پست مدولار A

عباس کرمعلی
شرکت فولمن دیستریبوسیون

چکیده:
======
دراین مقاله ،طرحی ازیك پست مدولار Modular ارائه میشود.این پست برمبنای نیازهای کشور ازقبیل ضرورت برق رسانی به مناطق باچگالی بارکم - کاهش هزینه تمام شده - سرعت عمل درنصب ومحظورات حمل ونقل طراحی شده است .

پست مذکور KV 63/20 یا132, Out door بوده، دارای یك خط ورودی وسه خط خروجی است که درصورت لزوم قابل توسعه می باشد. عناصراصلی پست از نوع Conventional است ونظر به انعطاف طرح، می توانند از انواع وسازندگان متفاوت انتخاب شود.نظر به اینکه بسیاری از امورمربوط به نصب درکارگاه مرکزی انجام می گیرد.مدت نصب حدودا" ده روز تخمین زده می شود.

برآورد اقتصادی ، نشان میدهد که قیمت تمام شده ،حداکثر یك چهارم قیمت یك پست Conventional بایك خط ورودی ویك بی ترانس خواهد بود

شرح مقاله :

==========

۱- مقدمه :بررسی اجمالی سرمایه گذاری درصنعت برق نشان میدهد که شبکه توزیع وفوق توزیع درحدود ولتاژ زیر ۱۳۲ کیلوولت ٤٠ تا ٦٠ درصد کل سرمایه به کارگرفته شده درتولید - انتقال وتوزیع راتشکیل میدهد .پستهای فوق توزیع اعم از ۱۳۲و٦۳ کیلوولت به تنهایی ۷/۵ درصد کل سرمایه گذاری درشبکه رابه خود اختصاص داده اند.

درآمار سال ۱۳٦۸کشور، این پست ها باتعداد ۱۰٦۰ ترانس فورماتور۲۲٫۳۰۰مگاولت آمپر ظرفیت داشته اند که مطابق برنامه پیش بینی شده ، باید تاسال ۱۳۷۸ به بیش از ۵۹ هزارمگاولت آمپر افزایش یابد.

باتوجه به حجم سنگین سرمایه گذاری لازم، منطقی است که فلسفه ایجاد ، روند طراحی ، مشکلات ومسائلی که دراحداث این پستها مطرح است همواره مورد بازبینی ودقت قرار گیرد تاچنین سرمایه گذاری گسترده ای بهترین بازده وبهره وری راداشته باشد .مناطق زیرپوشش شبکه راابتدااز نظر چگالی باربه پنج قسمت می توان تفکیك کرد:

الف - چگالی بارخیلی بالا 2 KVA /KM 4000-120000 که مربوط به مصرف کننده های تجاری - صنعتی است .

ب - چگالی بار 8000 KVA/KM2 تا 6000که مختص مصرف کننده های مسکونی متمرکزاست .

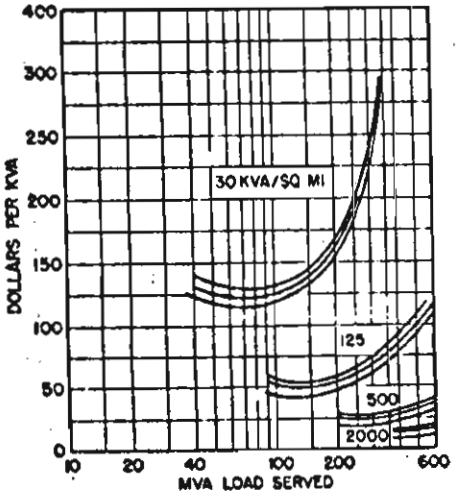
ج - مصرف کننده های شهری وروستایی باچگالی باربالا 2000 KVA/KM2تا 500

د - مصرف کننده های مسکونی وروستایی باچگالی بارمتوسط 430 KVA/KM2تا 120

ه - مصرف کننده های روستایی - کشاورزی باچگالی بارپائین 120 KVA/KM تا 4

درمورد مصارف متمرکز- الف ،ب وج درصورتیکه برق رسانی به آنها بابرنامه ریزی انجام گیرد، می توان بااحتساب پیش بینی بار، نسبت به تعیین مرکز بار وطراحی وساخت پست Conventional دائمی موردنیاز اقدام کرد، درموارد خاص مانند ضرورت برق رسانی سریع یادردسترس نبودن زمین موردنیاز ، آلترناتیوهای دیگری مانند پستهای GIS ، پستهای سیار ، پستهای Compact ومدولار Indoor که به وسیله سازندگان مختلف عرضه گردیده است نیز قابل بررسی است نکته ای که لازم به تذکر است که قیمت هرکیلوولت آمپرپستهای Conventional تابعی ازچگالی بارمنطقه وقدرت پست است باچگالی بارثابت ، قیمت بهینه درحالتهای" الف "تا "ج "وقتی بدست می آید که قدرت انتقالی ۳۰۰ مگاولت آمپر باشد ، اگراین قیمت راصد فرض کنیم ، درقدرت ۱۰۰ تا ۵۰ مگاولت آمپر، نسبت به قیمت بهینه ، ۱۵- ۱۰% افزایش قیمت داریم که معقول است .

د- باچگالی باروستاییی ومسکونی وقدرت نصب شده MVA ۱۰۰ ، این وقم ۳۰۰ ودرمناطق کشاورزی وروستایی ، هزینه مذکور بالغ بر۴۰۰ خواهد بود. باتوجه به اینکه قدرت نصب شده درچنین مناطقی ، به مراتب از۱۰۰MVA کمتراست (چراکه مصرف کننده ای برای این مقدار وجود



شکل ۱ : منحنی مشخصه تغییرات قیمت هرکیلوولت -آمپر انتقالی برحسب چگالی بار وقدرت کل انتقال یافته شامل قیمت ترانسفورماتور وکلیدهاوخطوط انتقال در پست ۶۳/۲۰ کیلوولت

ندارد)هزینه درقدرت MVA ۳۰ به ۵۵۰ ودرقدرتهای پائین ترتا۷۰۰ برکیلوولت آمپرخواهد رسید - منعنی ضمیمه - از آنجا که برق رسانی کلیه روستاهای باجمعیت بالای ۵۰ خانوار دربرنامه پنج ساله دولت منظور گردیده است وروستاهای باجمعیت ۳۰ خانوار نیز تا۱۳۷۷ برقدارخواهند شد واکثریت قریب به اتفاق این روستاها جزمناطق بند " د"و"ه"درتقسیم بندی بالا به حساب می آید، بررسی مشکلات مربوطه ، اهمیت باز هم بیشتری می یابد.

