پک

پستهای پکیج

فرستنده: مصطفی خاکباز

POWEREN.IR

مقدمه :

امروزه با گسترش علوم و تکنولوژی عرصه رقابت در ساخت تجهیزات مدرن که بتوانـد در عرصـه های مختلف زمینه را برای رشد و شـکوفایی کشـور هـا فـراهم کنـد آغـاز شـده اسـت . امـروزه مهندسین در رشته های مختلف علمی با حمایت دولتمردان خود به تحقیق در مسائل گونـاگون می پردازند . تا بتوانند گوی رقابت را از دیگران بربایند و خود را به عنـوان قطـب بـزرگ علمـی جهان مشخص کنند .

جزوه حاضر بر اساس تلاش های مستمر این جانب در مدت 5 ماه تهیه شده است در مورد ایـن پروژه باید گفت که یکی از پروژه های روز دنیا می باشد و امروزه اکثر کشور های صنعتی جهـان از این فن آوری استفاده می کنند بدلیل این کـه ایـن پـروژه یـک پـروژه ی تجـاری مـی باشـد بسیاری از شرکت های بزرگ سعی می کنند از یکدیگر در این عرصه سبقت بگیرند .

فصل اول :

نقش پست ها در شبکه قدرت :

1-1) معرفی پست پکیج و روش انتخاب آن :

با پیشرفت علم و تکنولوژی و افزایش روز افزون مصارف انرژی الکتریکی و همچنین نیاز به تامین مطمئن آن موجب شده است تا شرکت های سازنده انرژی الکتریکی به فکر ساخت تجهیزات مدرن تهیه و توزیع انرژی الکتریکی شوند.در این میان سیستم های توزیع برق فشار متوسط / ضعیف(MV/LV) اهمیت ویژه ای در مصارف شهری و صنعتی دارند.در روش های مرسوم قدیمی این سیستم ها را با یک ساختمان معمولی می ساختند که تجهیزات در داخل آن قرار می گرفت.ولی امروزه به دلیل افزایش سریع مصارف انرژی الکتریکی و نیازبه ساخت و احداث اقتصادی آنها پست های پکیج (pad mounted substation) پا به عرصه سیستم های توزیع فشار متوسط / فشار ضعیف گذاشته اند.در این سیستم ها علاوه بر هدف اصلی تبدیل سطح ولتاژ و حفاظت تجهیزات مورد اطمینان از کارکرد صحیح ایمنی پرسنل بهره بردار و عابرین از لحاظ مسائل عایقی و غیره مد نظر قرار گرفته است .

پست های توزیع برق بخش مهمی از شبکه های توزیع انرژی الکتریکی را تشکیل داده و حجم قابل توجهی از سرمایه گذاری را در این بخش به خود اختصاص می دهند.این پست ها به دو صورت زمینی و هوایی نصب می گردند.

پست های هوایی از ظرفیت های کوچک (اکثرا تا 315و به ندرت تا 500 تا 630 کیلو ولت آمپر) مورد استفاده بوده و نتیجتا در مناطق با تراکم بار کمتر به کار می روند.این مناطق شامل روستا ها و شهرهای کوچک و یا حاشیه شهرهای بزرگ و یا مناطق شهری با تراکم کم می باشند . پست های زمینی عمدتا در ظرفیت های بالا (از 500 تا 1600 کیلو ولت آمپر) به کار برده شده و نتیجتا در مناطق با تراکم بار زیاد مورد استفاده قرار می گیرد.

این مناطق شامل شهرهای بزرگ با تراکم بار بالا می باشند.در چنین مناطقی به دلیل جمعیت زیاد و تراکم بالا کمبود زمین مناسب برای احداث پست و همچنین هزینه سرسام آور آن یکی از معضلات گسترش شبکه های توزیع می باشد . با توجه این مسائل لزوم بررسی همه جانبه در خصوص نحوه طراحی پست های توزیع و تجدید نظر در طرح های استاندارد شده قبلی بیش از

پیش احساس می گردد.به طوری که این تجدید نظر در جهت کاهش هرچه بیشتر سطح زمین مورد نیاز جهت احداث پست های توزیع زمینی صورت بگیرد.

این کار به دو طریق زیر انجام می پذیرد :

الف- کاهش ابعادی پست های زمینی با استفاده از تجهیزات فعلی و با ارائه طرح های جدید استقرار تجهیزات درآنها

ب- استفاده از تجهیزات با تکنولوژی مدرن که حجم کمتری را اشغال می کنند . اصطلاحا به پست هایی با این تجهیزات پست های فشرده توزیع می گویند.

جهت مقایسه این دو روش و انتخاب بهترین آنها بررسی فنی-اقتصادی صورت گرفته که نتیجه آن در این قسمت ارائه می گردد.

1-2) انجام مقایسه اقتصادی برای آلترناتیوهای مختلف پست های توزیع زمینی

نحوه انجام بررسی اقتصادی :

در این بررسی ابتدا آلترناتیوهای مختلف جهت طرح پست های توزیع زمینی مورد مطالعه قرار گرفته و در نهایت چهار گروه عمده جهت انجام مقایسه اقتصادی تعیین می گردد . این چهار گروه عبارتند از:

الف- پست های توزیع زمینی که با تجهیزات معمولی طراحی می گردند.

ب- پست های توزیع زمینی که در آنها از تابلوهای فشار متوسط sf6 (با ابعاد کوچک) استفاده شده و سایر تجهیزات به کار رفته در آنها مانند پست های معمولی می باشند.

ج- پست های توزیع فشرده کیوسکی معروف به compact substation که در آنها از تابلوهای فشار متوسط sf6 و فشار ضعیف کمپکت استفاده گردیده است.و بقیه تجهیزات نیز از مدرن ترین و جدیدترین تجهیزات می باشند.در این پست ها کلیه ی تجهیزات در داخل کیوسک فلزی و بتنی و... قرار داشته و به دلیل فشرده بودن زمین زیادی را اشغال می کنند.همچنین آنها را می توان در معابر عمومی و گذرگاه هایی که فضای کافی و مناسبی داشته باشند نصب نمود.

د- پست های توزیع فشرده با پکیج معروف به pad mounted substation که در آنها از تابلوهای فشار متوسط و فشار ضعیف و ترانس های کمپکت استفاده شده است و دارای ابعاد

کوچکی می باشند.از جمله مزایای این پست ها می توان به سادگی نصب و راه اندازی و فضای زمین کم و عدم نیاز به تعمیر و نگهداری و... اشاره نمود.از این پست ها می توان در محل برج ها و مجتمع های مسکونی و پروژه های نفتی و پتروشیمی و معابر باریک و عریض شهری در مواردی که ابعاد زمین محدود و قیمت زمین بالاست استفاده نمود.

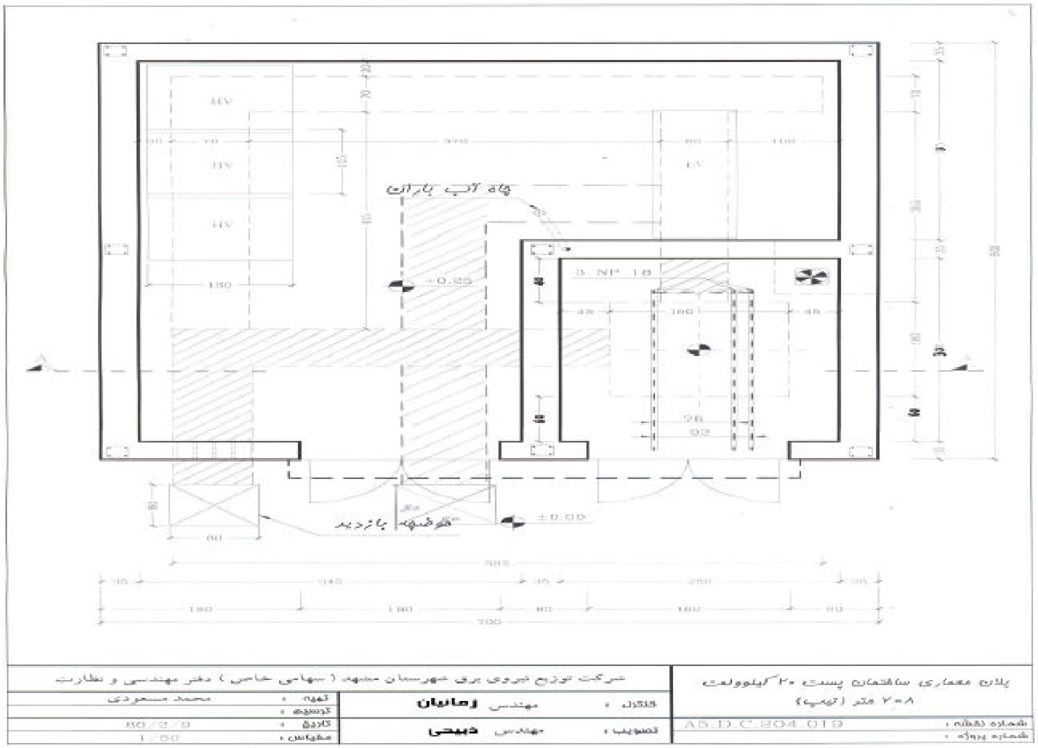
1-3) طرح های پست های توزیع زمینی :

کلیه ی آلترناتیوهای زیر برای پست های توزیع تک ترانسفورماتوری با حداکثر ظرفیت 800 کیلو ولت آمپر انتخاب شده اند.

الف- پست های توزیع زمینی با تجهیزات معمول :

تیپ (الف-1) : شامل پست ها استاندارد معمول است که در اکثر شرکت های توزیع مورد استفاده می باشد.این پست ها در ابعاد(6*6)(8*6)(10*6)(6*12) متر بوده که جهت انجام مقایسه در این بررسی متوسط آنها یعنی پست های توزیع زمینی(8*7) انتخاب گردیده اند.ساختمان این پست ها یک طبقه بوده که در طبقه همکف تجهیزات پست نصب شده و اکثرا نیز دارای زیر زمین (بصورت نیم طبقه) جهت عبور کابل ها می باشند.در موقع انجام محاسبات اقتصادی زیر زمین به صورت یک طبقه کامل منظور می شود.پلان این طرح مطابق با شکل(الف-1) می باشد.

