بررسی فنی‌واقتصادی استفاده ازکابلهای خودنگهدارهوائی

رحیم ناظم‌آلرعایا

برق منطقه‌ای اصفهان

چکیده مقاله :

دراین مقاله کوشش شده است ضمن معرفی کابل خودنگهدار هوائی خلاصه‌ای از مشخصات فنی آنرا توضیح داده و مزایای آنرا از دید ایمنی، قابلیت اطمینان و هزینه احداث و تعمیر و نگهداری برشمرده و درارابطه با هزینه‌های تمام شده شبکهٔ کابل خودنگهدار هوائی و شبکهٔ با سیم مسی لخت مقایسه‌ای به عمل آورده وکاربرد آنرا از جنبه فنی واقتصادی وبویژه برای مسیرو معابری که احداث شبکه با سیم بدون پوشش موانعی را به دنبال دارد توصیه‌نماید.

بررسی فنی واقتصادی استفاده از کابل های خودنگهدار هوائی

یکی از مشکلات عمده اکثر شرکت های برق منطقه‌ای اصفهان احداث شبکه در محلات قدیمی شهرها، در مناطق روستائی و پردرخت و بطور کلی مسیرها ومعابرکم عرض می‌باشدواین مسئله از جمله مسائلی است که تامین برق مطمئن ، سرویس دهی منظم وکم خطررابا اشکال مواجه می‌سازد. عدم وجود حریم و فضای کافی و مناسب برای سیمهای هوائی ؛ سنگی وصخره‌ای بودن مسیر برای حفاری وکابل‌کشی زمینی و عدم‌امکانات و تخصص و دانش کافی برای تعمیر و نگهداری کابل در نواحی خارج از مرکز شرکتها ناگزیر آنهارا مجبور می‌نماید که روشی همچون دیگر کشورهای جهان برای رفع این تنگنا پیدا کنند و این روشی جزاستفاده از کابل خود نگهدار یا Self Supporting Overhead cable نخواهد بود، در این مقاله کوشش شده است به معرفی اجمالی این کابل پرداخته ، با مشخصات فنی، وکاربرد و مزایای آن آشنا شده ، از نظر فنی ، ایمنی، قابلیت اطمینان ، هزینه احداث ، تعمیر و نگهداری ومقایسه آنها با سیم لخت Bare Conductor ومخصوصا" برای نقاطی از شهرها وروستاهای کشورکه احداث شبکه استاندارد و رعایت حریم تعریف شده در قانون برق ایران‌مقدورنیست ازاین کابلها استفاده نموده و جانشین مناسبی برای سیمهای هوائی در جهت برقرسانی به مناطق فوق الذکر انتخاب نموده و به امید آنکه با این روش بتوانیم از برخی حوادث جانگدازناخواسته جلوگیری نمائیم.

اصولا" کابلهای خودنگهدار هوائی با متعلقات و تجهیزات مربوط به نصب آنها شبکه‌ای را تشکیل می‌دهند که با سیستم هوائی معمولی توزیع در چند مورد تفاوت دارند و همانطوریکه در بالا اشاره شد عوامل عمده‌ای که در این مقایسه دخالت دارند ایمنی، قابلیت اطمینان و هزینه احداث و تعمیر و نگهداری آنهاست.

الف ـ کابل فشار متوسط: ولتاژ نامی کابل در حالت عادی ۲۰ کیلوولت و حداکثر ولتاژ سیستم ۲۴ کیلوولت می‌باشد وکابلهایی هستند که جنس هادی آن از آلومینیوم‌چند رشته‌ای و دارای سطح مقطع دایره‌ای شکل ، جنس عایق آن از نوع کراس لینک‌پلی اتیلن XLPE فشار قوی

می‌باشد که در برابر عوامل جوی محیط نصب و همچنین اثرات سوء پرتو خورشید میبایستی مقاوم بوده بطوریکه در طول بهره‌برداری هیچگونه شکاف ویااثرات زیان‌آوری روی آن‌مشاهده نگردد.

پوشش لایه خارجی عایق آن از PVC ومخلوطی ازکربن سیاه می‌باشدکه آنرا در برابر پرتوخورشید و سائیدگی محفوظ‌می‌نماید، اجزاء تشکیل دهنده آن مطابق شکل یك وچگونگی ساخت آن همانطوریکه ملاحظه می‌فرمائید بدین طریق است که سه رشته آلومینیومی این کابل دور یك رشته کابل نگهدارنده فولادی پیچیده‌شده و تشکیل یك باندل را می‌دهند. سیم نگهدارنده دارای نیروی کششی $140\ N/mm^2$ بوده ووزن کابل و نیروهای کششی را تحمل می‌نماید. سایر مشخصات مکانیکی و الکتریکی آن شامل آمپراژ مجاز، قطر خارجی هرفاز، وزن کابل در هر کیلومتر، سطح مقطع غلاف مسی، جنس پوشش نیمه هادی کابل، جنس و ضخامت لایه‌های عایق کابل، جنس آلیاژ سیم نگهدارنده و سطح مقطع آن و میزان کشش مجاز سیم نگهدارنده و ظرفیت خازنی و سلفی بطور تقریب در جدول ذیل منعکس گردیده است ، میزان افت توان در هر کیلومتر را هم سازندگان در اختیار قرار خواهند داد.

