



بررسی فنی اقتصادی پستهای توزیع فشرده^۱

داود جلالی

مرکز تحقیقات نیرو

چکیده:

از آنجا که پستهای توزیع زمینی بخشی مهمی از سرمایه‌گذاری در شبکه‌های توزیع رابه خود اختصاص داده و در هزینه آنها، قیمت پست نقش تعیین‌کننده‌ای دارد، لذا جهت بهینه‌سازی شبکه‌های توزیع و کاهش هزینه‌ها، یکی از راهها، کاهش ابعاد پستهای زمینی می‌باشد. جهت کاهش این ابعاد، می‌توان از پستهای توزیع فشرده استفاده نمود. این مقاله، نتایج حاصل از بررسی فنی - اقتصادی پستهای مزبور و مقایسه آن با پستهای توزیع معمول را تشریح نموده و در نهایت در خصوص استفاده یا عدم استفاده از آنها توصیه‌های لازم را ارائه می‌نماید.

پستهای توزیع برق بخش مهمی از شبکه های توزیع انرژی الکتریکی را تشکیل داده و حجم قابل توجهی از سرمایه گذاری در این شبکه رابه خود اختصاص می دهند. این پستهابه دوصورت زمینی وهوائی نصب می گردند.

پستهای هوائی در ظرفیتهای کوچک (اکثرا" تا ۳۱۵ و به ندرت تا ۵۰۰ و ۶۳۰ کیلوولت آمپر) مورد استفاده بوده ونتیجتا" در مناطق باتراکم بارکمتر بکاربرده می شوند. این مناطق ، شامل روستاها، شهرهای کوچک ویا حاشیه شهرهای بزرگ می باشند. پستهای زمینی عمدتا" در ظرفیتهای بالا (از ۵۰۰ تا ۱۰۰۰ و ۱۲۵۰ کیلوولت آمپر) بکاربرده شده ونتیجتا" در مناطق باتراکم بار زیاد مورد استفاده قرار می گیرند.

این مناطق ، شامل شهرهای بزرگ باتراکم بار بالامی باشند. در چنین مناطقی ، به دلیل جمعیت زیاد وتراکم بالا، کمبود زمین مناسب برای احداث پست وهمچنین هزینه سرسام آور آن یکی از معضلات گسترش شبکه های توزیع می باشد. با توجه به این موارد، لزوم بررسی همه جانبه در خصوص نحوه طراحی پستهای توزیع وتجدید نظر در طرحهای استاندارد شده قبلی بیش از پیش احساس می گردد بطوریکه این تجدید نظر، در جهت کاهش هرچه بیشتر سطح زمین مورد نیاز جهت احداث پستهای توزیع زمینی صورت بگیرد.

این کاهش به دو طریق زیر می تواند انجام شود:

الف - کاهش ابعاد پستهای زمینی با استفاده از تجهیزات فعلی وباعا ارائه طرحهای جدید استقرار تجهیزات در آنها.

ب - استفاده از تجهیزات باتکنولوژی مدرن که حجم کمتری را اشغال می کنند. اصطلاحا" به پستهایی با این تجهیزات ، پستهای فشرده توزیع می گویند.

جهت مقایسه این دوروش وانتخاب بهترین آنها، بررسی فنی - اقتصادی صورت گرفته که نتیجه آن ، در مقاله حاضر ارائه می گردد.

۲- انجام مقایسه اقتصادی برای آلترناتیوهای مختلف پستهای توزیع زمینی

۱-۲ نحوه انجام بررسی اقتصادی

در این بررسی ابتدا آلترناتیوهای مختلف جهت طرح پستهای توزیع زمینی مورد مطالعه قرار گرفته و در نهایت، سه گروه عمده جهت انجام مقایسه اقتصادی تعیین می‌گردند. این سه گروه عبارتند از:

الف - پستهای توزیع زمینی که در حال حاضر و با استفاده از تجهیزات معمول طراحی می‌گردند. در بررسی این گروه، از طرحهای ارائه شده در استاندارد پستهای توزیع زمینی ۲۰ کیلوولت [۲] استفاده گردیده است.

ب - پستهای توزیع زمینی که در آنها از تابلوهای فشار متوسط SF6 (با ابعاد کوچک) استفاده شده، و سایر تجهیزات بکاررفته در آنها، مانند گروه بالامی باشند. جهت بررسی این گروه، از طرحهای ارائه شده در گروه "الف" استفاده گردیده بطوریکه در آنها با توجه به ابعاد تابلوهای فشار متوسط SF6، تغییرات مقتضی صورت گرفته است.

ج - پستهای توزیع فشرده کیوسکی که در آنها از تابلوهای فشار متوسط SF6 استفاده گردیده ولی ترانسفورماتور و تابلوهای فشار ضعیف مورد استفاده در آنها همچون سایر پستهای باشند. در این پستها، کلیه تجهیزات در داخل کیوسک فلزی و یابتنی، چوبی و..... قرار داشته و به دلیل فشرده بودن، زمین کوچکی را اشغال می‌کنند. همچنین آنها را می‌توان در معابر عمومی و گذرگاههایی که فضای کافی و مناسب داشته باشند، نصب نمود. جهت بررسی این گروه، از طرحهای ارائه شده در کاتالوگ سازندگان مربوطه، با اعمال تغییراتی متناسب با ابعاد ترانسفورماتورهای ایران ترانسفور و همچنین تابلوهای فشار ضعیف ساخت داخل (همچون سایر پستها) استفاده گردیده است.