مشکلات وخصوصیات مربوط برق رسانی به مناطق باچگالی بارکم رابه ترتیب زیرمی توان دسته بندی کرد:

- هزینه نسبی ایجاد پست Conventional دراین مناطق فوق العاده زیاداست
- مشکلات حمل ونقل ،راه حلهای موقت از قبیل استفاده از پستهای سیار رادراکثرموارد غیرممکن می کند.
- برق رسانی به این مناطق باولتاژهای متوسط (مشخصا" ۲۰)، تلفات زیادی رادرخط باعث می شود که اولا" بااهداف وزارت نیرو درزمینه کاهش تلفات شبکه از۱۸/۳ درسال ۶۷ به ۱۵/۵ درصد درسال ۷۲ - مغایرت دارد ثانی مشکلاتی رابرای مصرف کنندگان ازنظرافت ولتاژ پیش می آورد که باعث صرف هزینه های غیرقابل توجیهی برای تاءمین ونصب رگولاتورهای ولتاژ میشود.

تجربه کشورهای دیگر - بطورمشخص فرانسه - موید آن است که نصب پست مناسب HV/MV, بهترین راه حل برق رسانی به این مناطق است درفرانسه . هرسال ، ۶۰ پست KV ۶۳/۲۰ به شبکه موجود اضافه می شود که ۲۵ پست ازاین تعداد، برای بالابردن کیفیت برق رسانی به مراکز روستایی مورد استفاده قرارمی گیرد.

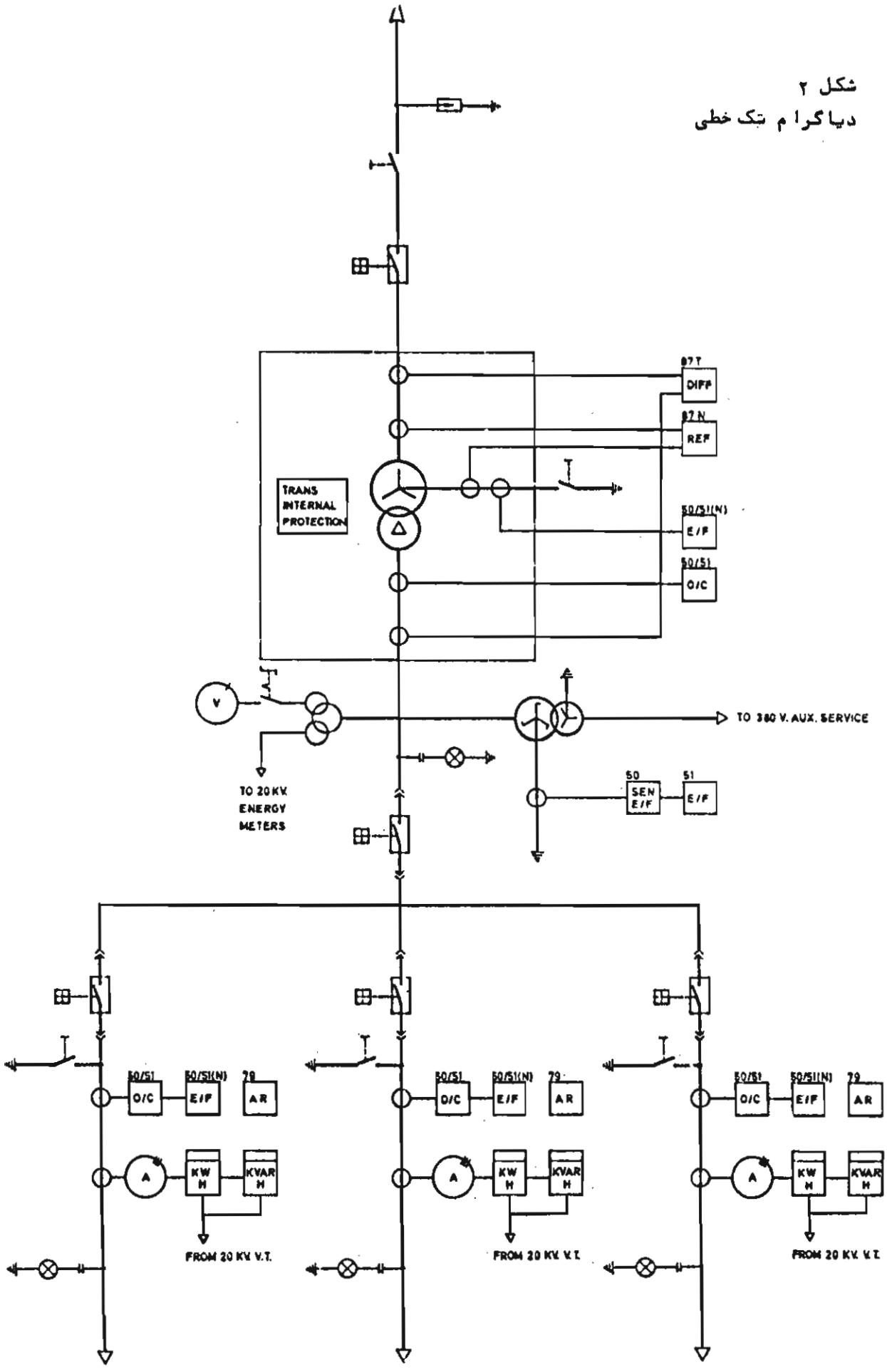
۲- مقایسه پست پیشنهادی بادوگزینه دیگر- پست Conventional وپست سیار