شکل یك (۱)

بهنگام سفارش خرید میزان درجه حرارت محیط نصب کابل خودنگهدار هوائی (حداقل وحداکثرآن) می‌بایستی مشخص گردد.

Physical data

Number and area of conductors mm^2	Aluminium mass approx. kg/km	Total mass approx. kg/km	Maximum diameter mm
3 x 35	420	2300	64
3 x 70	700	2850	70
3 x 120	1150	3600	77
3 x 185	1700	4400	83

Electrical properties

The maximum continuous phase to phase voltage of the cable is 24 kV. The most important properties are shown in the following table.

electrical data

Number and area of conductors mm^2	Max. DC resistance at 20°C ohms/km	Additional resistance at 50 Hz AC ohms/km	Approx. inductive reactance at 50 Hz ohms/km	Approx. drift capacitance μF/km	Max. continuous load A	Max. short-circuit current for 1 s kA
3 x 35	0.868	0.002	0.16	0.15	100	3.7
3 x 70	0.443	0.003	0.14	0.18	150	7.2
3 x 120	0.253	0.003	0.13	0.22	210	12.2
3 x 185	0.164	0.003	0.12	0.25	270	18.7

The DC resistances of the phase conductors are the maximum values permitted by IEC 228 Standards.

بنابراین کابلهای خودنگهدار ۲۰ کیلوولت برای مسیرهایی که احداث شبکه هوائی با سیم لخت امکان پذیر نمی‌باشد و یاکابل کشی زمینی ازنظرسختی زمین دشواراست ویابعضا " غیرممکن وسرویس ونگهداری وبهره برداری وتعمیرات آن هم مشکلتر ویادرمسیرهای پردرختی‌که لازم است دست نخورده بافی بمانندو شاخه بری وقطع درختان هم مقدورنمی باشد راه‌حل مناسبی است زیراعلاوه برنکات فوق الذکر چون ازنظر ایمنی وحفاظتی پارامتر مهمی رادربردارد ، لذاعلیرغم آنکه توجیه اقتصادی نداردولی توجیه فنی وایمنی قابل ملاحظه ای دارد.

ب : کابل خودنگهدارهوائی فشارضعیف : Low Voltage Self Supporting Cable

همانطوریکه درتعریف کلی کابل خودنگهدارهوائی ذکرشد این نوع کابل ازسیم آلومینیومی یك یاچندرشته‌ای باپوشش عایقی پلی اتیلن PE یاکراس لینك پلی اتیلن XLPE ساخته میشوند وپلی اتیلن سیاه‌رنگ این عایق رابه پوششی مقاوم دربرابرتابش نورخورشید واشعه ماوراء بنفش وتاثیرات جوی وسائیدگی تبدیل می نماید برحسب مشخصات فنی تولیدکنندگان مختلف درسرمای کمتراز ۲۰ درجه وبیش از ۴۰ درجه مقاوم بوده ، ضمن آنکه عایق کراس لینك پلی اتیلن ازنظر مقاومت مکانیکی و حرارتی بهتر از پلی اتیلن است وبنابراین کابلهائی که باعایق XLPE ساخته میشوند قابلیت هدایت الکتریکی آنها ۱۰٪ بیشتر است .

این‌کابل هامعمولا " بدو طریق تولیدمی شوند :

۱ ـ دوتاچهاررشته آلومینیوم باعایق PVC لایه مانند (Stranded) دوریك رشته آلومینیوم یا Al-Alloy به نام نگهدارنده پیچیده می شوند که همان سیم نگهدارنده نول شبکه هممی باشد وچون بدون عایق است همیشه

از فازها قابل تشخیص است و لذا هیچ تعمیرکارو بهره‌برداری آنرا اشتباه نمی کند.

۲- هرچندرشته آلومینیوم که معمولا " بصورت باندل هم می‌باشند روپوش دار بوده و با علائمی که روی کابل حك شده‌است قابل تشخیص می‌گردند مثلا " برای تشخیص فازها ۴،۳،۲ برآمدگی و یا شیاری با دوام وکاملا " واضح وقابل رویت برروی پوسته عایق کابل حك می‌کنند، فاز روشنائی هم‌که مشخص است. بعضی از سازندگان عایق این کابل را از پلاستیك غیرقابل اشتعال تولیدمی‌کنند و نوع خاص آنرا برای مناطق حاره و شبه حاره هم تولید می‌نمایند و همچنین برای مناطق نمکی و آلوده سیم نگهدارنده هم می‌تواند عایق دار باشد ولتاژ نامی آن از ۱۰۰۰ دس ۶۰۰ ولت است، هادي آن از آلومینیوم Hard Drown می‌باشد ومیزان کشش آنهم حدود $90\ N/mm^2$ می‌باشد.