۲-۲ آلترناتیوهای مختلف طرحهای پستهای توزیع زمینی

کلیه آلترناتیوهای ذیل برای پستهای توزیع تک ترانسفورماتوری با حداکثر ظرفیت ۱۰۰۰ کیلوولت آمپر انتخاب شده‌اند.

الف - پستهای توزیع زمینی با تجهیزات معمول

تیپ (الف-۱): شامل پستهای استاندارد معمول است، که در اکثر شرکتها توزیع مورد استفاده می‌باشد. این پستها در ابعاد (۶×۶)، (۶×۸)، (۶×۱۰)، (۶×۱۲)، (۴/۲×۱۲) متر و..... موجود بوده که

جهت انجام مقایسه، در این بررسی، کوچکترین آنها یعنی پستهای توزیع زمینی (۶×۶) انتخاب گردیده‌اند. ساختمان این پستها، یک طبقه بوده که در طبقه همکف، تجهیزات پست نصب شده و اکثراً نيز دارای زیرزمین (بصورت نیم طبقه) جهت عبور کابلها می‌باشند. در موقع انجام محاسبات اقتصادی، زیرزمین بصورت یک طبقه کامل منظور می‌شود.

تیپ (الف - ۲): شامل پستهای یک طبقه با کانال و یا با زیرزمین می‌باشد که از مرجع [۲] استخراج شده است. پلان این طرح مطابق با شکل (۱) بوده و ابعاد آن (۵/۳۵×۶) متری می‌باشد.

تیپ (الف - ۳): شامل پستهای دو طبقه با زیرزمین می‌باشد که از مرجع [۲] استخراج شده است. پلان این طرح، مطابق با شکل ۲ بوده و ابعاد آن (۴/۵×۴/۵) متری می‌باشد.

ب - پستهای توزیع زیرزمینی با تابلوهای فشار متوسط SF6 فشرده

تیپ (ب - ۱): شامل پست یک طبقه با تابلوی فشار متوسط SF6 فشرده می‌باشد که با توجه به موقعیت استقرار تجهیزات در مرجع [۲]، تهیه گردیده است. پلان این طرح، مطابق با شکل ۳ بوده و ابعاد آن (۵/۱×۵/۳) متری می‌باشد.

تیپ (ب - ۲): همچون تیپ (ب - ۱) بوده که پلان آن مطابق با شکل ۴ و ابعاد آن (۵/۷×۴/۵) متری می‌باشد.

تیپ (ب - ۳): همچون تیپ (ب - ۱) بوده که پلان آن مطابق با شکل ۵ و ابعاد آن (۵/۱×۵/۱) متری می‌باشد.

تیپ (ب - ۴): شامل پست دو طبقه با تابلوی فشار متوسط SF6 فشرده می‌باشد که با توجه به مرجع [۲] تهیه گردیده و پلان آن مطابق با شکل ۶ و ابعاد آن (۴/۲×۴/۳) متری می‌باشد. در این طرح، جهت سهولت بهره برداری از پست، همچون تیپ (الف - ۳) تابلوها در طبقه پایین و ترانسفورماتور در طبقه بالا در نظر گرفته می‌شود.

ج - پستهای توزیع فشرده کیوسکی

تیپ (ج - ۱): شامل پست توزیع فشرده کیوسکی بوده که پلان آن، طبق شکل ۷ و ابعاد آن (۳×۲/۵) متری می‌باشد.

از آنجائیکه این پستهای بایست در محلی نصب گردند که از همه جهات قابل دسترس باشند لذا به همین منظور می‌بایست حداقل فضای خالی رادار اطراف پست منظور نمود. این فضای خالی باید به اندازه ای باشد که متصدیان مانور و بهره برداری بتوانند به تابلوهای فشار متوسط و فشار ضعیف و همچنین

ترانسفورماتور دسترسی پیدا کنند. طبق استاندارد، این فضای خالی برای تابلوهای فشار متوسط، $1/5$ متر برای تابلوهای فشار ضعیف، $1/3$ متری باشد [۲]. برای ترانسفورماتور نیز با در نظر گرفتن درب محفظه آن، حداقل فضای خالی $1/5$ متر منظور شده است. لذا با توجه به این موارد، حداقل ابعاد فضای مورد نیاز جهت نصب این پستها، $(4 \times 8/5)$ متری باشد، این فضا، حداقل فضایی است که می توان در یک محیط محصور بسته، این پست را نصب و بهره برداری نمود. همانطور که ملاحظه می گردد، زمین مورد نیاز جهت نصب این پست از زمین مورد نیاز جهت نصب پست (ب - ۳) بیشتر بوده (زیر برای پست تیپ (ب - ۳) با حذف ضخامت دیوارهای پست، ابعاد زمین مورد نیاز $(4/4 \times 4/4)$ متر می باشد)، در حالیکه تجهیزات مورد استفاده در هر دو پست (بجز کیوسک تیپ (ج - ۱)) یکسان می باشند. نتیجتاً، نصب این پستها در محیطهای سر بسته و محصور، پرهزینه تر بوده و به هیچوجه صرفه اقتصادی ندارد. لذا برخلاف ادعای سازندگان این پستها که امکان نصب در فضاهای محصور (همچون زیر زمین) را در زمره مزایای چنین پستهایی عنوان می نمایند، به دلایل اقتصادی چنین کاری توجیه پذیر نبوده و توصیه نمی گردد. در نتیجه، در مقاله حاضر نیز چنین آلترناتیوی در نظر گرفته نشده و بررسی این پستها فقط برای حالتی که در معابر عمومی نصب می شوند، صورت می گیرد. در این حالت، ابعاد پست $(5/2 \times 3)$ متر منظور می شود.

