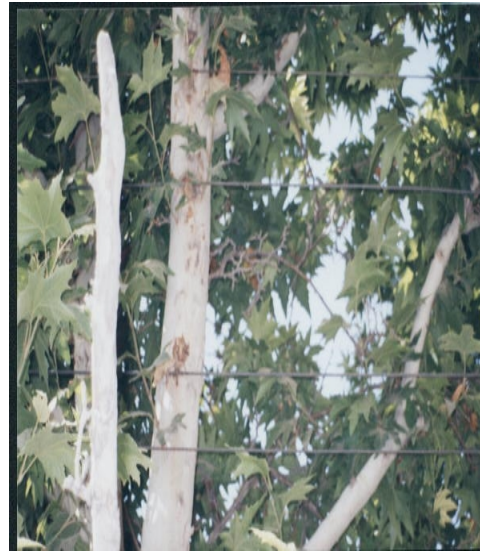
درصد کاهش	انرژی توزیع نشده در دو ماه سال 81	انرژی توزیع نشده در دو ماه سال 82
83%	9600kwh	1600kwh

با توجه به جدول فوق مشخص می شود که پس از بکارگیری کابل خود نگهدار در سال 81 از مقدار انرژی توزیع نشده به شکل قابل ملاحظه ای کاسته شده است.

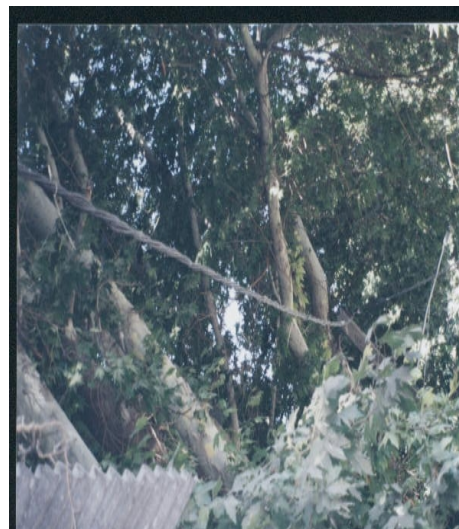
نمودار 2-مقایسه انرژی توزیع نشده در سالهای 81 و 82 در منطقه اجرای طرح



تصاویر 1 و 2- نمایی از وضعیت شبکه قبل از اجرای طرح کابل‌های خودنگهدار)



تصاویر 3 و 4- نمایی از وضعیت شبکه بعد از اجرای طرح کابل‌های خودنگهدار)



6-مقابله با استفاده غیر مجاز برق(تلفات برق غیر مجاز) با بکار گیری کابل‌های

خودنگهدار:

تلفات صنعت توزیع 12.9٪ از انرژی تولیدی کشور را شامل می‌شود که این مقدار در سال 1379 بالغ بر 14882 میلیون کیلووات ساعت بوده است. از طرف دیگر 3658 مگاوات از توان تولیدی نیروگاه‌های کشور صرف تامین دیماند تلفات فوق می‌گردد و هزینه تولید 3658 مگاوات تلف شده در سال 1379 در شبکه های توزیع کشور با احتساب نرخ سرمایه گذاری هر کیلووات ساعت معادل 650 دلار بعلاوه 50000 ریال برابر 182.9 میلیارد ریال و 2.38 میلیارد دلار است [2].

ارقام تکان دهنده فوق بخوبی گویای آن است که کاهش تلفات توزیع رسالت با اهمیتی برای شرکتهای توزیع منظور می‌شود

در این راستا تلفات برقه‌های غیر مجاز و کاستن آن از رقم 12.9٪ تلفات انرژی صنعت توزیع کشور بسیار حائز اهمیت خواهد بود بر اساس برآوردهای موجود تلفات برقه‌های غیر مجاز در سطح کشور 1.5٪ از کل انرژی تحویلی را تشکیل می‌دهد. که البته این مقدار متوسط کل برقه‌های غیر مجاز کشور است و مقدار این نوع تلفات در نقاط مختلف کشور متفاوت است بعنوان مثال تلفات برقه‌های غیر مجاز در استان تهران از مقدار متوسط کل کشور بیشتر تخمین زده می‌شود ولی مطالعه موردی خاصی برای تعیین مقدار دقیق این نوع تلفات در تهران انجام نشده است. برای احتساب مقدار کل تلفات برقه‌های غیر مجاز کشور خواهیم داشت

$1730 \text{ میلیون کیلووات ساعت} = 14882 \times 1.5 / 12.9$
 که این مقدار 1.5٪ از انرژی تولیدی کشور و 11.6٪ از کل تلفات صنعت توزیع محسوب می‌شود [2]

در پروژه جایگزینی کابل‌های خودنگهدار هوایی بجای شبکه سیمی فشار ضعیف در منطقه برق سعادت آباد تهران میزان تلفات برقه‌های غیر مجاز یکدستگاه ترانسفورماتور هوایی بدست آمده است با این توضیح که این ترانسفورماتور دارای 5 دستگاه فیدر فشار ضعیف هوایی بوده است که به شکل واضحی انرژی الکتریکی مورد سوءاستفاده قرار می‌گرفته است.

(جدول 4-بار گیری قبل و بعد از اجرای طرح نتایج ذیل را بدست داده است)

مقدار متوسط جریان قبل از نصب کابل خودنگهدار	مقدار متوسط جریان بعد از نصب کابل خودنگهدار	میزان کاهش	درصد کاهش
693 آمپر	543 آمپر	150 آمپر	21%

در نتیجه در این پست هوایی 21٪ از کل جریان مصرفی صرف برق های غیر مجاز و تلفات شبکه می‌شده است هر چند که بخشی از این تلفات مربوط به شبکه های فرسوده بوده است ولی به یقین برقه‌های غیر مجاز درصد اصلی این تلفات را به خود اختصاص می‌داده اند.