عایق آن پلی اتیلن ویاکراس‌لینك پلی‌اتیلن سیاه‌رنگ و مقاوم و ضد آب Water Proof در اینمورد گزارشهائی هست که بعد از ۱۵ سال استفاده مداوم هیچگونه علائمی از آسیب دیدگی‌روی پوسته کابل مشاهده نشده است. نگهدارنده یا Neutral Messenger که درحقیقت نول شبکه هم می‌باشد از آلیاژ آلومینیوم هفت لایه است (7 Stranded) که نیروی کششی آنهم دارای حداقل $290\ N/mm^2$ می‌باشد وکلیه نیروهای مکانیکی ناشی از آویزان بودن کابلها و نیروهای جانبی بر آن وارد می‌گردد، در جدول شماره ۱ مشخصات فنی سازندگان خلاصه شده است و ممکنست تغییرات اندکی در این مشخصات بچشم بخورد اما مشخصات همگی سازندگان معتبر نزدیك بهم می‌باشند.

Table 2 cont. Resistance of selfsupporting overhead cable

Number and cross sectional area of conductors mm^2	DC resistance at 20°C, Ω/km max.	
	Phase conductors	Neutral conductor
1x16+25	1.91	1.38
3x16+25	1.91	1.38
3x25+25	1.20	1.38
3x35+25	0.868	1.38
3x50+35	0.641	0.986
3x70+50	0.443	0.690
3x95+70	0.320	0.493
3x120+70	0.253	0.493

The max. DC resistance value of the street lighting conductors (16 mm^2) is 1.91 Ω/km at 20°C

Table 2-1 Selfsupporting overhead cable constructions and dimensions

Number and cross sectional area of conductors mm²	Phase conductors			Messenger		Complete cable	
	Number and cross sectional area mm²	Diameter of conductor 2) max mm	Insulation thickness 1) average min. mm	Diameter of conductor 2) max mm	Tensile strength min. kN	Overall diameter (approx.) mm	Total mass (approx.) kg/km
1x16+25	1x16	4.4	1.0	6.0	7.4	19	130
3x16+25	3x16	4.4	1.0	6.0	7.4	19	250
3x25+25	3x25	6.0	1.0	6.0	7.4	22	330
3x35+25	3x35	6.9	1.0	6.0	7.4	24	430
3x50+35	3x50	8.4	1.2	6.9	10.3	32	580
3x70+50	3x70	9.8	1.4	8.4	14.7	34	830
3x95+70	3x95	11.5	1.4	9.8	20.6	39	1120
3x120+70	3x120	13.0	1.6	9.8	20.6	42	1370

Selfsupporting overhead cable constructions and dimensions with street lighting conductor

Number and cross sectional area of conductors mm²	Phase conductors			Street lighting conductor		Messenger		Complete cable	
	Number and cross sectional area mm²	Diameter of conductor 2) max mm	Insulation 1) thickness average min mm	Diameter of conductor max mm	Insulation 1) thickness average min mm	Diameter of conductor2) max mm	Tensile strength min kN	Overall diameter (approx.) mm	Total mass (approx.) kg/km
1x16+16+25	1x16	4.4	1.0	4.4	1.0	6.0	7.4	19	190
3x16+16+25	3x16	4.4	1.0	4.4	1.0	6.0	7.4	19	310
3x25+16+25	3x25	6.0	1.0	4.4	1.0	6.0	7.4	22	390
3x35+16+25	3x35	6.9	1.0	4.4	1.0	6.0	7.4	24	490
3x50+16+35	3x50	8.4	1.2	4.4	1.0	6.9	10.3	32	640
3x70+16+50	3x70	9.8	1.4	4.4	1.0	8.4	14.7	34	890
3x95+16+70	3x95	11.5	1.4	4.4	1.0	9.8	20.6	39	1180
3x120+16+70	3x120	13.0	1.6	4.4	1.0	9.8	20.6	42	1430

1) The average value of the thickness of the insulation shall not be less than the specified average value. The thickness at any plac may, however, be less than the specified average value, provided that the difference does not exceed 0.1 mm + 10% of the specified average value. For the thickness of insulation six measurements are made on each piece of insulation, as far as possible equally spaced around the circumference but not on the ridges.