۳-۲- مقایسه اقتصادی آلترناتیوهای مختلف

جهت انجام مقایسه اقتصادی مابین آلترناتیوهای مختلف طرح پستهای توزیع زمینی، در ابتدا، اقدام به برآورد هزینه برای کلیه پستها گردیده و سپس تیپ پستهایی که دارای مشخصات مشابه هم می باشند، انتخاب می گردند. با این انتخاب، پستهای مزبور قابل مقایسه با یکدیگر خواهند بود.

در این برآورد، قیمت تجهیزات و ساختمان پستها بر اساس قیمت‌های آخرین پستهای توزیع احداث شده در سال ۱۳۷۳ در شرکت توزیع برق تهران، بصورت زیر منظور گردیده است:

الف - در برآورد هزینه ها، قیمت ترانسفورماتور و تابلوی فشار ضعیف به دلیل یکسان بودن در کلیه طرحها، منظور نگردیده اند.

ب - تابلوی فشار متوسط سه سلولی معمولی ۲۰ کیلوولت به قیمت ۵۰۰٫۰۰۰ ریال در محاسبات منظور شده است.

ج - تابلوی فشار متوسط سه سلولی فشرده ۲۰ کیلوولت با احتساب هزینه های جانبی، به قیمت

۱۵۰۰۰ مارک در نظر گرفته شده و جهت انجام محاسبات، با احتساب هر مارک معادل ۵۰۰ ریال (بر اساس قیمت‌های سه ماهه چهارم سال ۱۳۷۳)، قیمت تابلو برابر با ۲۲۵۰۰۰ ریال منظور شده است.

د - قیمت ساختمان پست برای پستهای (۶×۶) و بزرگتر، از قرار هر متر مربع ۱۸۰۰۰ ریال و برای پستهای کوچکتر، از قرار هر متر مربع ۲۰۰۰۰ ریال در محاسبات منظور گردیده است.

علاوه بر این موارد، قیمت زمین پست نیز می‌بایست در محاسبات وارد شود. قیمت زمین پست، پارامتر تعیین کننده‌ای در انتخاب طرح مناسب برای پستهای توزیع می‌باشد ولی از آنجایی که قیمت زمین در نقاط مختلف کشور در محدوده وسیعی تغییر می‌کند لذا در محاسبات، نمی‌توان مستقیماً قیمت زمین را دخالت داد و در عوض، می‌توان به جای آن، مساحت زمین پست را منظور نمود. به همین دلیل در این بررسی، جهت انجام محاسبات، روشی مورد استفاده قرار گرفته که در آن، مساحت زمین پست ملاک عمل قرار گرفته است. این روش، پله به پله به قرار زیر می‌باشد:

الف - محاسبه هزینه هریک از طرحها، شامل هزینه تابلوی فشار متوسط و ساختمان پست.

ب - محاسبه مساحت زمین مورد نیاز برای هریک از طرحها.

ج - انتخاب طرح مبنای انجام مقایسه، بطوریکه بتوان اختلاف هزینه هریک از طرحها را نسبت به طرح مبنای محاسبه نمود. این طرح، می‌بایست طرح معمول و مورد استفاده فعلی در شرکت‌های توزیع باشد تا بتوان با مقایسه اختلاف هزینه آن طرح، با طرحهای پیشنهادی جدید، ضرورت یا عدم ضرورت جایگزینی طرحهای جدید را از نظر اقتصادی توجیه نمود. لذا جهت طرح مبنای، تیپ پست (الف - ۱)، (پستهای معمولی (۶×۶) متر) انتخاب می‌گردد.

د - محاسبه میزان افزایش هزینه تجهیزاتی و ساختمانی هریک از طرحها نسبت به طرح مبنای و همچنین محاسبه میزان کاهش مساحت زمین مورد نیاز برای هریک از طرحها نسبت به مساحت زمین طرح مبنای.

ه - مشخص کردن حداقل قیمت زمین برای هریک از طرحها به نحوی که برای زمینهای با قیمت بالاتر از این حداقل، اجرای طرح مزبور از آن تر از طرح مبنای بوده و از نظر اقتصادی با صرفه تر است ولی برای زمینهای با قیمت کمتر از قیمت حداقل، اجرای طرح مزبور گرانتر بوده و همان طرح مبنای توصیه می‌گردد. این قیمت حداقل، از تقسیم میزان افزایش هزینه پست نسبت به میزان کاهش مساحت زمین پست بدست می‌آید.

۲-۳-۱- برآورد هزینه برای طرحهای ارائه شده

جهت انجام مقایسه اقتصادی، در وهله اول، اقدام به برآورد هزینه برای هریک از طرحهای گردید. این

برآورد بر مبنای قیمت‌های ارائه شده در بخش بالا صورت گرفته و در کلیه طرح‌های پست، زیر زمین منظور شده است.