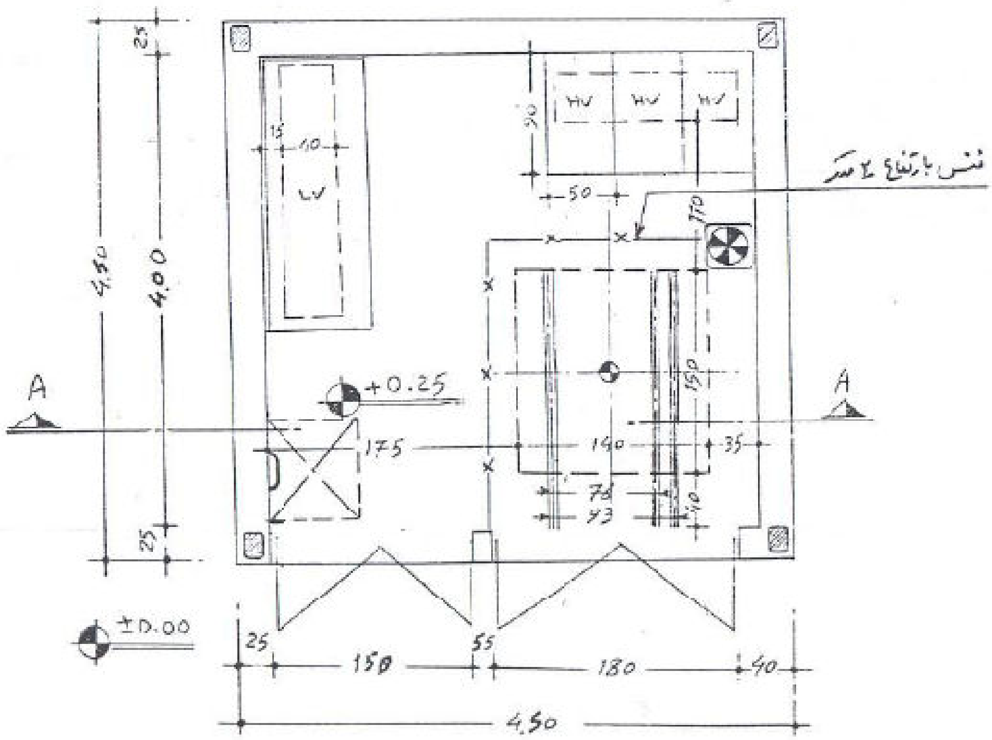
پلان طرح (الف-1)



ب- پست های توزیع زمینی با تابلوهای فشار متوسط sf6 فشرده :

تیپ (ب-1) : این نوع از پست مشابه پست های معمولی می باشد با این تفاوت که دارای تابلوی فشار متوسط sf6 فشرده می باشد که با توجه به کم شدن حجم تجهیزات ابعاد پست نسبت بـه پست های معمولی کوچکتر گردیده است . پلان این طرح مطابق با شکل (ب-1) و ابعاد آن برابر (4/5*4/5) متر می باشد.

پلان طرح (ب-1)



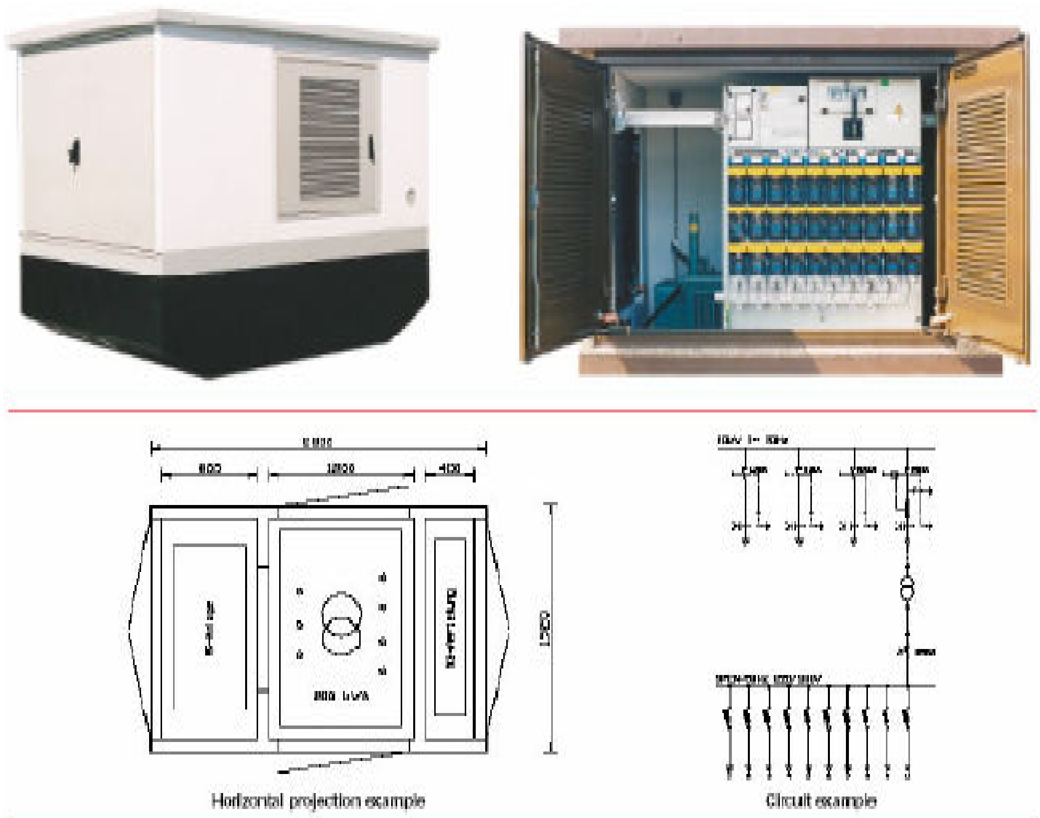
ج- پست های توزیع فشرده کیوسکی :

تیپ (ج-1) الی (ج-6) :شامل پست توزیع فشرده کیوسکی که پلان آن مطابق شکل(ج-1) و ابعاد در حدود(3*2) متر و در مواردی با دو دستگاه ترانس تا (5/4*2) متر می باشد.

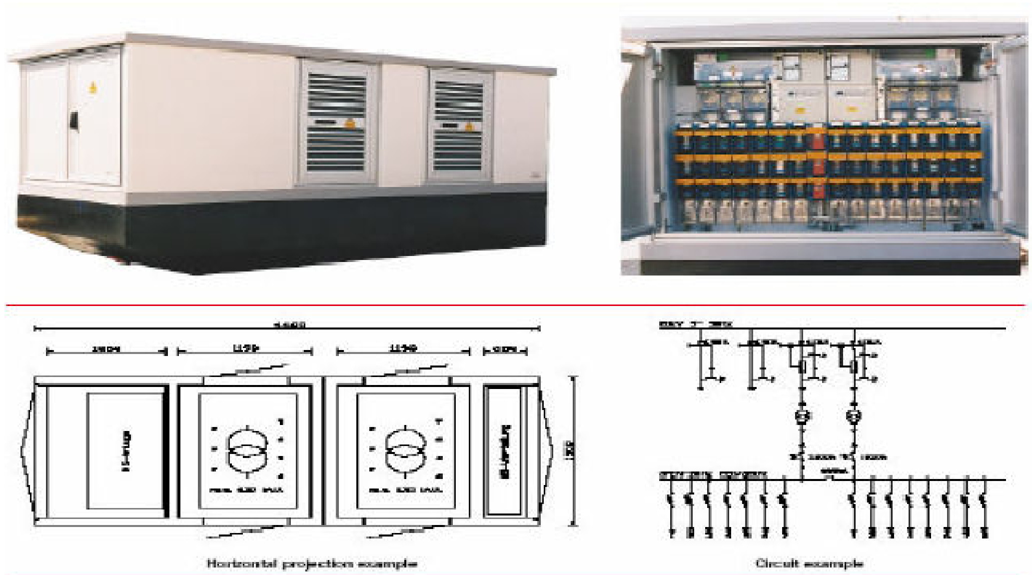
از آنجا که این پست ها باید در محلی نصب گردند که از همه جهات قابل دسترسی باشند لذا به همین منظور می بایست حداقل فضای خالی را در اطراف پست منظور نمود.این فضای خالی باید به اندازه ای باشد که متصدیان مانور و بهره برداری بتوانند به تابلوهای فشار ضعیف و متوسط و همچنین ترانسفورماتور دسترسی پیدا کنند.طبق استاندارد این فضای خالی برای تابلوهای فشار متوسط 1/5 متر و برای تابلوهای فشار ضعیف 1/3 متر می باشد.برای ترانسفورماتور نیز با در نظر گرفتن در محفظه ی آن حداقل فضای خالی 1/5 متر منظور شده است.لذا با توجه به این موارد حداقل ابعاد فضای مورد نیاز جهت نصب این پست ها(5*4) متر می باشد.این فضا حداقل

فضایی است که می توان در یک محیط این پست را نصب و بهره برداری نمود.همان طور که ملاحظه می گردد زمین مورد نیاز جهت نصب پست(ب-1) می باشد و تجهیزات مورد استفاده در هر دو پست تقریبا یکسان می باشد.نتیجتا نصب این پست ها در محیط های سربسته و محصور پرهزینه تر بوده و دارای صرفه اقتصادی نمی باشد.و بر خلاف ادعای سازندگان این پست ها که امکان نصب در فضاهای محصور (همچون زیر زمین) در زمره مزایای چنین پست هایی عنوان می نمایند به دلایل اقتصادی چنین کاری توجیه پذیر نبوده و توصیه نمی گردد.در بررسی حاضر نیز چنین آلترناتیوی در نظر گرفته نشده و بررسی این پست ها فقط برای حالتی که در مکان هایی که زمین برای پست در نظر گرفته شده نصب می شوند صورت می پذیرد.

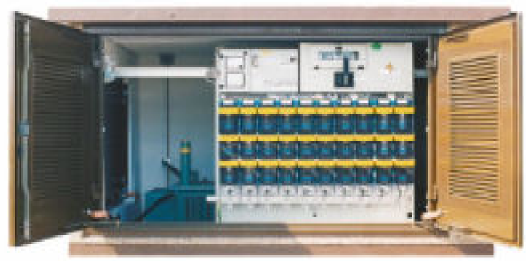
پلان طرح(ج-1)

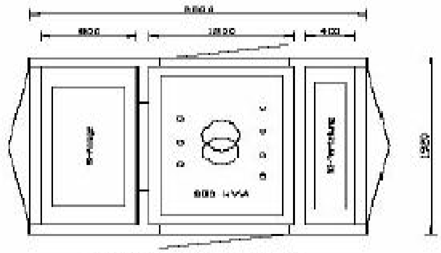


پلان طرح(ج-2)

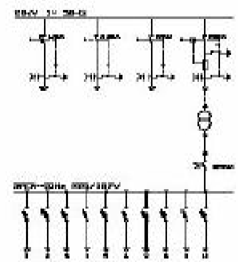


پلان طرح(ج-3)





Horizontal projection example

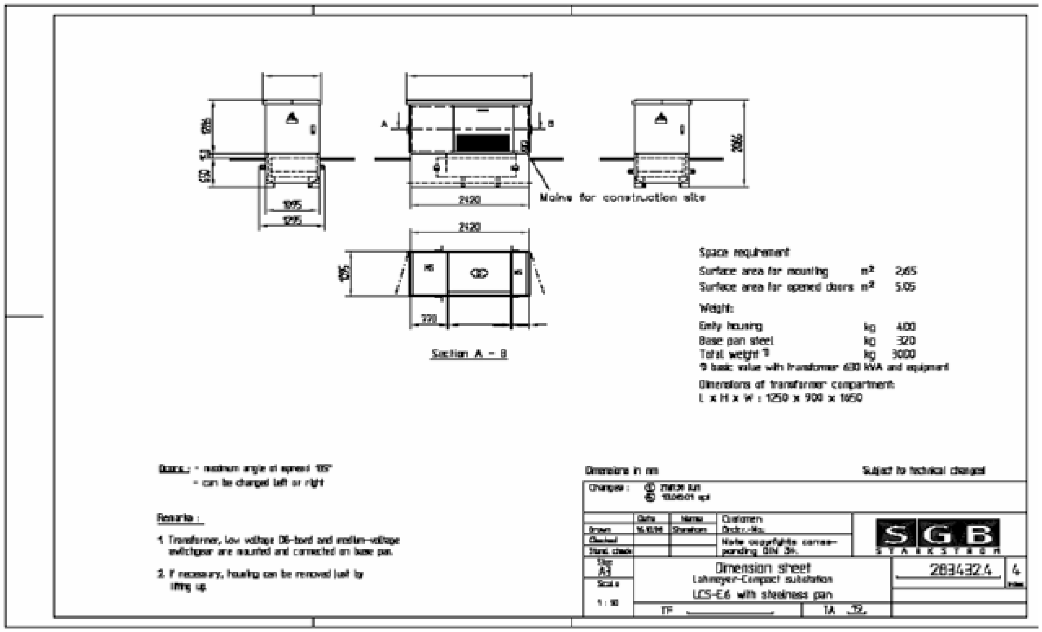


Circuit example

پلان طرح (ج-4)