Table 2-2

a. Phase Conductors

Number and cross sectional area mm^2	Diameter of conductor mm^2	Metal mass kg/km	Insulation thickness mm
1x16	4.4	42	1.0
3x16	4.4	130	1.0
3x25	5.5	195	1.0
3x35	6.8	285	1.0
3x50	7.9	380	1.2
3x70	9.6	550	1.4

b. Street Lighting Conductor

1x16	4.4	42	1.0

c. Neutral Messenger

1x25	5.8	65	-
1x35	6.8	95	-
1x50	8.1	130	-

Table 2-3

Materials

Conductor: aluminium
Insulation: polyethylene

Section mm^2	Conductor dia. bare mm	Cond. dia. insulated mm max.	Bundle max. dia. mm	Min. breaking load per phase kN	Weight kg/km
2 x 1 x 25	5,9	9,5	18	4,05	210
4 x 1 x 25	5,9	9,5	21	4,05	420
4 x 1 x 50	8,2	12,5	28	7,70	740
4 x 1 x 70	9,9	14,0	32	10,95	1000
4 x 1 x 95	11,5	16,0	37	15,15	1350

Some informative data

Section mm^2	I max. at 35°C ambient and 70°C conductor amp.	I therm. at 1 sec. kA	Induction abt. mH/km	Resistance at 20°C ohms/ km
4 x 1 x 25	80	1,1	0,26	1,200
4 x 1 x 50	125	2,2	0,25	0,641
4 x 1 x 70	160	3,2	0,24	0,443
4 x 1 x 95	185	4,3	0,24	0,320

Dimensions and mechanical load according to ÖNORM (Austrian standard) E 3600.

The single conductors, i. e. four equal insulated aluminium cables (three phases and one neutral conductor) are formed into a bundle by putting a slight twist in them.

The three phases are marked by longitudinal ribs.

Application is suitable for use on all low voltage overhead networks up to 1,000 V.

با توجه به مراتب فوق از نظر مشخصات الکتریکی و مکانیکی کابل‌های خودنگهدار هوائی جانشینی مناسب برای شبکه هوائی فشارضعیف با سیم لخت بوده و همانطوریکه در بعضی از شرکتهای برق منطقه‌ای کم‌وبیش اجرا شده ، در کشورهای دیگر بیش از ۳۰ سال استفاده می‌نمایند لذا برای خرید و سفارش نکات ذیل می‌بایستی مد نظر قرار گیرد :

ولتاژ نامی کابل ـ جنس هادی، تعداد رشته (Stranded) نوع واندازه سطح مقطع ، میزان کشش سیم آلومینیوم (بیش از 90 N/mm²) و جنس عایق و ضخامت و مقاومت آن در برابر عوامل جوی ، جنس سیم نگهدارنده ، تعداد رشته ونوع واندازه سطح مقطع آن .

ضمنا " آزمایش های کابل ، گواهی آزمایش ، ولتاژ آزمایش و استاندارد آن، مقاومت هادی و سیم نگهدارنده‌آن برابر استاندارد IEC 538 و IEC 540 ،آزمایش پرتوافکنی (پرتوماوراء بنفش) آزمایش خمش کابل وکشش سیم نگهدارنده، شدت جریان مجاز و درجه حرارت محیط‌نصب ، شدت جریان اتصال‌کوتاه کابل در یك ثانیه براساس ماکزیمم درجه حرارت هادی می‌بایستی از طرف سازنده ارائه شود و همچنین درجه حرارت هادی بهنگام بهره‌برداری و حداکثر درجه حرارتی‌که عایق کابل می‌تواند تحمل نماید مشخص گردد .

حداکثر درجه حرارت محیط نصب کابل ، ارتفاع از سطح دریا توسط خریدار می‌بایستی مشخص گردد (حداکثر ۵۰ درجه) میزان درجه حرارت مجاز هادی در حالت عادی و اضطراری (مدت زمان آن) و درحالت اتصال‌کوتاه مشخص باشد .

مشخصات کابل فشار ضعیف

ردیف	تعداد رشته‌ها و سطح مقطع میلیمترمربع	شدت جریان در شرایط‌متعارف
۱	۱×۱۶+۲۵	۹۰ آمپر
۲	۳×۳۵ + ۲۵	۱۳۰ "
۳	۳+۱۶+۱۶+۲۵	۸۰ "
	روشنائی معابر	۹۰ "
۴	۳×۳۵+۱۶+۲۵	۱۳۰ "
۵	۳×۷۰+۱۶+۵۰	۱۹۵ "
۶	۳×۹۵+۱۶+۷۰	۲۳۵ "

مزایای کابل فشارضعیف خودنگهدار هوائی نسبت به شبکه فشارضعیف هوائی‌با سیم‌لخت

سازندگان و برخی از مصرف کنندگان این‌نوع کابل مزایای زیادی را برای آنها برشمرده‌اند که بعضی‌از آنها بشرح زیر است :

۱- چون فازهای شبکه دارای پوشش عایقی هستند لذا برای بهره بردار وکسانیکه با شبکه کار می‌کنندو یا افرادی که در نزدیکی این شبکه زندگی می‌نمایند و نا آگاهانه و یا تصادفی‌به آن دست‌بزنندخطری متوجه‌آنان نخواهد شد .