۲-۱- دیاگرام تک خطی

۲-۱-۱- شینه بندی ۶۳ کیلوولت

عواملی که درانتخاب شینه بندی موثرند عبارتند از قابلیت اطمینان سیستم - انعطاف وقدرت مانور درکلیدزنی - قیمت تمام شده ،موقعیت پست درشبکه ومسائل بهره برداری شامل سهولت تعمیرات - امکانات توسعه - به حداقل رساندن تجهیزات وسادگی طرح .پست مدولار طرح شده پست آنتن می باشد وعملا" یک فیدر ۶۳ کیلوولت پست راتغذیه خواهد کرد وضرورتی برای گرفتن انشعاب فشارقوی وجود ندارد ودرپست فقط یک ترانس پیش بینی گردیده است ، باتوجه به اینکه

شکل ۲
دیاگرام تک خطی



یکی ازاهداف اصلی دراین طرح، کاهش هزینه است برای شینه بندی ، فیدردژنکتور ترانسفورماتور درنظرگرفته شده است . به این ترتیب یك دژنکتور ودوسکسیونر مربوط به فیدرخط حذف می شوند.لازم به یادآوری است که چنانچه پست مدولار نزدیك پست ۲۳۰کیلوولت باشد،می توان فرمانهای حفاظت وکنترل رابه دژنکتور آن پست انتقال داد ودژنکتور پست مدولار راحذف کرد، ولی دراغلب قریب به اتفاق موارد این کار امکان پذیر نیست .

آرایش فیدر دژنکتور ترانس دراغلب پستهای بسیار مورداستفاده قرارگرفته است ، ۷۰%پستهای ۶۳ کیلوولت Conventional برق تهران نیزاین شینه بندی رادارند.

۲-۱-۲- تعداد فیدرهای خروجی

درپستهای معمولی باقدرت ترانس MVA ۷/۵ ، استاندارد شده به وسیله برق تهران ، برای هرترانس ۵ فیدرمنظور شده است .آمارنمایانگر آن است که تعداد خرجیهای ۲۰ کیلوولت برای این نوع پستهای بین ۳ تا۵ تغییرمی کند . درپست مدولار پیشنهادی ، ۳ فیدرخروجی درنظر گرفته شده است که درصورت نیاز- مثلا" برای نصب خازن تصحیح ضریب توان - می توان تعداد آنها راافزایش داد.

تعداد خطوط خروجی این پست برمبنای چگالی بارمنطقه - ظرفیت جریانی مجاز خطوط انتقال مجاز، طوری محاسبه شده است که قدرت نصب شده بافرض چگالی باریکسان درمنطقه ، امکان توزیع داشته باشد وافت ولتاژ دورترین نقطه زیر پوشش ، از ۳% تجاوز نکند.محاسبات ومتعنی مشخصه ضمیمه است .

۲-۱-۲- ظرفیت ترانسفورماتور

بررسی آماری نشان میدهد که از مجموع ٤٤٤پست ۶۳ کیلوولت درکشورظرفیت نصب شده ۳۰% آنها کمتر یامساوی ۱۵ مگاولت آمپر می باشند باتوجه به اینکه پستهای مدولار مخصوصا" برای مناطق باچگالی بارکم طراحی شده اند ، ظرفیت MVA ۷/۵ به عنوان کمترین مقدارظرفیت لیست پیشنهادی می شود. ظرفیتهای کمترازاین مقدار، باتوجه به اینکه قیمت هرکیلوولت آمپر هزینه شده برای پست راافزایش میدهد.جزء درمواردخاص قابل توصیه نمیباشد ، درصورت نیاز می توان ظرفیت پست راباتعویض ترانس تا ۳۰ MVA افزایش داد.

۲-۱-٤- حفاظت

بعلت حذف دژنکتورخط، حفاظت پست مدولار با پست Conventional متفاوت است .روش متعارف برای حفاظت ترانس MVA ۷/۵ استفاده از رله جریان زیاد وخطای زمین میباشد . درپست پیشنهادی ضمن اضافه کردن رله دیفرانسیل برای ترانس ، حفاظت بیشتری درمقابل خطای زمین بااستفاده ازرله خطای زمین محدود پیش بینی شده است .

۲-۱-۵- نحوه اتصال نوترال به زمین وتاًمین مصرف داخلی

برای نوترال ٦۳ کیلوولت ، از سیستم متعارف برقهای منطقه ای یعنی نصب سکسیونربین دونقطه صفروزمین استفاده شده باتوجه به اینکه ترانس اصلی ساخت داخل درنظرگرفته شده واین ترانس دارای سیم پیچی باعایق یکنواخت درطول سیم پیچی میباشد ، اتصال یاعدم اتصال نوترال به زمین تنهابستگی به تنظیم رله های حفاظتی دارد.

درمورد طرف ۲۰ کیلوولت ، ازآنجاکه ساخت ترانس دومنظوره مصرف داخلی وزمین دربرنامه تولید ایران ترانسفو قراردارد وبه منظور به حداقل رساندن عملیات ساختمانی ، ترانس مصرف داخلی وزمین مشترك انتخاب شده است . دراکثر پستهای بسیار، از همین نوع ترانس درمنظوره استفاده شده است .برخی از سازندگان پستهای بسیار، از ترانسهای قدرت باسیم پیچی ثانویه ستاره استفاده کرده اندوبه این ترتیب ترانس زمین حذف شده است .

۲-۲-عملیات ساختمانی

عملیات ساختمانی درهرپست معمولی به موارد زیرقابل تفکیك است .