جدول (۱) - برآورد هزینه طرح پستها

ردیف	نوع پست	ابعاد پست (متر)	مساحت زمین پست (مترمربع)	تعداد طبقات پست با احتساب زیر زمین n	نوع تابلوی فشار متوسط	هزینه تابلوی فشار متوسط (ریال)	هزینه هر متر مربع ساختمان (ریال)	هزینه ساختمان پست (ریال)	جمع هزینه ساختمان و تابلوی فشار متوسط (ریال)
		$a \times b$	$A = a \times b$	n		L_s	L_a	$L_A = n \cdot A \cdot L_a$	$L_f = L_A + L_s$
۱	الف- ۱	۶×۶	۳۶	۲	معدولی	۹۵۰۰۰۰۰	۱۸۰۰۰۰۰	۱۲۹۶۰۰۰۰	۲۲۹۶۰۰۰۰
۲	الف- ۲	۵/۳۵×۶	۳۲/۱	۲	معدولی	۹۵۰۰۰۰۰	۲۰۰۰۰۰۰	۱۲۸۴۰۰۰۰	۲۲۸۴۰۰۰۰
۳	الف- ۳	۴/۵×۴/۵	۲۰/۲۵	۳	معدولی	۹۵۰۰۰۰۰	۲۰۰۰۰۰۰	۱۲۹۵۰۰۰۰	۲۱۹۵۰۰۰۰
۴	ب- ۱	۵/۱×۵/۲	۲۷/۰۲	۲	فشرده	۲۲۵۰۰۰۰۰	۲۰۰۰۰۰۰	۱۰۸۱۲۰۰۰۰	۲۲۳۱۲۰۰۰۰
۵	ب- ۲	۵/۷×۴/۵	۲۵/۶۵	۲	فشرده	۲۲۵۰۰۰۰۰	۲۰۰۰۰۰۰	۱۰۲۶۰۰۰۰۰	۲۲۷۶۰۰۰۰۰
۶	ب- ۳	۵/۱×۵/۱	۲۶/۰۱	۲	فشرده	۲۲۵۰۰۰۰۰	۲۰۰۰۰۰۰	۱۰۴۰۴۰۰۰۰	۲۲۹۰۴۰۰۰۰
۷	ب- ۴	۴/۲×۴/۲	۱۸/۰۶	۳	فشرده	۲۲۵۰۰۰۰۰	۲۰۰۰۰۰۰	۱۰۸۲۶۰۰۰۰	۲۳۲۲۶۰۰۰۰
۸	ج- ۱	۳×۲/۵	۷/۵	۱	فشرده	۲۲۵۰۰۰۰۰	۲۵۰۰۰۰۰*	۳۲۷۵۰۰۰۰	۲۵۸۷۵۰۰۰۰

* هزینه کیوسک، در هزینه ساختمان پست منظور شده و در انجام این محاسبات از قیمت ارائه شده توسط سازندگان استفاده گردیده است.

۲-۳-۲- محاسبه افزایش هزینه طرحانسیبت به طرح مبنا

در این بخش، میزان افزایش هزینه هر یک از طرحانسیبت به طرح مبنا محاسبه شده و از روی آن، حداقل قیمت زمین پست برای اقتصادی بودن طرح بدست می آید. اطلاعات طرح مبنا، مطابق با اطلاعات ردیف اول از جدول (۱) می باشد.

جدول (۲) - مقایسه هزینه طرح پستانسیبت به طرح مبنا

ردیف	نوبت پست	مساحت زمین پست (مترمربع) A	جمع هزینه ساختمان و تابلوی فشار متوسط (ریال) L_T	میزان افزایش هزینه نسبت به طرح مبنا (ریال) $L_T = L_T - L_{T1}$	میزان کاهش زمین پست نسبت به طرح مبنا (مترمربع) $A_D = A_1 - A$	حداقل قیمت زمین برای اقتصادی بودن طرح (ریال) $L_E = \frac{L_T}{A_D}$ (برای $L_1 > 0$)	میزان کاهش هزینه کل پست نسبت به طرح مبنا (ریال) (برای $L_1 < 0$)
۱	الف- ۲	۲۲/۱	۲۲,۳۴۰,۰۰۰	-۱۲۰,۰۰۰	۳/۹	—	$(۱۲۰,۰۰۰ + ۳/۹ L_m)$
۲	الف- ۳	۲۰/۲۵	۲۱,۶۵۰,۰۰۰	-۸۱۰,۰۰۰	۱۵/۷۵	—	$(۸۱۰,۰۰۰ + ۱۵/۷۵ L_m)$
۳	ب- ۱	۲۷/۰۳	۳۳,۳۱۲,۰۰۰	۱۰,۸۵۲,۰۰۰	۸/۹۷	۱,۲۰۹,۸۱۰	—
۴	ب- ۲	۲۵/۶۵	۳۲,۷۶۰,۰۰۰	۱۰,۳۰۰,۰۰۰	۱۰/۳۵	۹۹۵,۱۶۹	—
۵	ب- ۳	۲۶/۰۱	۳۲,۹۰۴,۰۰۰	۱۰,۴۴۴,۰۰۰	۹/۹۹	۱,۰۲۵,۴۴۵	—
۶	ب- ۴	۱۸/۰۶	۳۳,۳۲۶,۰۰۰	۱۰,۸۷۶,۰۰۰	۱۷/۹۴	۶۰۶,۲۴۳	—
۷	ج- ۱	۷/۵	۲۵,۸۷۵,۰۰۰	۳,۴۱۵,۰۰۰	۲۸/۵	۱۱۹,۸۲۵	—

L_{T1} : جمع هزینه ساختمان و تابلوی فشار متوسط برای طرح مبنا (در این برآورد $L_{T1} = ۲۲/۴۶۰/۰۰۰$ می باشد)