۲- با توجه به اینکه فازهای شبکه پوشش عایقی دارند لذا اتصال کوتاه در این نوع شبکه به ندرت اتفاق می‌افتد حال آنکه در شبکه‌های هوائی باسیم لخت خطر نزدیك شدن وتماس فازهای شبکه از حوادث معمولی است . ضایعات شبکه توزیع هوائی با سیم لخت را سه تا پنج برابر کابل خودنگهدار تخمین زده‌اند.

۳- تجربه نشان داده است که بهنگام رعد وبرق اضافه ولتاژ ناشی از این حادثه اثر نسبتا " ضعیف وناچیزی بر تجهیزات وکنتور مشترکین داردوعلا وه برتجربه مطالعاتی که دردانشگاه هلسینکی برروی این مسئله انجام شد آنراتاییدمی نمایدبنابراین ضرروزیان واتفاقات منجربه حادثه وفوت راکاهش می‌دهد.

۴- برخلاف سیمهای لخت کابل خودنگهدار (Self Damping) بوده ولذاارتعاشات آنهادراثربادناچیزو بنابراین‌امکان طولانی ترنمودن اسپانهاونهایتا " صرفه‌جوئی درمصرف تعدادپایه هاولوازم خط رابدنبال خواهدداشت

۵- خسارات ناشی ازصاعقه برروی کابل خودنگهدارهوائی جزئی‌ولذاهسته ولتاژکنتورسالم وبدون خسارات‌باقی خواهدماندراینموردهم دپارتمان برق دانشکده هلسینکی مطالعاتی انجام داده ونتایج مطالعات تئوری آنها تجربه رابه اثبات رسانده است .

۶- الف : شبکه های فشارضعیف ازنوع خودنگهدار هوائی را می‌توان درزمان کوتاهتری احداث نمود زیرا وزن آنها سبك تر وچون بصورت باندل هستند همزمان یك مدار کامل شبکه ایجاد می‌گردد.

ب : چون در اینگونه شبکه‌ها فازها عایق دار ولذا فاصله‌ای همچون شبکه معمول هوائی از یکدیگرندارند لذا از پایه‌های کوتاهتر و همچنین به علت سبك تر بودن وزن آنها از پایه‌های ضعیف‌ترکلاس پایین‌تراستفاده نمود و اسپانهاراهم بزرگتر انتخاب کرده ، راك،اتریه، جلوبر، مقره، سیم بایندینگ نیازی نیست و لذا مجموع این عوامل هزینه‌ها را ۲۵ تا ۴۰٪ کاهش می‌دهد.

مقایسه وزن شبکه با سیم مسی وکابل خودنگهدار

شبکه هوائی‌باسیم لخت		کابل خودنگهدار هوائی		ردیف
Kg/Km	سطح مقطع وتعداد رشته سیم	Kg/Km	سطح مقطع وتعداد رشته	
۷۵۰	۵×۱۶	۳۹۰	۳×۲۵+۱×۱۶+۱×۲۵	۱
۹۷۵	۳×۲۵+۱۶+۱۰	۴۹۰	۳×۳۵+۱×۲۵+۱×۱۶	۲
۱۲۳۰	۳ × ۳۵+۲×۱۶	۶۴۰	۳×۵۰+۱×۳۵+۱×۱۶	۳
۱۷۰۰	۳×۵۰+۲۵+۱۶	۸۹۰	۳×۷۰+۱×۵۰+۱×۱۶	۴

۷- سرمایه گذاری اولیه کاهش می‌یابد،زیرا ظرفیت توزیع و انتقال نیروی این شبکه‌ها را بهنگام نیاز به راحتی و با هزینه کم بااحداث مداردیگری برروی همان‌پایه‌ها افزایش داد و در موارد خاص کابل تلفن را هم برروی همین پایه‌ها نصب نمود بهرحال برحسب نیاز می‌توان چند مدار شبکه ۲۰ کیلوولت و فشار ضعیف را روی همان پایه‌ها ایجاد نمودو بنابراین علاوه بر کاهش هزینه‌ها در مسیرهائی که موانع طبیعی

وجوددارد به حفاظت محیط زیست هم کمك شده است .

۸- یك باندل از کابل خودنگهدار شامل یك مدار بوسیله کلمپ آویز به پایه بسته می‌شوند و احتیاجی به‌مقره عایق نمی‌باشد حال آنکه در شبکه‌های هوائی معمولی لازم است هرچند رشته سیم جداجدا بوسیله مقره عایق به‌پایه بسته شوند و لذا بطور تقریب هزینه‌ها را تا $\frac{1}{4}$ کاهش می‌دهد .