-ساختمان مسکونی وغیرمسکونی - دفتر- انبار- تعمیرگاه - اتاق کنترل

-طراحی فونداسیونهاوپایه ترانسفورماتورها وبرقگیرها - کانال کابلها. - نرده کشی دورسوئیچ یار - آبرسانی - سیستم فاضلاب - راههای ومعابردسترسی و محوطه سازی - ریلها وزیرسازی مربوط به آن وسیستم زمین

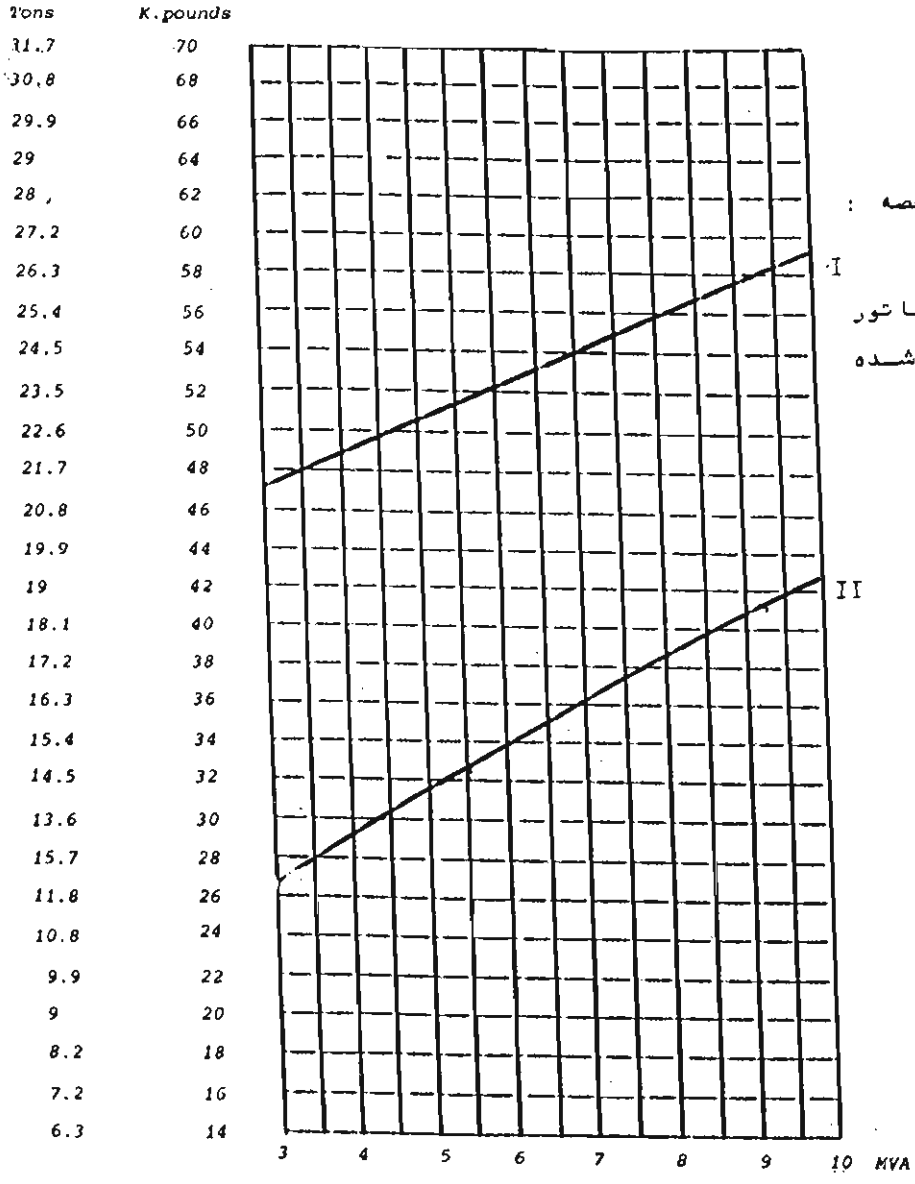
ازموارد فوق .درپست مدولار - ساختمان اتاق کنترل وضمایم آن به کلی حذف میشود.راههاومعابر دسترسی ومحوطه سازی باتوجه به تك بی بودن حداقل است .ریل رامی توان حذف کرد وحتی امکان نصب ترانس روی تراورس وزمین کمپکت شده نیز وجود دارد.

ولی یکی ازبزرگترین محاسن پست مدولار مورد بحث ، صرفه جویی فوق العاده درمیزان فونداسیون است .چنانچه درجانمایی های ضمیمه مشاهده میشود فونداسیون اصلی پست مربوط به

فونداسیون گنتری است ، که دریکی ازجانمایی ها، این فونداسیون نیزفوق العاده کاهش یافته است .
باتوجه به توضیحات فوق ، پست مدولار دراین مورد تنهاقابل مقایسه باپست سیارمیباشد .

۳-۲- جانمایی ومساله ترانسپورت ونصب

پستهای Conventional باپستهای سیار ومدولار ، دراین قسمت تفاوت بنیادی دارند.توضیح آنکه یك پست معمولی باولتاژ وقدرت ذکر شده فوق درطولی برابر با۳۰ تا۴۰ مترگسترده است عرض پست برحسب مورد متفاوت است .وسعت زیاد پست وگستردگی عملیات ساختمانی وفونداسیون ،نصب وراه اندازی پست Conventional راکاری وقت گیروپرهزینه می کند - درمورد پستهای