Lahmeyer-Compact-transformer substation®

type LCS-E.6

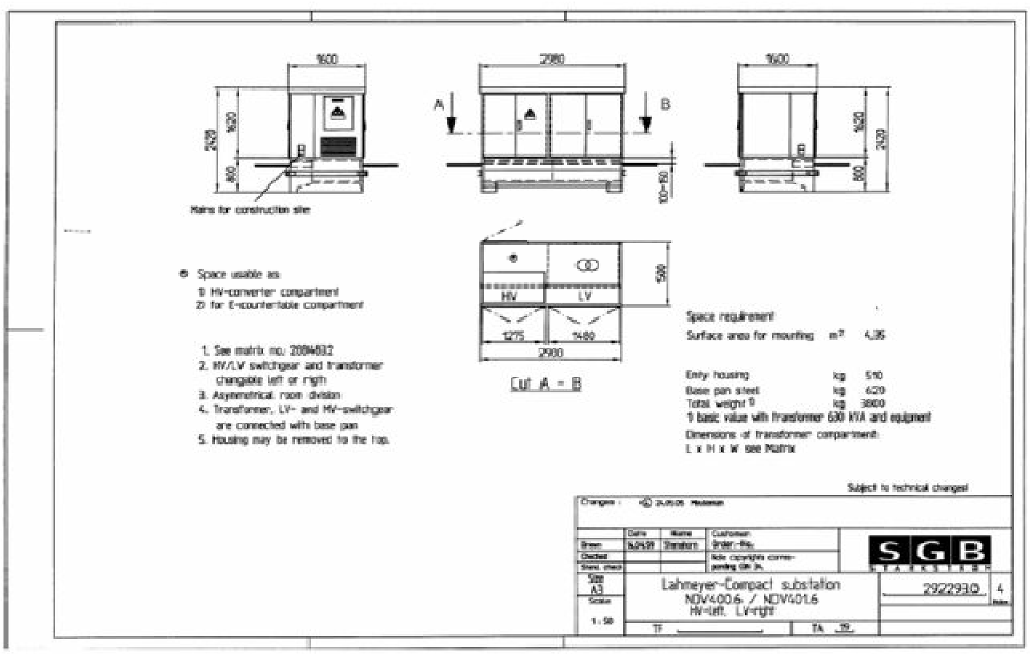


2120
1095
1295
Maine for construction site
Section A - B
Space requirement
Surface area for mounting m² 2,65
Surface area for opened doors m² 5,05
Weight:
Empty housing kg 400
Base pan steel kg 320
Total weight kg 3000
Dimensions of transformer compartment:
L x H x W : 1250 x 900 x 1650
Remarks :
Dimensions in mm
Subject to technical changes
Changes :
Date
Name
Customer
Order.-No.
Drawn
Checked
Dimension sheet
Lahmeyer-Compact substation
LCS-E6 with steelness pan
2834324
Scale
1 : 50
SGB

پلان طرح (ج-5)

Lahmeyer-Compact-transformer substation®

type NDV 400.6 / 401.6



پلان طرح(ج-6)

LAHMEYER-Compact-transformer substation®

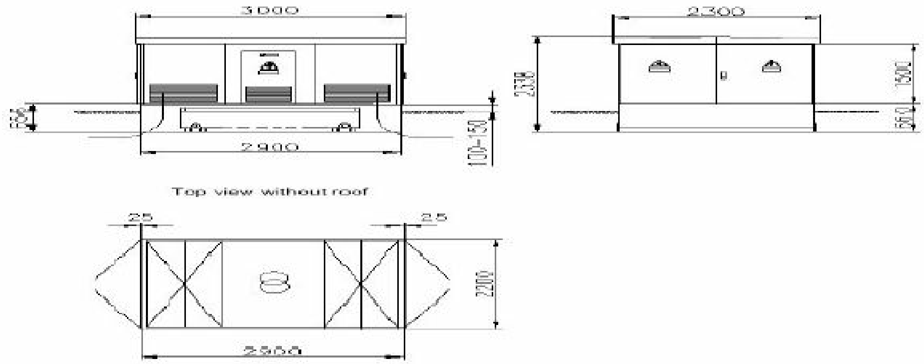
types NDV 1600 and 2500

SGB STARKSTROM

LAHMEYER-Compact substation®
NDV 1600 / NDV 2500

6. Dimensions and weights

NDV1600



required space

set up area : 6,38 m²
area with opened doors : 10,60 m²

weights

housing alone : 1500 kg

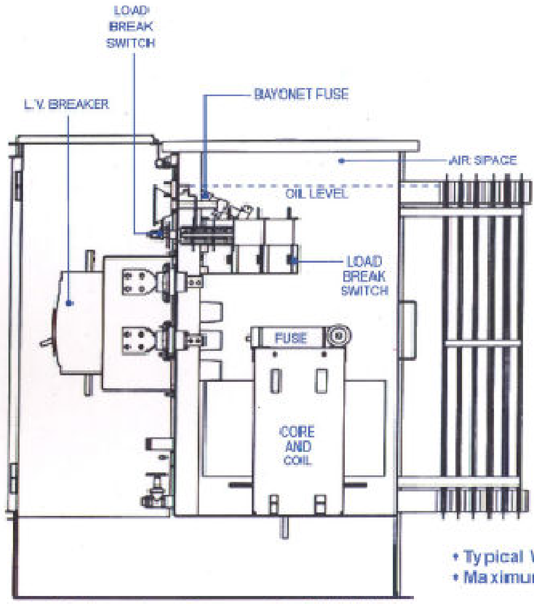
total weight : 6500 kg (appr. value with transformer 1600 kVA and equipment)

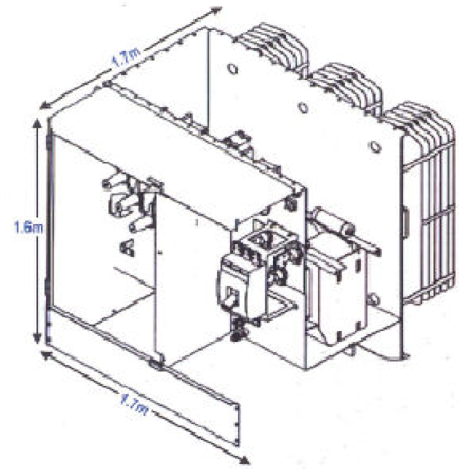
SBG Neumark GmbH
08492 Neumark, Po Box 1142
Tel.: +49 37600/83-0
Fax: +49 37600/3414

د- پست های توزیع فشرده یا پکیج معروف pad mounted substation :

تیپ(د-1) : شامل پست های توزیع فشرده یا پکیج بوده که پلان آن مطابق شکل(د-1) که ابعاد آن در حدود (3*2) متر می باشد. کاهش هزینه زمین مورد نیاز نصب به علت کاهش ابعاد زمین به 6 متر ربع - کاهش هزینه های خدمات مهندسی و راه اندازی و کاهش هزینه های زمان نصب و راه اندازی از جمله مهمترین مزایای استفاده از این نوع پست ها می باشد که در ادامه به بقیـه ی مزایا نیز اشاره خواهد شد . اما این پست ها دارای معایبی نیز می باشند که استفاده از آنهـا را محدود می کند که در ادامه با آنها اشاره خواهد شد.

پلان طرح (د-1) :





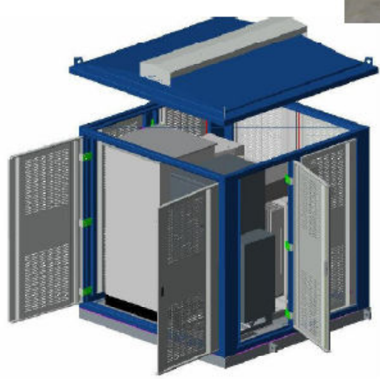
- Typical Weight of 500kVA Unit Shown - 2,900kg
- Maximum Space Required for 500kVA Unit Shown - 2.9m²

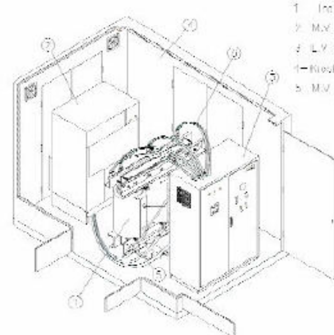
Typical Dimensions Shownare for 500kVA Unit

UNIT	WIDTH	HEIGHT	DEPTH	WEIGHT
800kVA	1.8	1.7	2.3	4300kg
1000kVA	2.1	1.8	2.3	4600kg
1600kVA	2.1	1.8	2.5	5800kg
3000kVA	2.3	1.8	3.0	7000kg

On a small island between a fast food drive-thru & the road

In the parking lot at the back of a shopping mall





این نوع پست ها با هدف محدود و حداقل کردن فضای نصب همزمان با رویکرد اقتصادی ساخته شده اند و معمولا در شبکه های فشار متوسط با ولتاژ 33kv , 20kv , 11kv مستقر شده و سیستم فشار ضعیف 400v را تغذیه می کند.از طرفی دیگر این پست ها می توانند به صورت کامل زیر زمین و روی زمین و یا بخشی از آن روی زمین و بخش دیگر زیر زمین طراحی و استفاده می شود.این پست ها می توانند بسته به شرایط اقلیمی و نصب و بهره برداری به صورت outdoor یا indoor طراحی و ساخته شود . از جمله مشخصات عمومی این پست ها مدولار بودن آنها – حداکثر ایمنی جهت عابرین و پرسنل بهره بردار و چیده مان بهینه و فشرده اجزا و اتصالات می باشد.علاوه بر این پست های پکیج دارای مزایای ذیل می باشد:

1- مونتاژ کلی در کارخانه

2- سادگی نصب و راه اندازی

3- سهولت در حمل و نقل

4- نیاز به کار ساختمانی کمتر

5- کاهش زمان نصب و راه اندازی

6- نیاز به زیر بنای (زمین) کمتر جهت نصب (minimum footprint)

7- عدم نیاز به تعمیر و نگهداری (maintenance-free)

8- قابلیت جابه جایی آن با حداقل هزینه به مکان های دیگر

9- سهولت در دسترسی به اجزا پست و کارکرد راحت و آسان اپراتور با آن

10 – مقرون به صرفه بودن از نظر اقتصادی

به طور کلی می توان گفت این نوع پست توزیع از شش قسمت تشکیل شده است.

1- ترانسفورماتور توزیع

2- تابلو فشار متوسط (عمدتا به صورتRMU)

3- تابلو فشار توزیع ضعیف

4- حفاظ پست (Enclosure) که از جنس فلز یا بتن مسلح یا بتن تقویت شده با الیاف شیشه یا کامپوزیت رزینی تقویت شده با الیاف شیشه می باشد.

5- اتصالات الکتریکی (کابل ها و شینه ها و ...)

6- سیستم های کنترل MV/LV به صورت انتخابی

مطابق شکل (1) با توجه به جهت دسترسی به اجزا (بخصوص تابلوها) سه نـوع اصـلی چیـدمان arrangement می توان برای این پست ها پیشنهاد کرد:

نوع اول- تابلوهای MV,LV در طرفین عرضی ترانس قرار گرفته اند.