۹- دو راهه بستن (Joint) روی این کابلها فوق‌العاده ارزان و ساده خواهد بود زیرا دو راهه فقط برای سیم نگهدارنده لازم است و بقیه کابل فازها بوسیله کلمپ بسته می‌شوند ولی در شبکه‌های هوائی با سیم بدون روپوش به تعداد رشته‌ها دوراهه نیاز است .

۱۰- نصب این کابل برروی دیوارهای آجری، سیمانی و با اندك کار بنایی برروی هر دیواری به سادگی‌میسر و بویژه برای مناطقی که خانه‌ها مجاور هم باشند وکابل از دیواری به دیوار خانه مجاور کشیده شود هزینه احداث شبکه فوق‌العاده پایین می‌آید .

۱۱- مقدار کار مورد نیاز جهت احداث این کابل کمتر از خطوط هوائی معمولی است زیرا یك باندل شامل چند رشته باهم نصب می‌گردند .

۱۲- راکتانس آنها پایین و حدود $\frac{1}{4}$ شبکه هوائی باسیم بدون پوشش است و این امر در افت ولتاژ تاثیر بسزائی دارد .

۱۳- در مسیری که شبکه کابل‌خودنگهدار احداث می‌گردد نیازی به قطع درختان و شاخه‌های آن نمی‌باشد .

۱۴- برق دزدی از کابل خودنگهدار مشکل و لذا کاهش می‌یابد .

۱۵- تامین روشنائی معابر را آسان می‌نماید زیرا چراغهای معابر راهم برروی دیوار، هم برروی پایه وهم بطور مستقیم به شبکه می‌توان وصل کرد .

۱۶- هرچند مشکل بتوان آمار و اطلاعات جامعی از هزینه عملیات و نگهداری بدست آورد اما در سالهای ۷۱ و ۷۲ در کشور فنلاند هزینه عملیات و نگهداری شبکه هوائی با سیم بدون عایق‌را چهار برابر کابل خودنگهدار برآورد نموده‌اند بهمین دلیل در آن کشور ظرف پنج سال ۲۱۰۰۰ کیلومتر شبکه با کابل خودنگهدار کشیده شده و براساس همان آمار ظرف چند سال گذشته حتی یك مورد هم شبکه با سیم لخت احداث نشده است .

۱۷- در هر کوچه و پس کوچه‌ای با هر عرض قابل اجراست و مسئله اقتصادی بودن آنهم ثابت شده است و اکنون برای روشن شدن بیشتر جنبه اقتصادی به خلاصه یك مقاله و یك مثال عینی اشاره می‌کنیم .

۱- این مقاله توسط دونفر به نام آقایان Mr. Jussi Hankonen و Mr. Seppo Paljo از مؤسسه توزیع برق فنلاند نوشته شده و مقاله مفصلی است و ذکر جزئیات آن در این جامقدور نیست ولذا به ذکر چکیده مقاله و نتیجه گیری آن بسنده می‌نمایم .

در این مقاله برای محاسبه و برآورد و مقایسه قیمت تمام شده دو نوع شبکه مورد بحث سه نوع سیم

Pigeon, Sparrow, Swan را با کابل ۳×۷۰+۹۵ و ۳×۳۵+۵۰ و ۳×۲۵+۳۵ مورد مقایسه‌قرارداده است اسپان متوسطی را در نظر گرفته وقیمتهای پایه ،لوازم خط و سیم وکابل را از منابع مورد اطمینان نظیر برق فنلاند، شرکت تولیدکننده پایه‌های چوبی و ۰۰۰۰ وهزینه‌های اجرای کار را از پیمانکاران اخذ نموده و با در نظر گرفتن اینکه :

۱- بیشترین اضافه هزینه مربوط به نصب ناشی‌از تعدادزیادی‌لوازم‌خط ومهارودستمزدپیمانکاران مجرب و شناخته شده‌در مورد سیم هوائی است ۰

۲- درشبکه کابل خودنگهدار از پایه‌هایی ۷/۵ متری وکلاس پایین تر و ارزانتر می‌توان استفاده نمود ۰

۳- علیرغم آنکه برآورد دقیق از هزینه نصب و تعمیر ونگهداری و جاری در هیچ برق منطقه‌ای امکان‌پذیرنیست وآمارواطلاعات ثبت شده‌ای وجود ندارد و در حقیقت این هزینه هم جزئی از کل هزینه‌هارا تشکیل می‌دهدولی بر حسب تجربه افزایش قیمت کمتر از ۲۵ تا ۳۰٪نخواهد بود ۰