A_1 : مساحت زمین پست برای طرح مبنا (در این برآورد، $A_1 = ۳۶$ می باشد)

L_m : قیمت هر مترمربع زمین پست

۲-۴. جمع بندی برآورد هزینه طرح پستها

یاتوجه به جدول شماره ۲ نتایج زیر حاصل می گردد:

الف - تیپهای (الف - ۲) و (الف - ۳) ارزانتراز طرح مبنای باشند. در این تیپ پستها، تجهیزات بکاررفته عیناً مانند طرح مبنای باشند. در این تیپ پستها، تجهیزات بکاررفته عیناً مانند طرح مبنای بوده و فقط مساحت زمین پست کاهش داده شده که نتیجتاً این کاهش، باعث هزینه زمین پست و همچنین هزینه ساختمان پست گردیده است. کاهش هزینه تیپ (الف - ۲) ناچیز بوده ولی کاهش هزینه تیپ (الف - ۳) قابل توجه می باشد و با افزایش قیمت زمین، این کاهش هزینه بیشتر خواهد شد. تنها عیب تیپ (الف - ۳) نسبت به طرح مبنای، دو طبقه بودن آن است که می تواند باعث ایجاد مشکلاتی در موقع نصب و بهره برداری از پست گردد. ولی در صورتیکه قیمت زمین برای احداث پست بالا باشد، کاهش هزینه پست نیز چشمگیر بوده و در این حالت، می توان از مشکلات نصب و بهره برداری از پست، چشم پوشی کرد.

ب - تیپهای (ب - ۱)، (ب - ۲) و (ب - ۳) از نظر تجهیزات بکاررفته و همچنین نوع پست (یک طبقه) یکسان بوده و فقط از نظر نحوه آرایش تجهیزات متفاوت می باشند. در این تیپ پستها، تابلوی فشار متوسط فشرده مورد استفاده قرار گرفته ولی سایر تجهیزات بکاررفته در آن، همانند پست مبنای باشد. استفاده از تابلوی فشار متوسط فشرده باعث کاهش مساحت زمین مورد نیاز جهت احداث پست گردیده ولی در عوض به دلیل قیمت بالای آن نسبت به تابلوهای فشار متوسط معمولی، باعث افزایش هزینه تجهیزات پست می گردد. با مقایسه میزان افزایش هزینه تجهیزات نسبت به میزان کاهش مساحت زمین مشاهده می گردد که احداث این تیپ پستها برای مناطقی که قیمت زمین در آنها بطور متوسط برای هر متر مربع از ۱۰۰۰ تا ۱۰۸۰ ریال گرانتر باشد، ارزانتراز طرح مبنای بوده ولی برای مناطق با قیمت زمین کمتر، گرانتر از طرح مبنای باشند.

ج - تیپ (ب - ۴) از نظر تجهیزات بکاربرده شده، عیناً مانند تیپهای (ب - ۱)، (ب - ۲) و (ب - ۳) بوده و فقط نوع پست آن، دو طبقه می باشد. در این پست، همان مشکل نصب و بهره برداری از پستهای دو طبقه موجود بوده و احداث آنها برای مناطقی که قیمت هر متر مربع زمین گرانتر از ۶۰۶۰۰۰ ریال باشد، ارزانتراز طرح مبنای بوده ولی برای مناطق با قیمت زمین کمتر، گرانتر از طرح مبنای می باشد. این مبلغ، ظاهراً برای بعضی از مناطق کشور توجیه اقتصادی داشته و مزیتی برای طرح محسوب می شود ولی باید توجه کرد که انجام این مقایسه، با طرح مبنایی صورت گرفته که آن طرح، یک پست یک

طبقه بوده و از نظر تعدادی از مشخصات، با این طرح پست یکسان نبوده و قابل مقایسه نمی‌باشد. لذا معیار بالا، معیار درستی نبوده و جهت نتیجه‌گیری بهتر، تیپ پست (الف - ۳) بعنوان طرح مبنای انتخاب گردیده و با تیپ (ب - ۴) مقایسه اقتصادی صورت می‌گیرد. طبق این مقایسه داریم:

$$L_1 = L_T - L_{T2} = ۳۳۲۳۳۶۰۰۰ - ۲۱۶۵۰۰۰ = ۱۱۶۸۶۰۰۰ \text{ ریال}$$

$$A_D = A_2 - A = ۲۰۲۵ - ۱۸۰۶ = ۲۱۹ \text{ مترمربع}$$

$$L_E = \frac{L_1}{A_D} = ۵۳۳۳۶۰۷۳ \text{ ریال}$$

همانطور که ملاحظه می‌گردد طرح تیپ (ب - ۴) برای مناطقی که قیمت هر مترمربع زمین در آنها از مبلغ ۵۳۳۳۶۰۷۳ ریال گرانتر باشد، ارزانتر از طرح پست دو طبقه معمولی (تیپ الف - ۳) بوده و در غیر این صورت، گرانتر بوده و توجیه اقتصادی ندارد.