شکل ۳ منحنی مشخصه :
I- وزن پست سیار
II-وزن ترانسفورماتور برحسب قدرت نصب شده

سیاروتیمه سیار، کارساختمانی وفونداسیون ، مقدار ناچیزی است - مسئله مهم دراین پستها، مشکل ترانسپورت است .باتوجه به جدول ضمیمه ، واضح است که بسیاری ازمناطق فاقد جاده مناسب برای حمل ونقل این پستهامی باشند . به جزء وزن پست سیار، ابعادآن نیزمشکلاتی برای ترددایجاد می کند دراین زمینه ، بعضی از سازندگان پستهای نیمه سیاری ارائه داده اند که تااندازه ای ازطول می کاهد. برای کاهش ارتفاع درولتاژهای حدود ۳۴ کیلوولت از ترانسهای Shell type استفاده شده است ولی این امکان درولتاژ ۶۳ وجودندارد، ایده مدولار کردن پست مسئله ترانسپورت رابه نحومطلوبی حل می کند، به این ترتیب که عناصرمتشکله پست ، به تفکیک به محل استقرارنهایی حمل می شوند.درمقایسه باپستهای سیار، منحنی دوم نشان دهنده وزن ترانس (به عنوان بزرگترین وسنگین ترین عنصرپست)نسبت به قدرت آن است .درقسمت ۲۰ کیلوولت ، از سلولهای ۲۰ کیلوولت کشویی WITHDRAWABLE که تکنیک ساخت آنها درکشور موجوداست استفاده شده است .کلیه رله ها ومدارات کنترلی مربوط به این فیدرها، درقسمت بالای کلید درهمان سلول قرارمی گیرد ویک سلول نیزاختصاص به فیدر ۶۳ کیلوولت ورودی دارد.این سلولها دراطاقکی فلزی نصب شده اند که شامل باطری وباطری شارژر وکلیه تجهیزات متفرقه می باشند.

۴-۲-مقایسه ازنظرقیمت تمام شده

باتوضیحات فوق، بررسی قیمتی پست Modular با Conventional رابه شرح زیرمیتوان خلاصه کرد.

۱- هزینه پست مدولار درمقام مقایسه باپست Conventional ، بین ۱/۴ تا۱/۳است .

۲-زمان بری امورمربوط به نصب پستهای مدولار ، حدود ۳۳٪ پست مشابه Conventional است که می توان اکثرآنرا درکارگاه انجام داد وعملا" نصب آن درحدود ۱۰ روز امکان پذیراست .

۳-خلاصه :

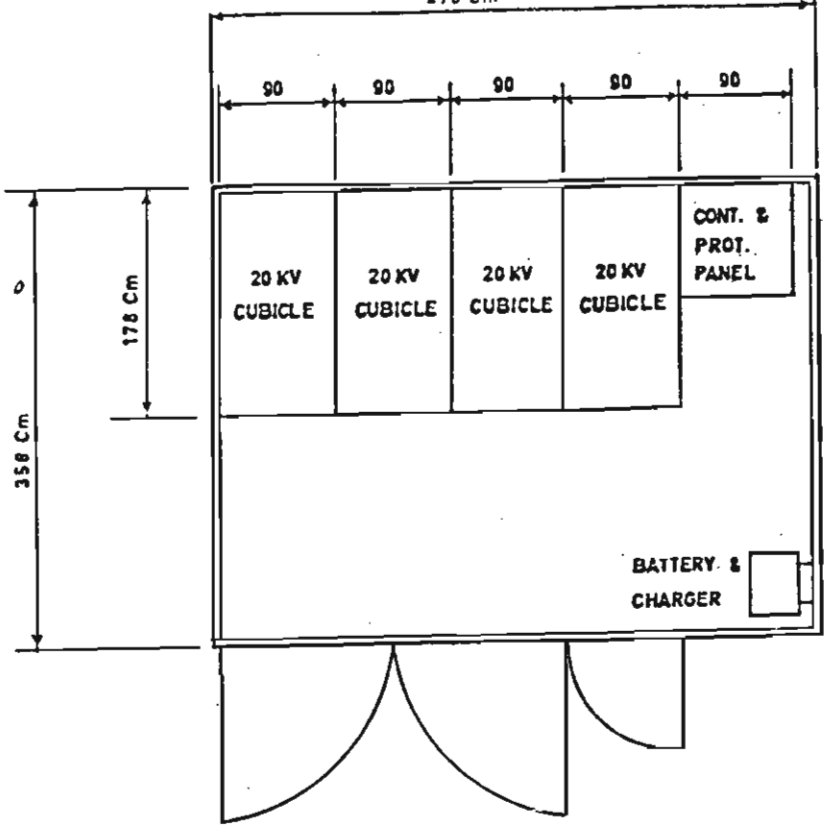
درمناطقی که چگالی بارپائین است وگسترش شبکه وبالا بردن کیفیت برق رسانی وکاهش تلفات خطوط ، ضرورت ایجاد پست HV/MV رااجتناب ناپذیرمی کند، پستهای Conventional به دلیل بالابردن قیمت هرکیلوولت آمپر، اقتصادی نیستند. درضمن بالابردن قدرت این پستها نیزبدلیل آنکه تامدتها امکان بهره گیری از تمام قدرت نصب شده فراهم نیست ، قابل توصیه نمیباشد.درچنین مواردی ، پست مدولار ، که هزینه تمام شده کمتری دارد ونصب آن بسیارآسانتر بوده ودرزمان کوتاهترامکان پذیراست آلترناتیو مناسبی است . باتوجه به Modularبودن این پست ، می توان قطعات مختلفه آنرابراحتی حمل ونقل کرد وازاین لحاظ برپست سیارکه احتیاج به جاده های مناسب داردارجحیت دارد. درضمن پست مدولاررامی توان درموارد لازم ، براحتی سبک آوری وبه نقطه دیگری انتقال داد.

پست مدولار ، باامکان انجام بسیاری ازامور نصب درکارگاه مرکزی، امکان استفاده از پرسنل مجربتررافراهم می آورد. سرعت عمل درنصب وپیش ساخته بودن قسمت کنترل وMV ، ازدیگرمحاسن آن است . انعطاف جانمایی های ارائه داده شده ، استفاده از عناصرواجزای ساخت سازندگان مختلف راامکانپذیرمی کند.درمواردی که سرعت عمل برق رسانی موردنظراست ، باتوجه به زمان ناچیزنصب ، می توان ازآن برای برق رسانی به مجتمع هاومراکز باچگالی باربالا نیزاستفاده کرد.درچنین مواردی پست مدولار تنهاباپست سیارازنظر سهولت قابل مقایسه است .