۴- گران تر بودن خود کابل خودنگهدار نسبت به سیم مسی و از تجزیه وتحلیل آنها بطور مشروح به‌این نتیجه رسیده‌است که احداث شبکه با کابل خودنگهدار به مقطع ۳×۲۵+۳۵ و ۳×۳۵+۵۰ و ۳×۷۰+۹۵ نسبت به شبکه با سیم های Pigeon,Sparrow,Swan بترتیب ۱۸٪ ، ۱۶٪ و ۲۴٪ ارزانتر تمام می‌شود ۰

مثال عینی : مربوط به مقایسه و برآورد هزینه طرح کلی است با استفاده از شبکه فشارضعیف کابل خودنگهدار هوائی و شبکه فشارضعیف معمولی ۰

قیمتهای کابل خودنگهدار و لوازم اتصال آن براساس مارك آلمان غربی و مربوط به سال ۱۳۵۶ و قیمتهای سیم مسی ،راك ، براکت ، مقره چرخی ، کنکتور و پیچ و مهره هم براساس قیمتهای سال ۱۳۵۶ مورد عمل در شرکت برق منطقه‌ای اصفهان ، تعداد پایه‌های مورد نیاز ، مهار واتصال زمین برای هر دو طرح یکنواخت فرض شده حال آنکه عملا" به علت سبکتر بودن وزن کابل وعدم وجود فاصله بین فازها از پایه‌های سبکترومهارکمتر می‌توان استفاده نمود و هزینه‌هارا کاهش داد بنابراین از ذکراعدادوارقام‌وقیمت آنها صرفنظر شده است :

قیمت ولوازم و تجهیزات مورد نیاز برای شبکه‌هوائی‌معمولی

ردیف	نوع مصالح	تعداد یا مقدار	قیمت واحد برحسب Kg	قیمت کل
۱	سیم مسی به مقطع ۳۵میلیمترمربع	۳۲۲۷ کیلوگرم‌معادل ۱۰۳۰۰متر	۱۸۰	۵۹۸۸۶۰
۲	" " " " ۲۵ " "	۱۳۶۴ " " " ۵۹۳۰ "	"	۲۴۵۵۲۰
۳	" " " " ۱۶ " "	۱۳۷۷ " " " ۹۳۰۰ "	"	۲۴۷۸۶۰
۴	" " " " ۱۰ " "	۱۶۸۳ " " " ۱۶۵۰۰ "	"	۳۰۲۹۴۰
۵	کنکتور	۱۲۰۰ عدد	۵۰	۶۰ر۰۰۰
۶	پیچ ومهره	۱۰۶۵ "	۱۰۰	۱۰۶۵۰۰
۷	مقره چرخی ۸۰	۱۴۵۰ "	۲۵	۳۶۲۵۰
۸	راك پنج مقره‌ای	۱۸۸ "	۱۱۰۰	۲۰۶۸۰۰
۹	" سه "	۱۲۵ "	۶۰۰	۷۵۰۰۰
۱۰	براکت پنج	۲۱	۱۳۰۰	۲۷۳۰۰
۱۱	" سه	۷	۹۰۰	۶۳۰۰
۱۲	دستمزد اجرای کار			۴۷۸۳۳۲
۱۳	جمع کل		۲ر۴۰۰ر۰۰۰ ≈	۲۳۹۱۶۶۲

قیمت لوازم و تجهیزات مورد نیاز کابل خودنگهدار

نوع مصالح	تعداد یا مقدار	قیمت واحد برحسب مارك	قیمت کل
۴×۳۵+۱×۱۶	۱/۱۲۳ کیلومتر	۶۲۳۰	۶۹۹۶
۴×۲۵+۱×۱۶	۳/۳۹۶ "	۵۴۰۰	۱۸۳۳۸
۴×۱۶	۲/۸۰۶ "	۴۴۲۰	۱۲۴۰۲
۵×۱۶	۰/۱۳۸ "	۵۵۰۰	۷۵۹
کلمپ آویزی	۱۷۰	۸/۸	۱۴۹۶
" کششی و انتهایی	۱۵۰	۱۹/۵	۲۹۲۵
کلمپ جمپرو انشعاب	۱۰۰۰	۴/۶	۴۶۰۰
جمع کل بر حسب مارك			۴۷۵۱۶
جمع کل بر حسب ریال			۱۶۶۳۰۶۰
حداکثر دستمزد			۲۴۹۴۵۹
جمع کل		۱۹۲۰ر۰۰۰	۱۹۱۲۵۱۹

* توضیح : هر مارك آلمان برابر ۳۵ ریال محاسبه شده است .

تفاوت ۴۸۰ر۰۰۰ = ۱ر۹۲۰ر۰۰۰ - ۲ر۴۰۰ر۰۰۰

ولذا ملاحظه می‌فرمائید که شبکه کابل خود نگهدار ۲۰٪ ارزانتر تمام خواهد شد .