د- تیپ (ج - ۱) گرانتر از طرح مبنای بوده ولی در عوض مساحت زمین کوچکی را اشغال می‌نماید. این تیپ پستها، بصورت کیوسکی بوده و می‌بایست در محلی نصب گردند که از همه جهات قابل دسترس باشند. لذا چنین پستهایی فقط می‌توانند در محل‌هایی از قبیل پیاده‌روهای عریض، پارکینگها، پارکها و معابر عمومی وسیع نصب گردند. حال با توجه به نوع محل‌هایی که در آنها امکان نصب این پستها وجود دارد، شاید نتوان قیمت زمین مربوطه را با قیمت زمین سایر تیپ پستهای یکسان گرفت بلکه جهت انجام مقایسه اقتصادی صحیح، می‌بایست آلترناتیو‌هایی پیشنهاد داد که شرایط زمین آن همچون شرایط زمین پستهای کیوسکی باشد. بعنوان مثال در سال ۱۳۶۹ طرحی در برق منطقه‌ای تهران تهیه گردیده که جهت نصب در پیاده‌رو مناسب بوده و از تابلوهای فشار متوسط SF6 نیز در آن استفاده گردیده و زمین مورد نیاز نیز به ابعاد (۲/۵ × ۱/۱) متر می‌باشد.

(شکل ۸). این طرح، شرایطی همچون شرایط پستهای کیوسکی داشته و نتیجتاً قابل مقایسه با آنها می‌باشد.

در این طرح، زمین کوچکتری از پیاده‌رو اشغال شده پس، نسبت به این پستهای اقتصادی تر می‌باشد. لذا در خصوص ردا استفاده از پستهای کیوسکی گفته می‌شود در صورت وجود امکان نصب پست در پیاده‌رو، می‌توان آلترناتیو‌هایی پیشنهاد داد که نسبت به پستهای کیوسکی، زمین کمتری نیاز داشته و اقتصادی‌ترین باشند.

۳-۱. نحوه انجام بررسی فنی

جهت انجام این بررسی، آلترناتیوهای مختلف طرح پستهای توزیع زمینی، با پست مینا از نظر فنی مقایسه گردیده و در این مقایسه، مزایا و معایب هر یک از طرحها نسبت به طرح مینا عنوان می‌گردد. در این مقایسه، نیازی به مقایسه فنی آلترناتیوهای گروه "الف" نبوده زیرا که از نظر فنی، این گروه پستها همچون پست مینا می‌باشند و نتیجتاً فقط اقدام به مقایسه فنی پست مینا با آلترناتیوهای گروه "ب" و گروه "ج" می‌گردد.

۳-۲. بررسی فنی پستهای توزیع زمینی با تابلوهای فشار متوسط SF6 فشرده

در این نوع پستها، بجز تابلوی فشار متوسط، سایر تجهیزات مورد استفاده، همچون پستهای معمول بوده و در نتیجه نیازی به مقایسه فنی آنها وجود ندارد. لذا در مقاله حاضر فقط اقدام به بررسی فنی تابلوهای فشار متوسط SF6 می‌گردد. این تابلوها محصول جدید سازندگان مربوطه بوده و به خاطر استفاده از عایق گازی SF6 در آنها، حجم تابلوها کوچک گردیده است. با بررسیهای بعمل آمده، سابقه عملکرد این تابلوها در نقاط مختلف کشور یا وجود نداشته و یا کم بوده و لذا نمی‌تواند بعنوان مرجع، جهت مشخص کردن مزایا و معایب و یا نحوه عملکرد آنها مورد استفاده قرار گیرد. لذا در این بررسی، فقط می‌توان به مشخصات عنوان شده توسط سازندگان آنها اشاره نمود که البته خالی از اشکال هم نخواهد بود. این مزایا عبارتند از:

الف - ابعاد کوچکتر، بطوریکه ابعاد آنها حدود یک سوم ابعاد تابلوهای فشار متوسط معمولی می‌باشد.

ب - درجه حفاظت (IP) و ایمنی بالاتر

ج - عدم تأثیر شرایط آب و هوایی بر کاربرد آنها

د - مسائل و مشکلات بهره برداری و نگهداری از این تابلوها بسیار کمتر می‌باشد

ه - عمر این تابلوها بیشتر از تابلوهای معمولی می‌باشد.

و - امکان کنترل از راه دور در این تابلوها فراهم می‌باشد.

در مورد مسائل و مشکلاتی که در صورت بکار بردن آنها در شبکه های توزیع، گریبانگیر شرکت های توزیع

می‌گردد موارد زیر قابل پیش بینی می باشند:

الف - عدم آشنائی پرسنل شرکت‌های توزیع اعم از کارشناس، تکنسین و کارگر بانحوه نصب و نگهداری و بهره برداری از این تابلوها، در حالیکه در مورد تابلوهای معمولی مشکلی از این بابت وجود ندارد. نتیجتاً در صورت استفاده از این تابلوها، نیاز به صرف هزینه و وقت فراوان جهت آموزش پرسنل ذربط، در شرکت‌های توزیع خواهد بود.

ب - به علت بالا بودن تکنولوژی استفاده شده در تابلوهای جدید، در حال حاضر امکان تولید اکثر تجهیزات آنها در داخل کشور موجود نبوده و می بایستی از خارج وارد گردند، در صورتیکه در حال حاضر، کلیه تجهیزات تابلوهای معمولی در داخل کشور تولید شده و قسمت اعظم هزینه آنها نیز ریالی می باشد ولی در مقابل، کل هزینه تابلوهای جدید ارزی بوده و در آینده نیز در صورت ساخت این تابلوها در داخل کشور، قسمت اعظم هزینه آنها ارزی خواهد بود.

ج - بنابه همان دلیل بالا، تعمیر و نگهداری از تابلوهای معمولی هزینه ریالی داشته ولی تعمیر و نگهداری از تابلوهای جدید هزینه ارزی خواهد داشت.