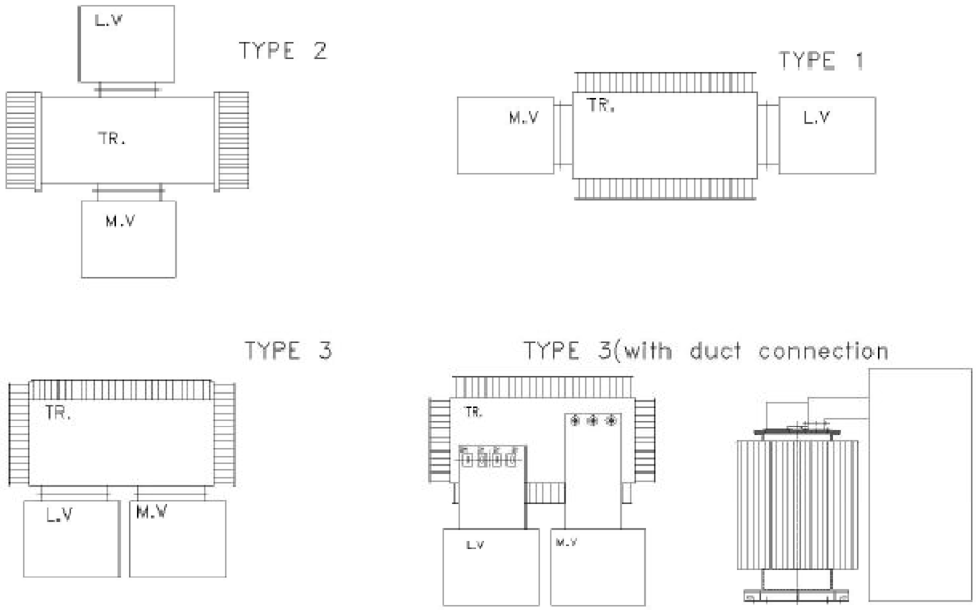
نوع دوم- تابلوهای MV,LV در طرفین طولی ترانس قرار گرفته اند.

نوع سوم- تابلوهای MV,LV در یک طرف طولی و نزدیک به یکدیگر قرار گرفته اند.

هرکدام از این سه نوع می توانند به یکی از صورت های ذیل استفاده شوند:

الف)- فلنجی (flang type)- قابل اتصال به بوشـینگهای تـرانس (واقـع شـده در دیـواره هـای ترانس) توسط فلنج اتصال

ب- جعبه کابل و کانال(duct type)- قابل اتصال به بوشینگ های ترانس (واقـع شـده در روی درپوش ترانس) توسط جعبه کابل یا کانال



شکل (۱)- انواع چیدمان اجزاء پستهای پکیج

کاربردها و مصارف :

پست های پکیج به علت مشخصه ویژه ای که از نظر ابعادی دارند در موارد زیر قابل استفاده می باشند :

- برجها و مجتمع های مسکونی
- پروژه های نفتی و پتروشیمی
- معابر باریک و عریض شهری (حداثر عرض 1.5 m)
- در مواردی که ابعاد زمین محدود و قیمت زمین آن بالاست .
- در پروژه های پیمانکاری که مدت انجام پروژه میان مدت می باشد .
- در مکان های عمومی و پارک ها و مراکز تفریحی

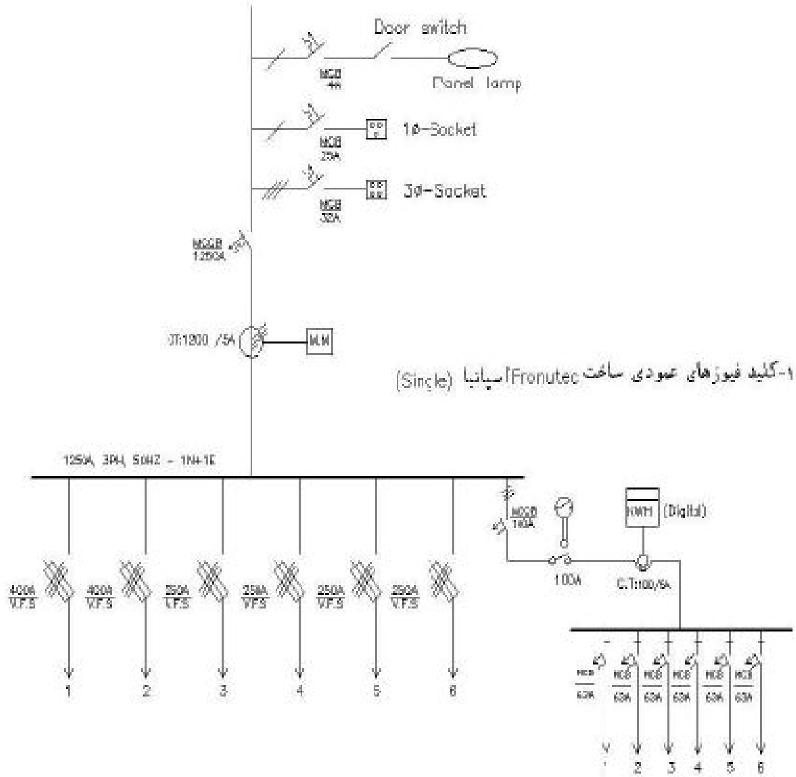
اجزا اصلی پست پکیج :

ترانسفورماتور :

در پست های پکیج از آنجایی که اتصالات تابلو به ترانسفورماتور به صورت ویژه می باشد لازم است این موارد در طراحی مد نظر قرار گیرد. با توجه به شرایط اقلیمی(محل نصب) نیاز و خواسته های مشتری مشخصات فنی ترانسفورماتور از قبیل توان نامی – ولتاژ- جریان- گروه اتصال – نوع خنک کنندگی و سایر مشخصات ترانسفورماتور مورد نیاز انتخاب می شود.لازم به ذکر است این ترانسفورماتور مطابق IEC76 , IEC726 طراحی و ساخته می شود.

تابلو فشار ضعیف :

تابلو فشار ضعیف مطابق با استاندارد IEC947-1,IEC439-1 می باشد.تابلوهای پکیج از نوع مناسب و ایستاده جهت اتصال کابل ها می باشد.لوازم و تجهیزات به کار گرفته شده در تابلو از قبیل کلید اتوماتیک وکنتاکتور و کلید فیوزو...باید از شرکت های معتبر تهیه و نصب شود.مشخصات و دیاگرام تک خطی تابلو فشار ضعیف نمونه پست پکیج 800KVA با ردیف ولتاژ 20/0.4KV مطابق شکل(2) می باشد.



شکل (۲) – دیاگرام تک خطی تابلو فشار ضعیف پکیج نمونه (800KVA, 20/0.4 KV)

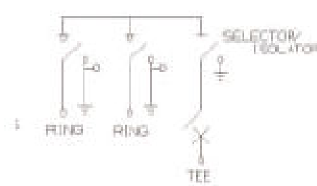
تابلو فشار متوسط :

این تابلو مطابق استاندارد IEC298 و با درجه حفاظت مناسب IP54 تهیه می شود.اسکلت این تابلو از نوع فولاد با فرم های نبشی یا ناودانی و یا ورق فرم داده شده و پوشش آن از ورق های فولادی به ضخامت حداقل2.5mm ساخته می شود.مشخصات تابلو MV مورد استفاده در پست پکیج 88KVA نمونه ساخت شرکت lucy در شکل(3) آمده است.

Technical data (key Rating Data VRN)

		RMU
Rated Voltage (KV)		20/24 kv
Impulse Withstand Voltage (kv peak)		125 kv
Power frequency voltage		50 kv
Normal current	Ring Switches	630 A
	Circuit Breaker	200 A
Short Circuit Peak Making Current	Ring Switches	40 kA
	Circuit Breaker	40 kA
Short Circuit Breaking Current 3 second Short Time Current	Circuit Breaker	16 kA RMS
	Ring Switches	16 kA
	Tee to Circuit Breaker	16 kA
Earth Switch Peak Making Current	Ring Switches	40 kA
	Tee to Circuit Breaker	40 kA
Internal Arc Rating	Freestanding	16 kA , 1 sec
	Transformer Mounted	-
Gas Pressure	Filling Pressure @ 20 deg.	0.5 Bar G
	Min. Operating Pressure	0.3 Bar G
IP Rating		IP 33 (IP 54)
Height (on standard support legs)		1658 mm
Width (with cable boxes)		936 mm
Depth (with cable box and deep door)		1111 mm
Weight(approx.)		430 kg
Testing Standard		BS EN 60265-1
		IEC 60056
		BS EN 60129
		BS EN 60694
		BS EN 60298

Single Line Diagram :



شکل ۳- مشخصات تابلو M.V. و دیاگرام تک خطی آن

حفاظت یا اتاقک پست(inclosure) :

در صورت درخواست مشتری به شرایط محیطی نصب می توان برای پست های پکیج حفاظ یا اتاقک مناسب در نظر گرفت.حفاظ پست های پکیج نیز بر اساس IEC61330 ساخته می شود و مواد مصرفی آنها باید دارای خاصیت ضد آتش باشد که برای این منظور لازم است از موادی مشابه فلز یا بتن جهت پست ها استفاده کرد.

مواد فلزی قابل استفاده در اتاقک پست پیش ساخته شامل ورق های فولادی گالوانیزه – آلومینیوم- ورق فولادی ضد زنگ و یا ورق های فولادی با پوشش آلوزینک می باشد . انتخاب پست با بدنه فلزی بر اساس مشخصات فنی و عمومی مشتری و شرایط محیطی و ملاحظات اقتصادی انتخاب می شود.محفظه پست با دیواره های ساندویچ پانل از ورق های فولادی با پوشش آلوزینک که به صورت دو لایه و درون آن مواد از جنس عایق پلی اورتان به ضخامت 4-5 سانتیمتر می باشد.

اتاقکهای بتنی نیز بسته به اتاقکهای فلزی ارجحیت دارد.از مزایای دیگر این نوع اتاقکها ارزان بودن و در دسترس بودن مواد آن می باشد.ولی از نظر وزن این نوع پست نسبت به اتاقک های فلزی سنگین تر می باشد.

لازم به ذکر است کل کیوسک را می توان به صورت یک مجموعه توسط قلابهای بالایی سقف از روی پست جابه جا کرد و در صورت نیاز اجزا داخلی آن را مونتاژ کرد.یک نمونه اتاقک فلزی جهت پست پکیج 800KVA در این مقاله مورد بررسی قرار گرفته است.این نمونه اتاقک دارای ویژگی های ذیل می باشد:

پایه :

پایه نگهدارنده پست از پروفایل های فولادی جوشکاری شده ساخته می شود و برای افزایش مقاومت خوردگی آن را گالوانیزه گرم می نمایند.جهت حصول اطمینان از استحکام پایه با استفاده از نرم افزارهای مکانیکی مدلسازی سه بعدی و تحلیل تنش شده است.روی پایه چهار محل مخصوص جهت بلند کردن مجموعه پست پیش بینی شده است محل این قلاب ها با توجه به محل ثقل کل مجموعه پست متقارن در نظر گرفته شده است.

درب ها و دیواره ها :

درب و یواره های کیوسک از 2 میلی متر فرم داده شده و ستون و استراکچر اصلی از ورق 4 میلیمتر ساخته شده است.لولای درب ها از نوع استحکام بالا طراحی شده به طوری که بتواند در مقابل اعوجاج و تغییر شکل مقاوم باشد. برای تمام درب ها نگهدارنده مقاوم در نظر گرفته شده تا از بسته شدن ناگهانی و ناخواسته درب باز شده جلوگیری کند.قفل درب ها نیز از نوع مخفی و با محور عمودی و کیفیت مناسب انتخاب شده و در صورت درخواست مشتری علاوه بر آن قفل آویز نیز در نظر گرفته شود.