البته قیمتهای ارزی امروز هم بخوبی قابل مقایسه و رقابت است ولی بعلت عدم ثبات قیمتها و چندنرخی بودن آن تعیین قیمت واحد ویکدست برای لوازمی نظیر سیم مسی، نبشی ،تسمه ، میلگرد وهزینه گالوانیزه‌میسّر نمی‌باشد مثلا " بعضی ازکالاها سال قبل خریداری شده وبهای واحدآن با قیمت روز تفاوت دارد وبه نرخ روز درآوردن آنهم اشکالاتی را در بردارد ، لذا مقایسه آنها تا زمانیکه قیمت ارز برای شرکتهای برق منطقه‌ای‌مشخص و ثابت نباشد امکان پذیر نیست با توجه به مطالب فوق و علیرغم آنچه که در مورد اقتصادی بودن کابل خودنگهدار هوائی شرح داده شد اگر کابل ارزانتر نباشد حداقل گرانتر هم نخواهد بود هرچند اگر گرانتر هم باشد از لحاظ ایمنی و بمنظور حفظ جان گروههای بهره‌بردار و عملیات و مردمی که به نحوی در کوچه پس کوچه‌های کم عرض و پرپیچ وخم این مرز وبوم به برق نیاز دارند وبمنظور تامین برق آنان با سیستم شبکه معمولی نمی‌توان در این گونه معابر با شبکه‌ای ایمن و استاندارد اجرا نمود ، استفاده از کابل خود نگهدار راه حل مناسبی است ۰ برق منطقه ای اصفهان در حوزه مدیریت خود نسبت به اجرای کابل خود نگهدار در شهرستانهای محلات و خوانسار،بازار اصفهان و بازار شهرضا و بطور پراکنده در شهرستانهای دیگر اقدام نمود و ظرف ده سال گذشته شبکه کابل خودنگهدار هوائی در شهرستان زیبای خوانسار با درختان انبوه وتنومند آن مشکل آنچنانی وجود نداشته ، حال آنکه قبلا " همیشه مشکل‌آفرین بود۰

پس بطور خلاصه وچکیده : در شبکه کابل خودنگهدار ؛ فاصله‌ای بین فازها وجود ندارد ، ازپایه‌های ضعیف وکوتاهتر می‌توان استفاده کرد، اتصال کوتاه بندرت اتفاق می‌افتد ، اندکسیون آن پایین است ، یخ بندان روی مواد عایقی PVC بسیار کم ولذا بار برف و باد ویخ پایین خواهد بود ، درخت وشاخه‌بری نیاز نیست ، در تماسهای اتفاقی محفوظ ولذا ایمنی آن بالا است ومتوسط هزینه احداث شبکه باکابل ۲۰ تا ۳۰٪ ارزانتر خواهد بود ،مخصوصا "اگر سازندگان داخلی نسبت به تهیه کابل‌خودنگهداراقدام‌نمایند۰

نکاتی چند در مورد نصب و بهره برداری کابل خودنگهدار هوائی :

۱- ابزار کار جهت کابل آلومینیومی می‌بایستی منحصرا " برای همین کابل اختصاص یابد و برای کابل‌مسی استفاده ننمائیم۰

۲- اتصال کابل آلومینیوم به سیم مسی وگرفتن انشعاب از آن باید حتما " توسط کلمپ بیمتال‌انجام شود۰

۳- بمنظوراتصال زمین سیستم هر دو انتهای سیم نگهدارنده باید بوسیله کلمپ بیمتال زمین شود و اگر مسیر طولانی است توصیه می‌گردد در اواسط مسیر هم زمین شود۰

۴- برای جلوگیری از آسیب احتمالی پوشش و عایق کابل فشارضعیف هوائی درمقابل خراشیدگی‌وفرسایش حتی‌المقدور اطراف مسیر آزاد باشد۰

۵- شبکه کابل خود نگهدار هوائی‌حتی‌المقدور سالی یکبار بازدید ومعایب آن بر طرف گردد۰

۶- فاصله قلابهای سیم نگهدارنده از راس تیرکمتر از ۳۰ سانتیمتر نباشد۰

۷- برای احداث شبکه کابل خودنگهدار می‌توان از پایه‌های ۸ و ۱۰ متری به ترتیب برای فشارضعیف ومتوسط

استفاده نمود.

۸- هنگام کار بر روی شبکه کابل خودنگهدار تحت ولتاژ رعایت مقررات ایمنی روی خطوط برقدار دقیقا" رعایت شود.

۹- برای جلوگیری از حوادث احتمالی روی پایه‌های شبکه ۲۰ کیلوولت نصب پلاك ویژهٔ "خطر برق گرفتگی" ضروری است.