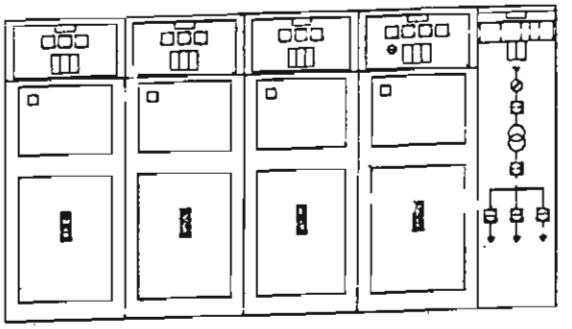
منابع ومآخذ:

1-Distribution systems , Westinghouse
2-Cigre ,1986 ,HV/MV substations,A new industrial product based on compartimented modular indoor substations by J.P masson (ALSTHOM) & G DE la selle (MERLIN -GERLIIN).
3-B.B.C -package substation system,type ENK 72.5 KV bublication NO DSI 112980E & DSI 116881E
4-ASEA, information leaflet ,may 1980.factor assembled substation & Distribution centers.
5-ASEA,integral transformer substation , information KD 910-103 E june 1980
6-MC graw -Edison ,modular,Substations ,Feb 19/69
7-Nissan electric company,Specification for 63KV mobile substation equipment ,Feb 1981

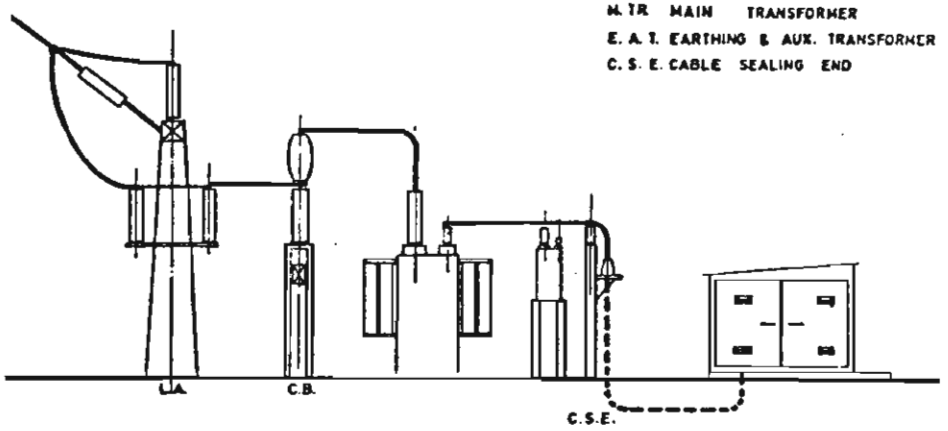
۸-برنامه ریزی پنج ساله صنعت برق ۱۳۷۲-۱۳٦۸- دفتربرنامه ریزی برق
۹-صنعت برق کشوردرسال ۱۳٦۸- دفتربرنامه ریزی برق
۱۰-برآورد حداکثر بارمراکزمصرف شهری وروستایی شرکت برق منطقه ای گیلان
۱۱-پستهای مدولار - مهندسی ارسی - مهندس محدودی