لازم به توضیح است که بسیاری از مصرف کنندگان غیر مجاز برق دارای اشتراک مجاز بوده ولی بطور غیر مجاز از برق استفاده می‌کردند با احداث شبکه کابلی خودنگهدار بخش قابل ملاحظه ای از مصرف غیر مجاز برق به سمت مصرف مجاز سوق پیدا کرده است.

همچنین بدلیل نوع کابل خودنگهدار که عبارت است از 5 رشته سیم به هم تابیده شده به صورتیکه فاز و نول آن قابل تشخیص نیست افراد سودجو از اتصال سیم برق بدان امتناع ورزیده اند.

(تصویر 5-نمایی از استفاده غیر مجاز برق در منطقه مورد اشاره ذیلاً آمده است)



7-ارزیابی اقتصادی جایگزینی کابل خود نگهدار بجای شبکه سیمی فشار ضعیف

جهت ارزیابی اقتصادی بکارگیری کابل‌های خودنگهدار در جداول ذیل هزینه احداث 1 کیلومتر کابل خود نگهدار هوایی $3*70+n+ep$ در قیاس با 1 کیلومتر خط هوایی سیمی با مقاطع $4*50+16$ آمده است هزینه های ریالی ذکر شده در جداول از فهرست بهای سال 1382 اخذ شده و شامل بهای واحد کالا-سهم ماشین آلات و دستمزد نصب می باشد [4]

(جدول 5-اقلام مورد نیاز برای احداث 1 کیلومتر شبکه هوایی فشار ضعیف سیمی)

ردیف	لوازم	واحد	قیمت واحد(ریال)	قیمت کل(ریال)
1	پایه 9/400	30 عدد	940200	28206000
2	پایه 9/800	4 عدد	1247800	4991200
3	راک 2 خانه	34	21700	737800
4	راک 3 خانه	34	26850	912900
5	مقره فشار ضعیف	170	4900	833000
6	پیچ و مهره	146	4700	686200
7	کلمپ مسی	50	6700	335000
8	سیم مسی 50	1800kg	22460	40428000
9	سیم مسی 16	144kg	24360	357840
			قیمت کل	80637940

(جدول 6-اقلام مورد نیاز برای احداث 1 کیلومتر شبکه کابلی خودنگهدار هوایی)

ردیف	لوازم	تعداد	قیمت واحد(ریال)	قیمت کل(ریال)
1	پایه 9/400	30 عدد	940200	28206000
2	پایه 9/800	4 عدد	1247800	4991200
3	پیچ و مهره	146	4700	686200
4	کابل خود نگهدار $3*70+35$	1000	71200	71200000
5	بست نگهدارنده	34	16500	561000
6	کلمپ آویز	34	9000	306000
			قیمت کل	105950400

تفاوت بهای 1 کیلومتر از این دو نوع شبکه بر اساس فهرست فوق بالغ بر 25312460 ریال خواهد بود این تفاوت با توجه به مزایایی که از استفاده کابل‌های خودنگهدار نصیب شرکتهای توزیع می شود رقم ناچیزی است . با

توجه به اینکه هزینه های بهره برداری خطوط هوایی سیمی بسیار بیش از هزینه بهره برداری کابل‌های خودنگهدار است این تفاوت بها ظرف مدت کوتاهی جبران می گردد به عنوان مثال هزینه شاخه زنی خطوط هوایی در فهرست بهای سال 1382 بالغ بر 5784.5 ریال در هر متر می باشد در صورتیکه فرض کنیم عملیات شاخه زنی سالی یکبار انجام شده و بهای شاخه زنی در سالهای آتی ثابت بماند تفاوت قیمت نصب کابل‌های خودنگهدار و سیم های فشار ضعیف هوایی بر اساس رابطه ذیل ظرف حدود 5 سال جبران می گردد.

تعداد سال = هزینه شاخه زنی 1 کیلومتر در سال / تفاوت بهای 1 کیلومتر از شبکه های ذکر شده

این در حالیست که خطوط هوایی سیمی از نقطه نظر نگهداری و تعمیرات بسیار پرهزینه تر از کابل‌های خود نگهدار می باشند.

از دیگر موارد کاهش هزینه ها می توان صرفه جویی در هزینه نفر ساعت کار تعمیراتی، کاهش انرژی توزیع نشده و در نتیجه کاهش نارضایتی مردم، کاهش استهلاک تجهیزات و ماشین آلات را نام برد.

که با احتساب موارد فوق تفاوت سرمایه گذاری ظرف مدت زمانی بسیار کوتاه تر از 5 سال مستهلک خواهد شد.

8- نتیجه گیری

- 1- بکارگیری کابل خودنگهدار هوایی باعث کاهش اتفاقات و سوانح فشار ضعیف خواهد شد
- 2- بکارگیری کابل خودنگهدار هوایی در مبارزه با استراق برق موثر است
- 3- تفاوت بهای احداث خطوط فشار ضعیف سیمی و کابلی خودنگهدار ناچیز و قابل جبران است

مآخذ

- 1-french lv-abc distribution system-f.i.e.f. confrence-TEHRAN 1992
- 2-میزان تلفات توان در سیستم توزیع نگرانیها و افسوسها-هفتمین کنفرانس شبکه های توزیع-دکتر بهمن پور
- 3-گزارش پروژه جایگزینی کابل‌های خودنگهدار در منطقه فرحزاد تهران-شرکت توزیع نیروی برق شمالغرب تهران
- 4-فهرست بهای اقلام و تجهیزات-برق منطقه ای تهران-معاونت نظارت بر توزیع