سقف :

سقف کیوسک پست از نوع دو جداره(double root) و جداشدنی (removeable) می باشد.دو جداره بودن سقف به این معنی است که ورق فلزی قسمت بیرونی و داخلی سقف توسط یک لایه از هوا پوشانده شده است و این لایه هوا مثل یک عایق حرارتی در مقابل منابع حرارتی بیرونی (بخصوص تابش اشعه خورشید) با داخل کیوسک را عمل می کند.به علاوه این قسمت به صورت دریچه تهویه از وسط سقف و گوشه های بیرونی سقف به بیرون ارتباط پیدا می کند که در صورت گرم شدن این لایه هوا قابلیت خارج شدن آن وجود داشته باشد. شکل(4) ساختمان سقف به صورت مقاوم با استحکام بالا ساخته شده است و در مقابل انواع بارهای وارده مطابقIEC1330 مقاومت می کند.

دریچه های تهویه :

یکی دیگر از ویژگی های کیوسک طرح پکیج داشتن دریچه های مخصوص تهویه با دارا بودن حفاظت IP 43 می باشد.به همراه این دریچه ها که روی دیواره ها تعبیه شده با دریچه تهویه سقفی کیوسک را از نظر حرارتی در کلاس حرارتی پیش بینی شده نگه می دارد.کیوسک می تواند به طور مطمئن تلفات حرارتی تولید شده توسط ترانسفورماتور و سایر تجهیزات در داخل کیوسک را به بیرون دفع کند.عمل دفع حرارت در این دریچه ها به صورت طبیعی می باشد.به این مفهوم که با گرم شدن هوای داخل کیوسک به علت خاصیت ترموسیفون هوای گرم به طرف دریچه های بالایی حرکت کرده و در نتیجه هوای خنک توسط دریچه های پایینی وارد کیوسک می شود و عمل خنک کاری تکمیل و ادامه می یابد . با این عمل می توان کلاس حرارتی

کیوسک را نزدیک به 10k شکل(4) مکانیزم تهویه حرارتی کیوسک را نشان مـی دهد.

درجه حفاظت

درجه حفاظت کیوسک پست های پکیج حداقل IP 43 می باشد.این درجه حفاظت این امکـان را به ما می دهد که بتوانیم پست را در مکان عمـومی و شـرایط آب و هـوایی مرطـوب بـه طـور مطمئن استفاده کنیم.

سیستم ارتینگ :

تمام قسمت های فلزی پست های پکیج با پـیچ و کابـل ارت مخصـوص بـه سیسـتم ارت پسـت متصل می شود.حداقل سطح مقطع سیستم ارت مجموعه پست 90mm2 انتخاب شده است.

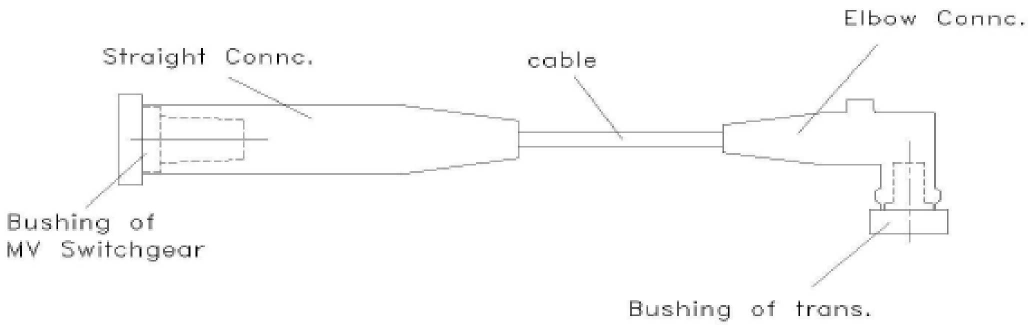
پلاک مشخصات پست :

پلاک مشخصات پست مطابق IEC61330 دارای اطلاعاتی از قبیل سازنده پست – نوع پسـت-شماره سریال-استاندارد و سال ساخت باشد و لازم است در برابر خوردگی و اثرات محیطی مقاوم باشد.

اتصالات بین تجهیزات :

به منظور ایجاد فضای ایمن و مطمئن در پست ها از اتصالات استاندارد مقره هـای رزینـی فشـار متوسط در طرف .M.V استفاده می شود.مطابق شکل(5) جهت اتصال ترانسـفورماتور (سـاخت ایران ترانسفو) به تابلو.M.V ساخت شرکت LUCY از یک اتصـال زانـویی (elbow connc) متصل به مقره های ترانسفورماتور و یک اتصـال اسـتاندارد straight connc متصـل بـه تـابلو .M.V به همراه مقدار کم کابل استفاده شده است.جهت حفاظت این اتصالات از برخورد فیزیکی و صدمه دیدن از جعبه کابل استفاده شده است.این جعبه کابل استفاده شده است.این جعبه کابل طوری طراحی شده است که درجه حفاظت IP 53 را برآورده کنـد.جهـت اطمینـان از حفاظـت الکتریکی بدنه جعبه کابل به سیستم ارت پست متصل شده است.

در طرف فشار ضعیف نیز از روش اتصال شین کشی استفاده شده است و جهت حفاظت فیزیکی و الکتریکی این شینه ها از داکت مخصوص استفاده می شود کـه مسـتقیما ترانسـفورماتور را بـه تابلو فشار ضعیف متصل می نماید.لازم به ذکر است که این داکت نیز درجـه حفاظـت IP 54 را برآورده می کند.



شکل ۵-اتصالات مخصوص ترمینال های LV و MV درپست پکیج نمونه 800 KVA

سیستم های کنترل LV , MV :

در صورتی که سیستم های کنترلی جهت کنترل از راه دور پسـت از طـرف مشـتری درخواسـت شده باشد روی پست های پکیج قابل اجرا خواهد بود.

تست های پست پکیج :

بعد از مونتاژ اجزا و تجهیزات پست جهت اطمینان از عملکرد صحیح و تایید مشخصه های فنـی پست و شناسایی خطا ها و تست و آزمون هایی روی مجموعه انجام مـی شـود . ایـن تسـت هـا شامل تست های روتین و نوعی تایپ می باشد . روش انجام این تست ها در IEC 61330 آمده است.تست های روتین شامل تست های استقامت عایقی روی مدارهای فرمان و کنتـرل عملکـرد کنترل سیم کشی با هدف شناسایی معایب احتمالی روی همهی پست ها انجام می گیرد.

تست جهش حرارتی :

هدف از این تست کنترل کارکرد صحیح محفظه پست می باشد و روی پست های با حفاظ انجام می گیرد.در این تست جهش حرارتی ترانسفورماتور و تجهیزات با ولتاژ پایین در داخل حفاظ اندازه گیری می شود.برای انجام این تست محفظه پست به همراه تمام اجزا و تجهیزات داخل آن و به صورت آماده با درب های بسته با ماکزیمم توان ترانسفورماتور تست می گردد.این تست نیز باید شرایط ICE 16330 را برآورده سازد و اثبات نماید که اختلاف مقدار جهش حرارتی ترانسفورماتور درون محفظه با همان ترانسفورماتور در بیرون محفظه از مقدار کلاس حرارتی آن (30k,20k,10k) تجاوز نمی کند.با تحلیل و آنالیز محفظه پست پکیج نمونه مقدار کلاس حرارتی حداکثر15k برای آن پیش بینی می شود.

نصب و راه اندازی :

طراحی فونداسیون پست :

با توجه به ابعاد پایه نحوه چیدمان تجهیزات پست و خروجی کابل های LV.MV و وزن پست فونداسیون مناسب جهت نصب پست بر روی آن طراحی و پیشنهاد می شود.

در طراحی فونداسیون باید توجه داشت چون ترانسفورماتور روغنی می باشد باید چاله روغن مناسب برای جمع آوری نشتی روغن و جلوگیری از آلوده شدن محیط پیش بینی نمود.همچنین باید در محل های خروج کابل های LV,MV روی فونداسیون کانال با ابعاد و عمق مناسب برای خروج کابل ها و تغییر مسیر آنها در نظر گرفت.نکته دیگر در طراحی فونداسیون پیش بینی anchor boltمناسب و تغییر موقعیت آنها در نشیمن گاه بتنی پایه پست در فونداسیون می باشد.

بازدیدهای قبل از راه اندازی :

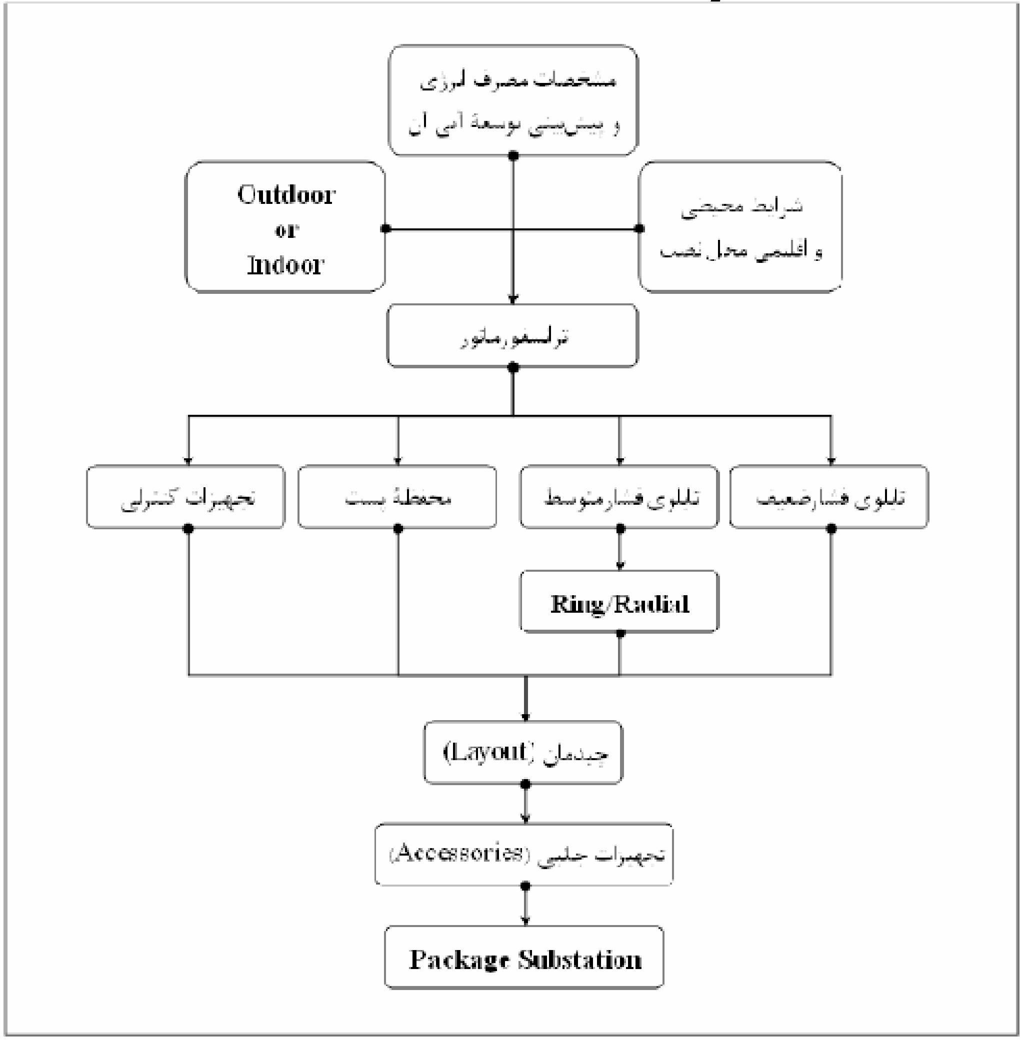
بعد از اینکه فونداسیون پست مورد نظر آماده شد پست پکیج به صورت یکپارچه در موقعیت پیش بینی شده روی فونداسیون قرار می گیرد.و اتصالات مربوط به محکم کردن پست روی فونداسیون بسته می شود.سپس اتصالات کابل های ورودی و خروجی پست و اتصالات سیستم زمین مطابق نقشه انجام گرفته و در نهایت پست آماده بهره برداری و راه اندازی می شود.با توجه

به اینکه پست پکیج پیش ساخته در کارخانه به صورت یک مجموعه واحد مونتاژ و تست شده است در واقع بازرسی و آزمون قبل از راه اندازی اتمام گرفته است ولی بخاطر اطمینان از عملکرد صحیح و شناسایی جابه جایی های احتمالی در هنگام حمل بهتر است بازرسی های ذیل انجام پذیرد:

- بازرسی و کنترل اتصال بوشینگ های ترانسفورماتور و تجهیزات آن
- بازرسی سیستم های زمین(ارتینگ)
- بازرسی ظاهری اجزا تابلو.L.V.,M.V

وش انتخاب اجزا و تجهیزات پست های پکیج :

همانطور که اشاره شد مشخص کردن شرایط محیطی و اقلیمی-موقعیت نصب-مقدار مصرف انرژی از شرایط اولیه انتخاب پست می باشد.در شکل زیر یک روال مرحله به مرحله جهت انتخاب اجزا و تجهیزات پست آمده است.شکل(7)



شکل ۷- مراحل انتخاب اجزاء و تجهیزات پست پکیج

1-4) مقایسه اقتصادی انواع پست ها :

جهت انجام مقایسه اقتصادی ما بین آلترناتیوهای مختلف طرح پست های توزیع زمینی در ابتدا اقدام به برآورد هزینه برای کلیه ی پست ها گردیده و سپس پست های مذبور قابل مقایسه با یکدیگر خواهند بود.