د - وجود مشکلاتی در اتصال سرکابل‌های مختلف به تابلوهای جدید باعث پرداخت هزینه اضافی به منظور استفاده از تجهیزات جانبی همچون مبدل سرکابل خواهد شد. در صورتیکه در تابلوهای معمولی، امکان اتصال هر نوع سرکابل، بدون نیاز به تجهیزات اضافی وجود دارد.

ه - در تابلوهای معمولی، به علت بزرگی تابلو، امکان جایگزینی تجهیزات معیوب با تجهیزات مشابه از سازندگان متفاوت، وجود داشته و نتیجتاً مشکل وابستگی به یک سازنده خاص وجود ندارد، در صورتیکه در تابلوهای جدید چنین کاری امکان پذیر نبوده و وابسیار مشکل می باشد و در نتیجه با خرید این تابلوها، شرکت‌های توزیع شدیداً وابسته به سازنده آن تابلو خاص شده و مجبور خواهند بود که لوازم یدکی مورد نیاز را حتماً "آز آن سازنده خاص تهیه نمایند.

۳-۳. بررسی فنی پست‌های توزیع فشرده کیوسکی

موارد اختلاف این پست‌ها با پست‌های معمولی در تابلوی فشار متوسط و ساختمان آنها می باشد. تابلوهای فشار متوسط مورد استفاده در اینگونه پست‌ها از نوع SF6 بوده که مقایسه فنی مربوطه در بخش قبل صورت گرفته و عیناً در مورد این پست‌ها نیز صادق می باشد و لذا در اینجا فقط به مقایسه فنی

ساختمان کیوسکی آنها پرداخته می شود. در این خصوص، مزایای عنوان شده توسط سازندگان این پستها عبارتند از:

الف - فضای کوچکتری را اشغال می کنند

ب - مدت زمان لازم برای نصب پست کوتاهتر می باشد.

ج - قابلیت جابجایی داشته و تغییر مکان آن سهل ترمی باشد.

استفاده از این پستها، مسائل و مشکلاتی داشته که تعدادی از آنها در بخش قبل عنوان شده و تعداد دیگری نیز که مربوط به ساختمان کیوسکی و طراحی خاص آن بوده، به قرار زیر می باشند:

الف - از آنجا که این پستها، می بایست از جهات مختلف قابل دسترس باشند لذا از نظر محل نصب محدودیت داشته و می بایست در محلهایی همچون پیاده روها، معابر عمومی، پارکینگها، پارکها و یا کلا" در نقاطی که بتوان در اطراف آنها فضای خالی کافی پیش بینی نمود، نصب گردند.

ب - نصب این پستها در معابر عمومی، به زیبایی شهرها لطمه زده و در نتیجه از این نظر، محدودیت دیگری در انتخاب محل پست وجود دارد.

۴- نتیجه گیری

از جمع بندی مطالب بالا چنین استنباط می گردد که احداث پستهای توزیع فشرده، از نظر اقتصادی، فقط در نقاط خاصی از کشور و آن هم بصورت یک طبقه، که در آنها، قیمت هر متر مربع زمین بطور متوسط از ۱۰۰٫۰۰۰٫۰۰۰ ریال گرانتر باشد، با صرفه بوده و توجیه پذیری می باشد ولی در همین نقاط نیز احداث آنها از نظر فنی مسئله ساز خواهد بود و توصیه نمی گردد.

این مسائل و مشکلات فنی ناشی از احداث چنین پستهایی در بخش قبل به تفصیل بیان گردیده که از آن میان، سه مورد زیر مهمتر بوده و می توانند در تصمیم گیری نهایی، پارامترهای تعیین کننده ای باشند. این سه مورد عبارتند از:

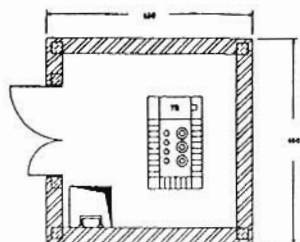
الف - هزینه ارزی بالادراحداث این پستها نسبت به پستهای معمولی

ب - ایجاد وابستگی به یک سازنده خاص جهت تأمین تجهیزات و لوازم یدکی مورد نیاز

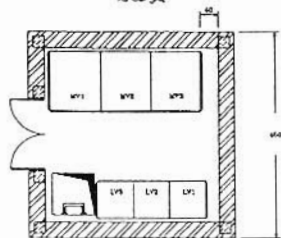
ج - عدم آشنایی پرسنل شرکتهای توزیع در زمینه تعمیر و نگهداری و نصب و بهره برداری از این پستها که در نتیجه، در صورت احداث این پستها نیاز به صرف وقت و هزینه فراوان جهت آموزش آنها خواهد بود.

لذا جهت طراحی واحداث پستهای توزیع زمینی، استفاده از طرح پستهای فشرده فوق الذکر، بنا به همان دلایل بالا، توصیه نگردیده و در عوض پیشنهاد می شود که جهت این کار، از تجهیزات معمول فعلی استفاده گردد و در آرایش تجهیزات نیز تغییرات لازمه به گونه ای داده شود که سطح زمین مورد نیاز کوچکتر گردد. همچنین در مناطقی که هزینه زمین مورد نیاز جهت احداث پست، بالا باشد استفاده از طرح پستهای دو طبقه پیشنهاد می گردد.