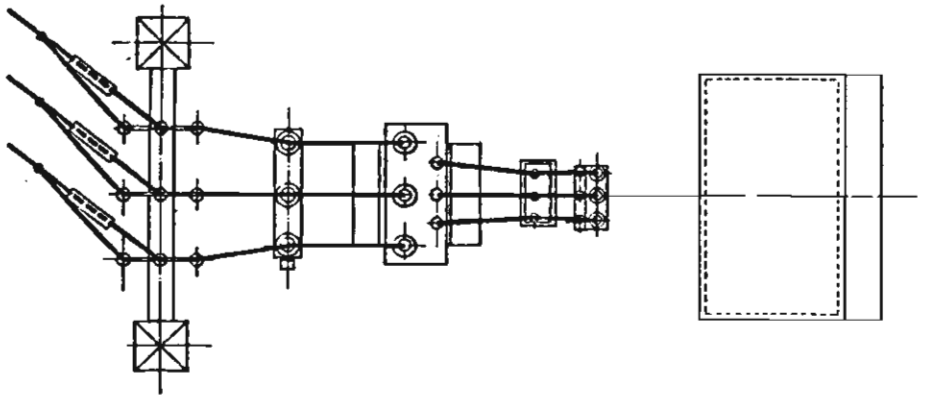


* شکل ۴ اطاق فیدرهای ۲۰ کیلو ولت و تجهیزات فشار ضعیف

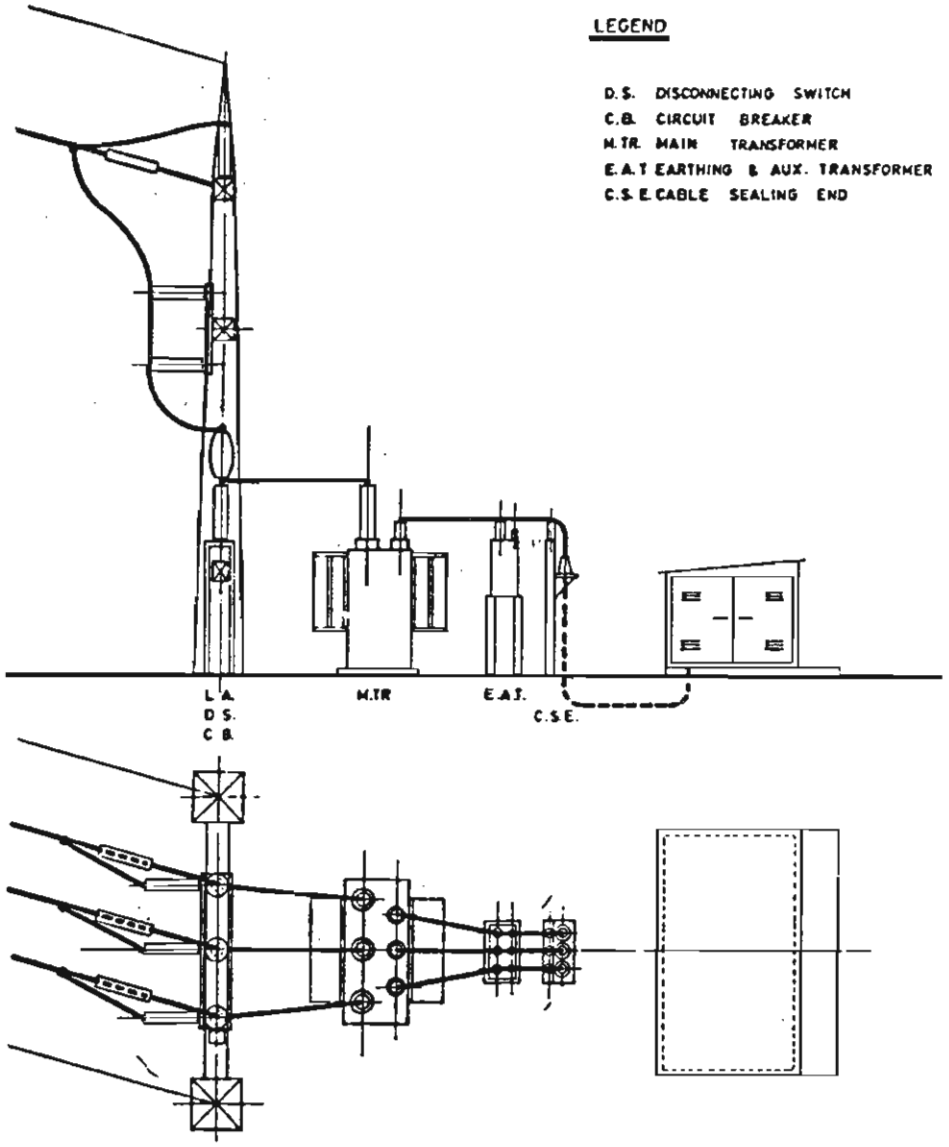


* شکل ۵ نمای روبروی تابلوهای ۲۰ کیلو ولت و کنترل

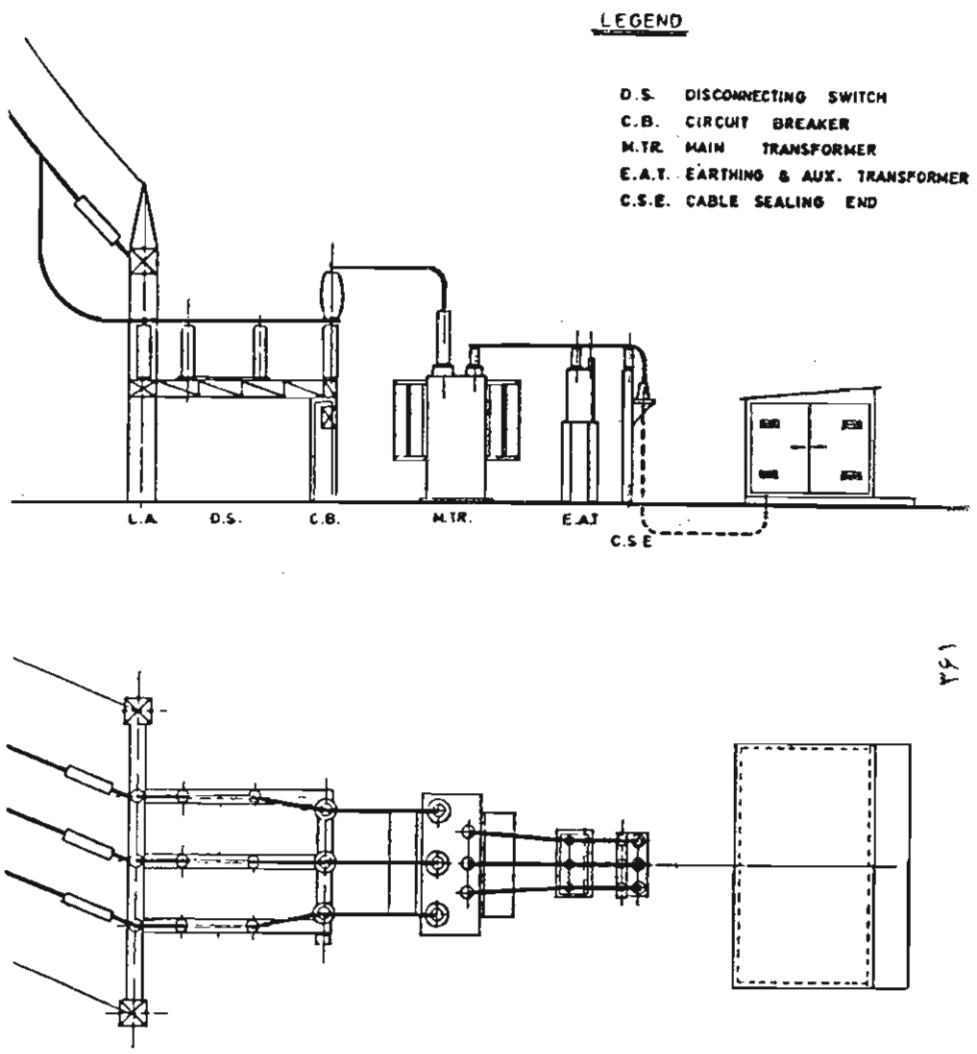




* شکل ۶ جانمایی پست مودولار ـ گزینهٔ ۱



* شکل ۸ جانمایی پست مودولار گزینهٔ ۳



* شکل ۷ جانمایی پست مودولار- گزینهٔ ۲

ضمیمه

محاسبه تعداد MINIMUM خروجی ها

فرض می کنیم که تعداد n فیدر، خروجی های پست راتشکیل بدهند، بافرض توزیع یکنواخت باردرمنطقه خواهیم داشت .