در این برآورد قیمت ساختمان پست ها بر اساس قیمت های آخرین پست های توزیع احداث شده در سال 1384 در شرکت نیروی برق مشهد به صورت زیر منظور گردیده است:

الف- در برآورد هزینه ترانسفورماتور و تابلوی فشار ضعیف و فشار متوسط در کلیه ی طرح ها متناسب با طرح منظور گردیده است.

ب- تابلوهای فشار متوسط سه سلولی معمولی 20 کیلوولت به قیمت 38000000ریال در محاسبات منظور شده است.

ج- تابلوهای فشار متوسط سه سلولی sf6 20 کیلوولت به قیمت 75749000ریال در محاسبات منظور گردیده است.

د- قیمت ساختمان پست برای پست های (8*7) مترو پست های(5/4*5/4) مترو پست های (5*4) و پست های (3*2) متر از قرار هر متر مربع 1450000ریال در محاسبات منظور گردیده ست.

علاوه بر این موارد قیمت زمین پست نیز می باست در محاسبات وارد شود.قیمت زمین پست پارامتر تعیین کننده ای در انتخاب طرح مناسب برای پست های توزیع می باشد ولی از آنجایی که قیمت زمین در ناط مختلف متفاوت می باشد و در محدوده وسیعی تغییر می کند لذا در محاسبات نمیتوان مستقیما قیمت زمین را دخالت داد و در عوض می توان 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 می باشد:

الف- محاسبه هزینه هریک از طرح ها شامل هزینه ی تابلوی فشار متوسط و ساختمان پست

ب- محاسبه مساحت زمین مورد نیاز برای هریک از طرح ها

ج- محاسبه هزینه های جانبی اجرای پست

د- محاسبه ی مدت زمان اجرای پست

ح- انتخاب طرح مبنا برای انجام مقایسه به طوری که بتوان اختلاف هزینه هریک از طرح ها را نسبت به طرح مبنا مقایسه نمود.این طرح می باست طرح معمول و مورد استفاده فعلی در

شرکت توزیع باشد تا بتوان با مقایسه ی اختلاف هزینه ی آن طرح با طرح های پیشنهادی را از نظر اقتصادی توجیه نمود.لذا جهت طرح مبنا پست تیپ(الف -1)(پست های معمولی8*7 متـر) انتخاب می گردد.

د- محاسبه ی میزان افزایش هزینه ی تجهیزاتی و ساختمانی هریک از طرح ها نسبت بـه طـرح مبنا و همچنین محاسبه ی میزان کاهش مساحت زمین مورد نیاز برای هریک از طرح ها نسبت به مساحت زمین طرح مبنا.

ه- مشخص کردن حداقل قیمت زمین برای هریک از طرح ها به نحوی که برای زمـین هـای بـا قیمت بالاتر از قیمت این حداقل اجرای طرح مذبور ارزانتر از طرح مبنا بوده و از نظر اقتصادی با صرفه تر است ولی برای زمین های با قیمت کمتر از قیمت حداقل اجرای طرح مذبور گرانتر بوده و همان طرح مبنا توصیه می گردد.این قیمت حداقل از تقسـم میـزان افـزایش هزینـه ی پسـت نسبت به میزان کاهش مساحت زمین پست بدست می آید.

برآورد هزینه برای طرح های ارائه شده :

جهت انجام مقایسه اقتصادی در وهله ی اول اقدام به برآورد هزینه برای هریک از طرح هـا مـی گردد.این برآورد بر مبنای قیمت های ارائه شده در بخش بالا صورت گرفته است.

جدول(1) برآورد هزینه ی طرح پست ها

ردیف	تیپ پست	ابعاد پست (متر) a*b	مساحت زمین پست (متر مربع) A= a*b	تعداد طبقات پست با احتساب زیر زمین n	نوع تابلوی فشار متوسط	هزینه تجهیزات پست (ریال) Ls	هزینه هر متر مربع ساختمان (ریال) La	هزینه ساختمان پست (ریال) Lb = n.A.La	جمع هزینه ساختمان و تابلوی فشار متوسط (ریال) Lr = Lb+Ls	هزینه پروانه ساخت (ریال) Lp	مدت زمان اجرا (روز) D	کل هزینه (ریال) Lt = Lr+Lp
۱	الف - ۱	۷×۸	۵۶	۲	معمولی	۲۵۰،۰۰۰،۰۰۰	۴۵۰،۰۰۰،۹	۱۶۲،۴۰۰،۰۰۰	۴۱۲،۴۰۰،۰۰۰	۵،۰۰۰،۰۰۰	۱۸۰	۴۱۷،۴۰۰،۰۰۰
۲	ب - ۱	۴/۵×۴/۵	۲۰/۲۵	۲	Sf6	۳۰۰،۰۰۰،۰۰۰	۱،۴۵۰،۰۰۰	۵۸،۷۲۵،۰۰۰	۳۵۸،۷۲۵،۰۰۰	۵،۰۰۰،۰۰۰	۱۸۰	۳۶۳،۷۲۵،۰۰۰
۳	ج-۱	۴×۵	۲۰	۱	Sf6	–	–	–	۳۰۰،۰۰۰،۰۰۰	–	۷	۳۰۰،۰۰۰،۰۰۰
۴	د-۱	۲×۳	۶	۱	روغنی	–	–	–	۵۲۰،۰۰۰،۰۰۰	–	۷	۵۲۰،۰۰۰،۰۰۰

محاسبه افزایش هزینه طرحها نسبت به طرح مبنا :

در این بخش میزان افزایش هر یک از طرح ها نسبت 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 اول می باشد.

جدول(2)مقایسه هزینه طرح پست ها نسبت به طرح مبنا

ردیف	تیپ پست	مساحت زمین پست (متر مربع) A	کل هزینه (ریال) Lr	میزان افزایش هزینه نسبت به طرح مبنا (متر مربع) L1–Lr-Lr1	میزان کاهش زمین پست نسبت به طرح مبنا (متر مربع) AD–A1-A	حداقل قیمت زمین برای اقتصادی بودن طرح (ریال) $Le = \frac{L1}{AD}$ (برای L1>0)	میزان کاهش هزینه کل پست نسبت به طرح مبنا (ریال) (برای L1< 0)
۱	الف - ۱	طرح مبنا = ۴۱۷،۴۰۰،۰۰۰ ریال = Lr1					
۲	ب ۱	۲۰/۲۵	۲۶۳،۷۲۵،۰۰۰	۵۳،۶۷۵،۰۰۰	۳۵،۷۵		(۵۳۶۷۵۰۰۰-۳۵/۷۵×Lm) = (۵۳۶۷۵۰۰۰-۳۵/۷۵×۶۰۰۰۰۰۰) =۲۶۸،۱۷۵،۰۰۰
۳	ج-۱	۲۰	۲۰۰،۰۰۰،۰۰۰	-۱۱۷،۴۰۰،۰۰۰	۳۶	-	(۱۱۷۴۰۰۰۰۰+۳۶×Lm) = (۱۱۷۴۰۰۰۰۰+۳۶×۶۰۰۰۰۰۰) = ۳۳۳،۲۰۰،۰۰۰
۴	د-۱	۶	۵۲۰،۰۰۰،۰۰۰	۱۰۲،۶۰۰،۰۰۰	۵۰	۲،۰۵۲،۰۰۰	(-۱۰۲۶۰۰۰۰۰-۵۰×Lm) = (-۱۰۲۶۰۰۰۰۰+۵۰×۶۰۰۰۰۰۰) -۱۹۷،۴۰۰،۰۰۰

Lr1 : جمع هزینه ساختمان و تابلوی فشارمتوسط برای طرح مبنا(در این برآورد(Lr1=417400000) می باشد

A1 : مساحت زمین پست برای طرح مبنا در این برآورد(A1=56) می باشد.

Lm : قیمت هرمتر مربع زمین پست (Lm=1450000).

جمع بندی برآورد هزینه طرح پست ها :

با توجه به جدول شماره 2 نتایج زیر حاصل می گردد:

الف - تیپ (الف-1) : به عنوان طرح مبنا در نظر گرفته شده است در این نوع از پست قیمت تمام شده تجهیزات و ساختمان 417400000ریال بوده و قیمت زمین برابر336000000 ریال می باشد و هزینه کل حدودا برابر 753400000 ریال می باشد.

ب- تیپ(ب-1) : در این نوع پست از تابلوهای فشار متوسط sf6 استفاده شده است ولی سایر تجهیزات به کار رفته در آن همانند پست مبنا می باشد.استفاده از تابلوی فشار متوسط فشرده باعث کاهش مساحت زمین مورد نیاز جهت احداث پست گردیده است.ولی قیمت تجهیزات آن نسبت به تابلوهای فشار متوسط معمولی بیشتر می باشد.با توجه به موارد ذکر شده محاسبات نشان می دهد قیمت تمام شده تجهیزات و ساختمان 363725000 ریال بوده و قیمت زمین مورد نیاز پست 121500000 ریال می باشد.در نتیجه هزینه کل حدودا برابر 485225000ریال می باشد و میزان کاهش هزینه این نوع از پست نسبت به پست مبنا برابر 268175000 ریال می باشد.

ج- تیپ(ج-1) : این نوع از پست دارای تابلوهای فشار متوسط و ضعیف کمپکت بوده و فضای کمتری را نسبت به پست های مبنا اشغال می کند.در این نوع از پست قیمت تمام شده تجهیزات و پست در حالی که نیازی به ساختمان سازی نیست برابر 300000000ریال بوده و قیمت زمین مورد نیاز پست برابر 120000000 ریال می باشد.در نتیجه هزینه کل برابر 420000000 ریال می باشد.و میزان کاهش هزینه این نوع پست نسبت به پست مبنا برابر 323400000 ریال می باشد.