البته، در خاتمه، نیاز به تاکید مجدد می باشد که کلیه نتایج حاصل، بر مبنای فرضیهایی بوده که در متن مقاله مفصلاً تشریح گردیده اند و در صورتیکه، بنا به دلایلی، در این فرضیه تغییر حاصل شود، می بایست محاسبات تشریح شده در بخشهای بالا، از نصوصورت گرفته و نتیجه گیریهای بر مبنای محاسبات جدید انجام گیرد. این تغییر در فرضیههای اولیه، می تواند در قالب قیمت تجهیزات، هزینه ساختمان و زمین پست و یا پیشنهاد آلترناتیو جدید ظاهر شود.

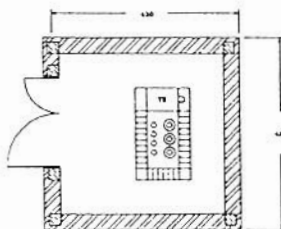


شکل ۱: پلان مبدا

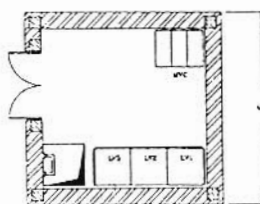


شکل ۲: پلان مبدا

شکل ۲: پلان مبدا، توزیع کابیناها در طبقه مبدا

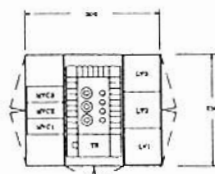


شکل ۳: پلان مبدا

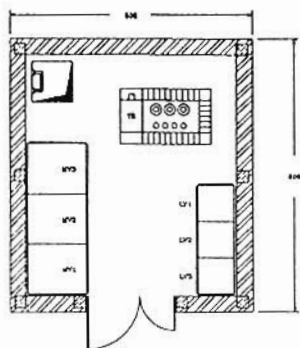


شکل ۴: پلان مبدا

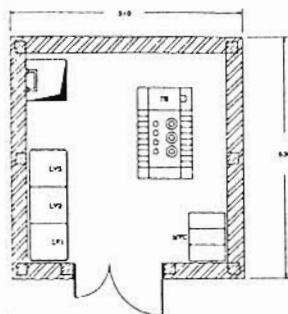
شکل ۴: پلان مبدا، توزیع کابیناها در طبقه مبدا، کابیناها در طبقه مبدا



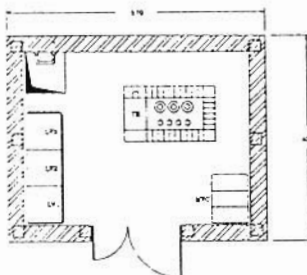
شکل ۵: پلان مبدا، توزیع کابیناها در طبقه مبدا، کابیناها در طبقه مبدا



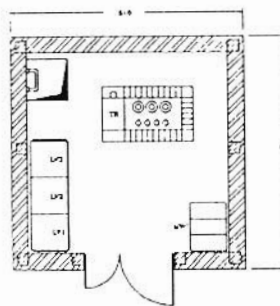
شکل ۶: پلان مبدا، توزیع کابیناها در طبقه مبدا، کابیناها در طبقه مبدا



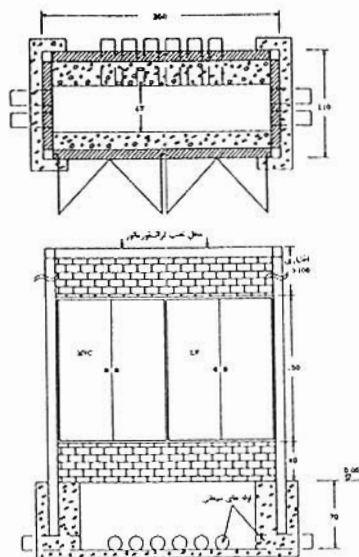
شکل ۷: پلان مبدا، توزیع کابیناها در طبقه مبدا، کابیناها در طبقه مبدا



شکل ۸: پلان مبدا، توزیع کابیناها در طبقه مبدا، کابیناها در طبقه مبدا



شکل ۹: پلان مبدا، توزیع کابیناها در طبقه مبدا، کابیناها در طبقه مبدا



شکل ۱۹- یک نمونه از تجهیزات GIS

منابع

- [۱] "بررسی فنی - اقتصادی پستهای توزیع فشرده"، مرکز تحقیقات نیرو، ۱۳۷۳
- [۲] "استاندارد پستهای توزیع زمینی ۲۰ کیلوولت"، معاونت تحقیقات و تکنولوژی، ۱۳۷۳
- [۳] گزارش سمینار شرکت زمینس تحت عنوان:
"Gas insulated Ring Main Units, Type & DJ10, ۱۳۶۹"
- [۴] گزارش سمینار شرکت پارس تابلودرخصوص پستهای توزیع فشرده
- [۵] کاتالوگهای شرکت زمینس درخصوص تابلوهای فشار متوسط فشرده و پستهای توزیع پیش ساخته فشرده.
- [۶] کاتالوگ شرکت مرلین ژرن درخصوص پستهای توزیع پیش ساخته فشرده.
- [۷] کاتالوگهای شرکت پارس تابلودرخصوص تابلوهای فشار متوسط فشرده و پستهای توزیع پیش ساخته فشرده.
- [۸] گزارش بررسی فنی - اقتصادی شرکت توزیع برق تهران درخصوص پستهای توزیع فشرده، ۱۳۶۹