n = تعداد فیدر

x = فاصله پست توزیع تامرکزپست

$\theta = \frac{360}{2N}$ = نصف زاویه پوشش هرفیدر

K = درصد افت ولتاژبه ازای (کیلومترxولت -آمپر)

D = چگالی بارمنطقه

A = بارمنطقه هاشورزاده $= \int 2x \operatorname{tg}\theta \, dx$

بارپست توزیع 2 xفاصله تانقطه a + بارپست توزیع 1xفاصله آن تا A= افت ولتاژدرنقطه A

(.....+مساحت نقطه هاشورزاده KD(Xx افت ولتاژ درنقطه b

$$b \text{ افت ولتاژدرنقطه } = KD \int_0^{S_n} x(2x\operatorname{tg}\theta)dx = 2/3\ KD\ S_n^3\ \operatorname{tg}\left(\frac{360}{n}\right)$$

باتوجه به اینکه مساحت زیرپوشش هرفیدر .An= $S_n^2 \operatorname{tg}\frac{360}{n}$ میباشد ، خواهیم داشت

b افت ولتاژ درنقطه $= 2/3\ S\ K\ DAn$

بفرض داشتن قدرت پست (KVA)، می توانیم معادله فوق را بصورت زیر بنویسیم :

$$S_n \quad n^{3/2} \quad D^{3/2} \quad An$$

افت ولتاژ درنقطه b = 2/3 K ----------

$$n^{3/2} \quad D^{1/2}$$

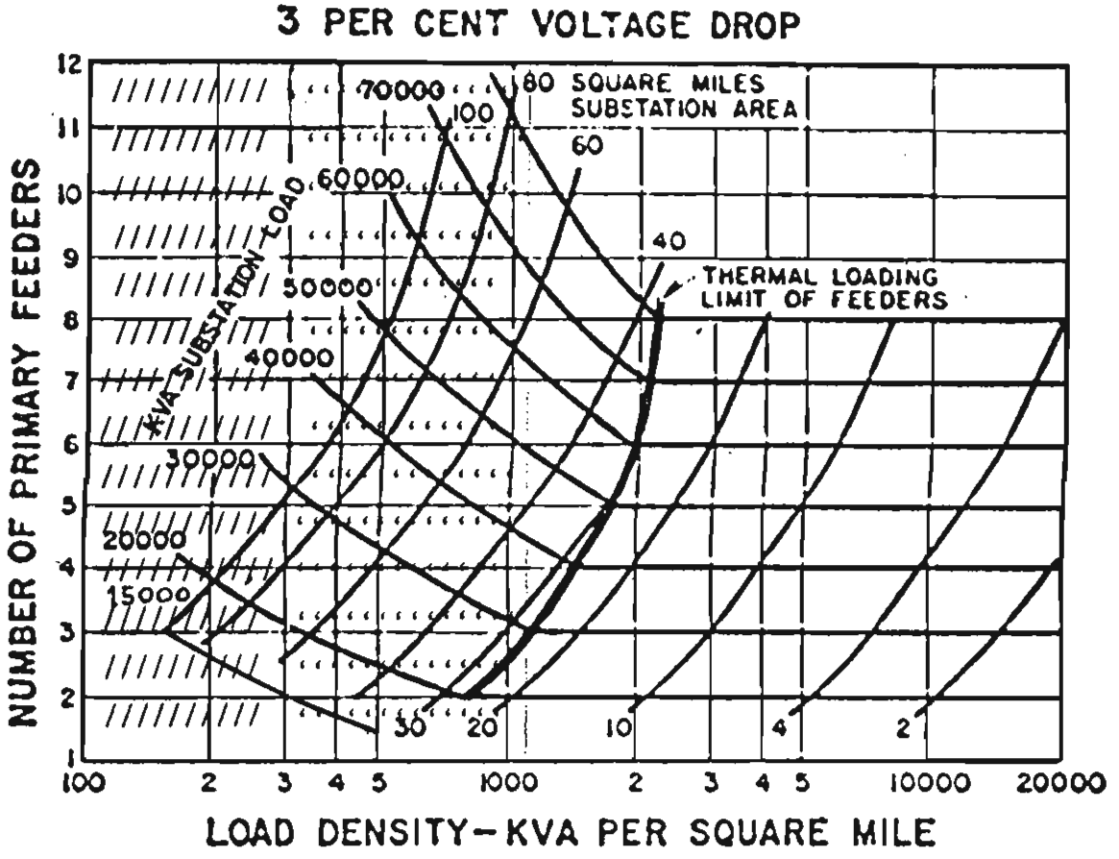
A_n = مسافت زیرپوشش هرفیدر = $S_n^2 \, tg\theta$

بافرض قدرت پست (KVA)، معادله فوق رابصورت زیرمی نویسیم .

افت ولتاژ درنقطه b = $\frac{2}{3}$ [(KVA)$^{3/2}$ 3/2 K / $n^{3/2}$ $D^{1/2}$ (tg θ)$^{1/2}$

بامعادله فوق وبه ازای فرضی افت ولتاژ ثابت ، سلسه منحنی هایی بدست می آید که بااستفاده از این منحنی ها، می توان مقداربارکه از هر پست با تعداد فیدرثابت خروجی قابل برداشت است بدست آورد.

بافرض افت ولتاژ ۳٪ قدرت ترانس حداکثر ۲۰ MVA وچگالی باردرمنطقه ۳ تا۵ تعریف شده قبلی ، تعداد ۳ تا٤ فیدربرای این پست کفایت می کند ، منحنی ضمیمه مشخص کننده نقاط کار پست مدولار موردبحث میباشد.



منحنی مشخصه تعداد خروجیهای لازم پست بر حسب چگالی بار و قدرت نصب شده

/// : مربوط به ناحیهٔ (هـ)

،،، : مربوط به ناحیهٔ (د)