د- تیپ (د-1) : با توجه به اینکه این نوع از پست دارای شرایط خاص برای نصب بوده و در محل های خاص و شرایط خاص از آنها استفاده می شود از لحاظ فنی باید توجیه داشته باشند.در این نوع از پست قیمت تمام شده تجهیزات و پست در حالی که نیازی به ساختمان سازی نیست برابر520000000ریال بوده قیمت زمین مورد نیاز پست برابر 36000000ریال می باشد.و در نتیجه هزینه کل برابر 556000000 ریال می باشد و میزان کاهش هزینه در این نوع از پست نسبت به پست مبنا برابر 197400000ریال می گردد.توجه به این نکته حائز اهمیت است که

محاسبات اقتصادی نشان که استفاده از این نوع از پست در صورتی از لحاظ اقتصادی به صرفه است که قیمت زمین از2052000 ریال بیشتر باشد.

1-5) انجام مقایسه فنی برای آلترناتیوهای مختلف پست های توزیع زمینی :

نحوه انجام بررسی فنی :

جهت انجام این بررسی آلترناتیوهای مختلف طرح پست های توزیع زمینی با پست مبنا از نظر فنی مقایسه گردیده و در این مقایسه مزایا و معایب هریک از طرح ها نسبت به طرح مبنا عنوان می گردد.

بررسی فنی پست های با تابلوهای فشار متوسط sf6 فشرده :

در این نوع از پست ها به جز تابلوهای فشار متوسط سایر تجهیزات مورد استفاده همچون پست های معمول بوده و در نتیجه نیازی به مقایسه فنی آن وجود ندارد لذا در بررسی حاضر فقط اقدام به بررسی فنی تابلوهای فشار متوسط sf6 می گردد.این تابلوها به خاطر استفاده از عایق گازی در آنها دارای حجم کوچکتری نسبت به تابلوهای معمولی بوده و دارای مزایای زیر می باشند:

- ابعاد کوچکتر به طوری که ابعاد آنها حدود یک سوم ابعاد تابلوهای فشار متوسط معمولی می باشد.
- درجه حفاظت(IP) و ایمنی بالاتر
- عدم تاثیر شرایط آب و هوایی بر کار آنها
- مسائل و مشکلات بهره برداری از این تابلوها بسیار کمتر می باشد.
- عمر این تابلوها بیشتر از تابلوهای معمولی می باشد.
- امکان اتوماسیون و کنترل از راه دور در این تابلوها فراهم می باشد.

بررسی فنی پست های توزیع فشرده کیوسکی :

موارد اختلاف این پست ها با پست های معمولی در تابلوهای فشار متوسط و ساختمان آنها می باشد.در تابلوهای فشار متوسط مورد استفاده در این نوع از پست ها از نوع sf6 بوده که مقایسه فنی مربوطه در بخش قبل صورت گرفته است و عینا در مورد این پست نیز صادق می باشد و لذا در اینجا به مقایسه فنی ساختمان کیوسکی آنها پرداخته می شود و در این خصوص مزایا و مشخصه های این پست ها به قرار زیر است:

- فضای کوچکتری را اشغال می کنند.
- مدت زمان لازم برای نصب پست کوتاهتر می باشد
- قابلیت جا به جایی داشته و تغییر مکان آن سهل تر می باشد
- بهره برداری سریع و آسان
- به حداقل رسیدن سرویس های تعمیر و نگهداری
- مونتاژ کلی در کارخانه
- تولید توسط تولید کنندگان داخلی

ضمنا همانطور که اشاره شد با توجه به اینکه این پست ها در معابر عمومی نصب نشده و قرار است در مکان هایی که زمین برای پست در نظر گرفته نصب شوند به زیبایی شهر نیز لطمه ای وارد نخواهد کرد.

بررسی فنی پست های توزیع پکیج :

استفاده از این پست ها در مکان هایی که امکان احداث پست زمینی نمی باشد با شرایط خاص دارای اهمیت بوده و مقرون به صرفه می باشد.از جمله مزایای این پست ها می توان به موارد زیر اشاره نمود:

- مونتاژ کلی در کارخانه
- کاهش زمان نصب و راه اندازی
- سادگی نصب و راه اندازی
- نیاز به زمین کم جهت نصب
- سهولت در حمل و نقل

- عدم نیاز به نگهداری و

- نیاز به کار ساختمانی کم

ترانسفورماتور مورد استفاده در این پست ها از نوع خشک یا روغنی هرمتیک بوده که دارای ارتفاع کمتر و عمر مفید بالاتر و نیاز کمتر با تعمیر و نگهداری می باشد و همچنین حمل و نقل آسان پست با ترانس مذکور.

این پست ها معمولا دارای کلیدهای فشار متوسط با عایق روغن گاز یا خلا می باشند.

اما این پست ها دارای معایبی می باشند که استفاده از آنها را محدود می کند:

- عدم آشنایی پرسنل شرکت توزیع با سرویس و نگهداری و تعمیرات این نوع از پست ها به علت پیچیده بودن ساختار آنها

- به علت بالا بودن تکنولوژی استفاده در ساخت این پست ها در حال حاضر امکان تولید اکثر تجهیزات آن در داخل کشور موجود نبوده و می بایستی از خارج وارد گردند و هزینه های آنها بسیار بالا می باشد.

- تعمیرات و نگهداری این تابلوها دارای هزینه های ارزی می باشد.

- وجود مشکلاتی در اتصال سرکابل های مختلف به این پست ها باعث پرداخت هزینه های اضافی خواهد بود.

- در پست های دیگر امکان جایگزینی تجهیزات معیوب با تجهیزات مشابه از سازندگان متفاوت وجود دارد ولی در این پست ها این امر مقدور نیست.

- استفاده از این پست ها باعث ایجاد وابستگی به یک سازنده خاص جهت تامین تجهیزات و لوازم می گردد.

- ضمنا همانطور که در قبل نیز اشاره شد استفاده از این تجهیز برای مکان هایی که زمین برای احداث پست در اختیار نمی باشد مناسب است.

برآورد و ارزیابی اقتصادی

با در نظر گرفتن فاکتورهای ذیل در مقایسه با پست های مرسوم قدیمی می توان استفاده از پست پکیج نمونه 800KVA را مورد ارزیابی اقتصادی قرار داد:

نتیجه گیری

- کاهش هزینه زمین مورد به علت کاهش ابعاد زمین از حدود25 mm2 به 5 mm2(کاهش هزینه حدود - ٪)

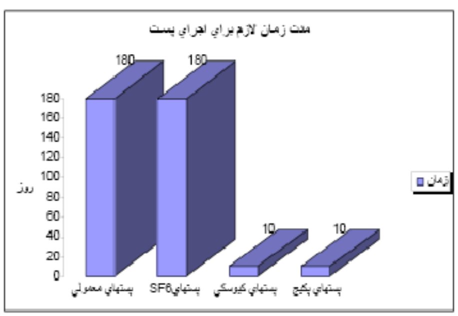
- کاهش هزینه های خدمات مهندسی و راه اندازی(کاهش هزینه حدود5٪)

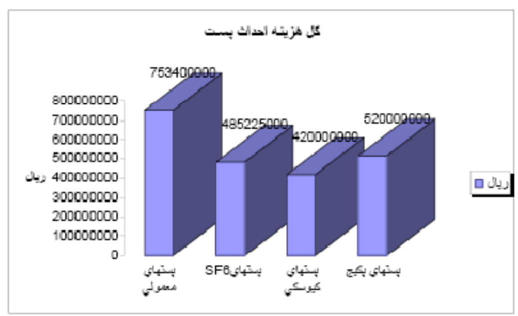
- کاهش هزینه زمان نصب و راه اندازی(کاهش هزینه حدود 2-5٪)

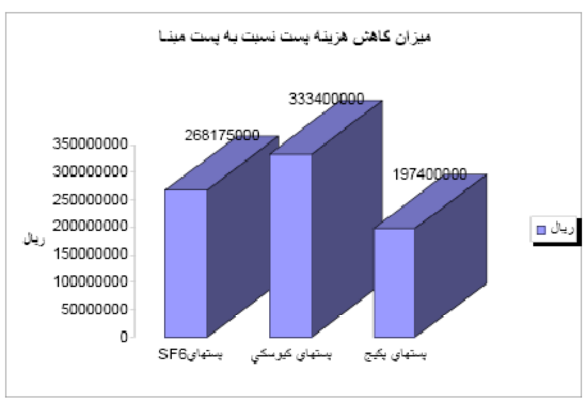
- کاهش هزینه تست پست(کاهش هزینه حدود1٪)

با توجه به موارد بالا کاهش هزینه حدود (-40٪) قابل پیش بینی می باشد.لازم به ذکر است اگر در صورت وجود محدودیت زمین مجبور به استفاده از پست های پکیج باشیم این مورد در مقایسه با راه حل های احتمالی دیگر صرفه اقتصادی خیلی بالایی دارد.

محاسبات نشان می دهد طاح پست های توزیع فشرده کیوسکی (ج -1) از لحاظ هزینه و مدت زمان برای اجرای پست نسبت به طرح های پست معمولی (الف- 1) و پست با تابلوهای sf6 و(ب-1) خیلی مناسب تر و بهینه تر می باشد.ضمن اینکه این پست ها دارای مزایای زیاد فنی نسبت به پست های دیگر می باشند که در بالا به آنها اشاره شد.







فصل دوم :

پد ماتند ترانسفورماتور :

پد ماتند ترانسفورماتورها برای تغذیه بارهای سیستم توزیع بیشترین استفاده را دارند مزایای آنها در زیر آمده است:

1. نصب : هزینه خرید کمتر و نصب راحت تر

2. نگهداری : نگهداری راحت تر

3. کارکرد : زمان کمتر برای شروع به کار

4. بارگذاری : پدماتند ترانسفورماتورها اغلب محدودیت کمتری نسبت به بقیه دارند.

تعدادی از کاربران ترانسفورماتورهای توزیع را در دو دسته قرار می دهند :

1. over head

2. under ground

با این حال IEEE آنها را در سه دسته قرار می دهد :

1. over head

2. under ground

3. pad mounted

انواع تقسیم بندی های مختلف پدماتند ترانسفورماتور ها که در پست ها استفاده می شود در زیر آورده شده است .

پد ماتند ترانسفورماتورهایی که ساخته می شوند بصورت زیر تقسیم بندی می شوند :

1.تک فاز یا سه فاز :

واحد های تکفاز طراحی شده اند تا فقط یک فاز را انتقال بدهند .

واحدهای سه فاز طراح شده اند تا هر سه فاز را انتقال بدهند.

بیشتر پد مانتد ترانسفورماتورهای سه فاز دارای هسته سه یا چهار یا پنج پایه هستند اگرچه ساختارهای دو تایی نیز گاهی اوقات استفاده میشود.

2. حلقه ای یا شعاعی :

واحدای حلقه ای توانایی پایان بخشیدن دو هادی اولیه هر فاز را دارند .در این نوع اولیه می تواند ادامه پیدا کند تا واحدهای دیگر را تغذیه کند .

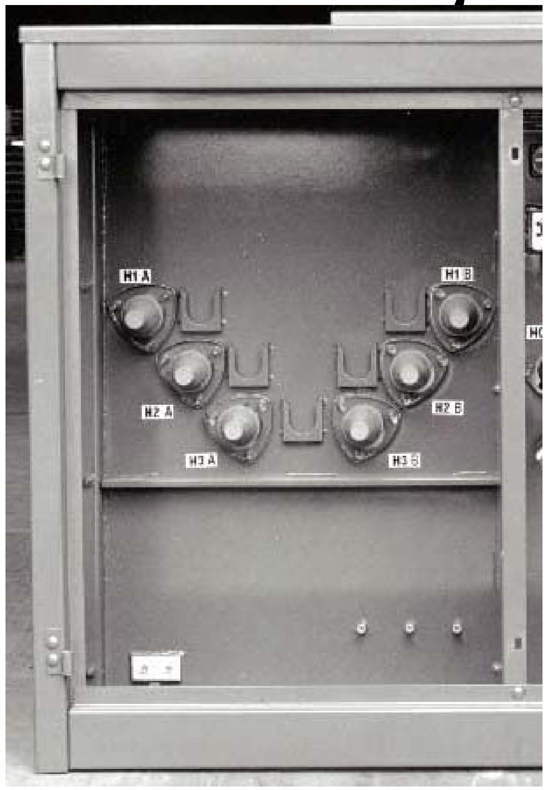
واحدهای شعاعی فقط می توانند به یک کابل به هر فاز پایان ببخشند.

3. نوع LIVE FRONT OR DEAD FRONT :

مهمترین قابلیتی که نوع live front دارند این است که دارای کابل های اولیه می باشند که نهایتا توسط بوشینگ ها خارج شده اند . به همین خاطر اولیه آن ها بصورت بدون حفاظ می باشد .

در واحد های dead front از کابل های اولیه که در نهایت با استفاده از اتصالات عایق شده بیرون می آید استفاده می کند .هیچ فلز بدون حفاظی توسط ولتاژ اولیه انرژی دار نمی شود .

نوع dead front :

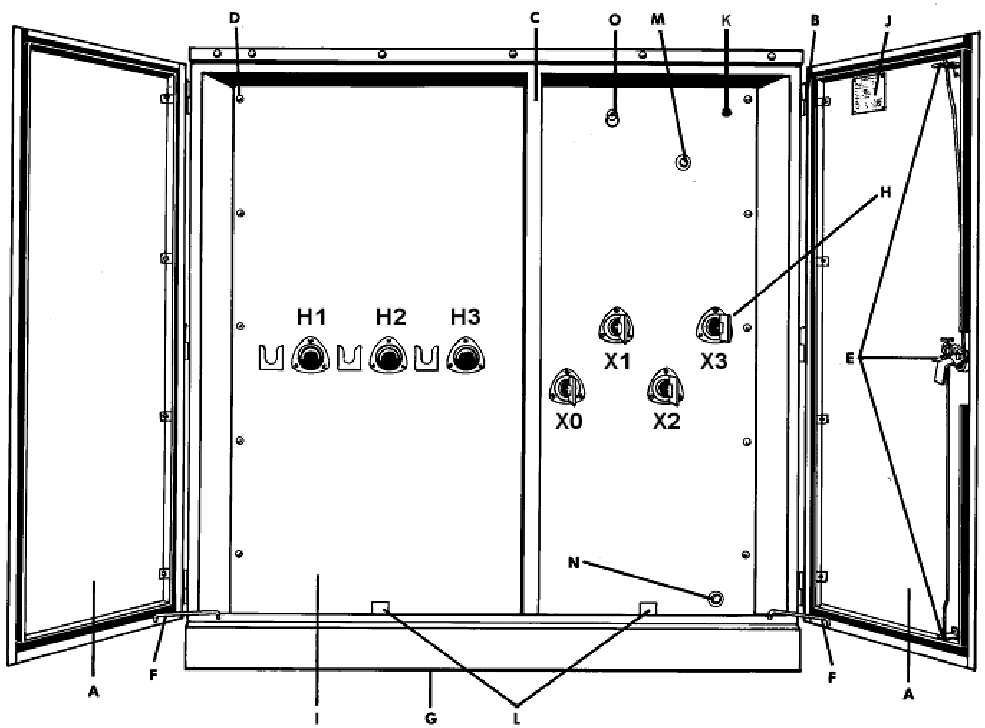


نوع live front :

پدمانتد ترانسفورمر بروی زمین نصب می شود . پد مانتد ترانسفورماتور ها در سیستم های توزیع برای کاهش ولتاژ سیستم توزیع زیرزمینی به ولتاژ مناسب برای استفاده ی مصرف کنندگان بکار

می روند. محفظه یک تانک برای نگهداری هسته و سیم پیچ در درون روغن و یک کابینت برای سیم بندی که سیم بندی فشار قوی و فشار ضعیف در آن قرار مـی گیرنـد . برای جلوگیری از اجازه ندادن به دستیابی به سیم پیچ و هسته ترانسفورماتور از محفظه استفاده می شود . که بزرگترین هنر جوش دادن یک پوشش بروی تانک می باشد. وسـیله ی دیگـر کـه پوشش تانک بوسیله ی آن محافظت می شود پیچ ها می باشد . کابینت سیم بندی یک پدمانتد ترانسفورمر شامل دیواره های چپ و راست می باشد . و دارای درهای قابل قفل شدن در چـپ و راست می باشند . بطوریکه یکی از درها به سمت راست می چرخد ودر دیگر به سمت چپ مـی چرخد . و در نتیجه کاملا باز می شوند . اما دیواره های سمت چپ و راست در جای خود قرار می گیرند . توصیه می شود که پدمانتد ترانسفورماتور مطابق با راهنما نسبت به دیوارهای سـاختمان ها بصورت خارجی قرار بگیرند . این راهنماها بر پایه ی شرکت بیمه که محل قرار گیری پد مانتد ترانسفورماتور را مشخص می کند می باشد .

2-1) بررسی قسمت های مختلف یک ترانسفورماتور پد مانتد نوعی :



A : درهایی که براحتی قابل باز شدن می باشند به پرسنل اجازه می دهند که به قسمت داخل ترانسفورماتور دسترسی داشته باشند . یک قفل مخصوص عمل چفت کردن را انجام می دهد . هنگامی که درها بسته می شوند زاویه 180 درجه تشکیل می شوند .

B : لولا های استیل زنگ نزن و پین های اینچ که بصورت زنگ نزن می باشند .

C : قسمت استیل سخت که قسمت های فشار ضعیف و فشار قوی را از هم جدا می کند و ایمنی می دهد .

D : پیچ ها اجازه می دهند که بتوان قسمت های مورد نیاز را جدا کرد . که این عمل باعث می شود فضای کافی هنگام کابل کشی وجود داشته باشد .

E : مکانیزم چفت کردن سه نقطه ای در قسمت در فشار ضعیف (که در شکل در حالت باز نشان داده شده است . دسته ی استیل در به حرکت راحت تر در کمک می کند .

F : قسمت های محکم که باعث باز ماندن در می شوند . که هنگامی که در بسته است در داخل در قرار می گیرند .

G : پایه های قسمت پایین که باعث دستیابی به محدوده ی کابل کشی می شوند . این پایه ها برای راحتی کار هنگام نصب قابل برداشتن هستند . این پایه ها از پانل جلویی ، پانل کناری و پانل وسطی که سبب سخت شدن محفظه می شود تشکیل می شود .

H : بوشینگ ها با کیفیت فشار ضعیف با پیچ های تیغه ای شکل

I : تانک ترانسفورماتور که با ماکزیمم قدرت و درز گیری نشتی از کاور تا پایه جوش شده است . همه ی جوش ها از نظر نشتی تست شده اند .

J : پلاک معمولا در قسمت داخلی سطح قسمت فشار ضعیف قرار گرفته است . پلاکبایدبزرگ و خوانا باشد تا براحتی قابل خواندن و تطابق با کابل ها باشد . همچنین سریال ترانسفورماتور ها نیز برای تطابق بروی بوشینگ های فشار ضعیف قرار گرفته است .

K : درپوش پرکردن که از یک NPT 1 اینچی که به جلوی صفحه ی فلزی ترانسفورماتور باز می شود تشکیل شده است .

L : پد های زمین تانک

M : اشاره کننده سطح مایع

N : شیر که به منظور نمونه برداری استفاده می شود .

O : شیر اطمینان

طراحی هسته :

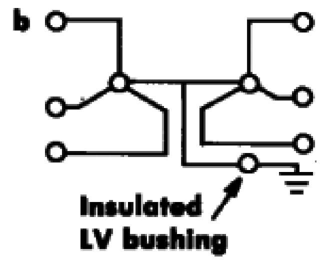
هسته ترانسفورماتور اکثرا بصورت 5 پایه طراحی شود و اتصال هسته ای که در شکل نشان داده شده است بصورت مثلث – ستاره می باشد . یک بوشینگ کاملا عایق شده سیم نول ثانویه را به بیرون تانک خواهد برد و پد زمین که در قسمت بیرونی دیوار تانک تولید می شود و به بوشینگ خنثی متصل می شود .

انواع اتصالات هسته ی ترانسفورماتور :

برای اولیه و ثانویه پدمانتد از یکی از اتصالات زیر استفاده می شود . در صورتی که نیاز به اتصال خاصی می باشد باید سفارش داده شود .

1. مثلث – ستاره :
2. ستاره – ستاره زمین شده :

برای ساختار ستاره – ستاره زمین شده باید سیم خنثی فشار قوی باید بصورت داخلی به سیم خنثی فشار ضعیف وصل شده باشد و به عنوان بوشینگ H0X0 با استفاده از یک تسمه زمین خارج کند . (مطابق شکل زیر)



یا برای اتصال ستاره – ستاره زمین شده سیم خنثی فشار قوی باید به تانک ترانسفورماتور متصل شوند ، و سیم خنثی فشار ضعیف باید به عنوان بوشینگ X0 بیرون آورده شود .

مثلث – مثلث :

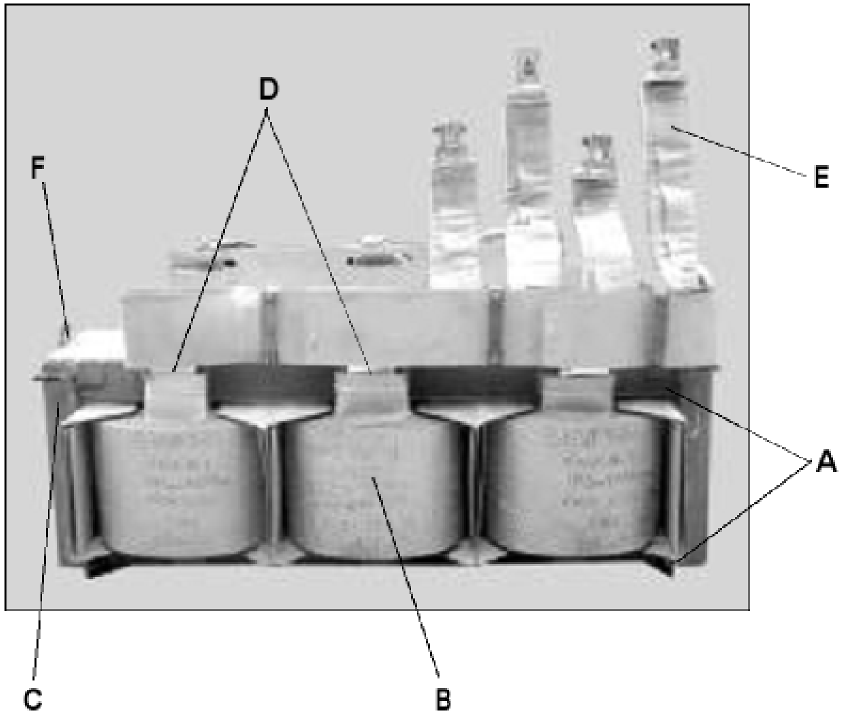
برای این اتصال ترانسفورماتور باید بدون بوشینگ X0 ساخته شود .

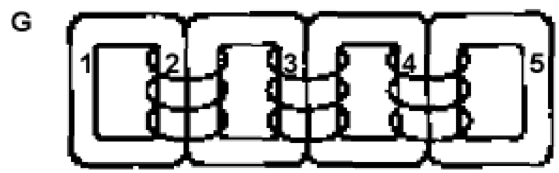
ستاره – ستاره :

برای این اتصال سیم خنثی فشار قوی باید با بوشینگ H0 در سمت اولیه بیرون آورده شود و سیم خنثی فشار ضعیف نیز بوسیله ی بوشینگ X0 در سمت ثانویه بیرون آورده می شود .

ستاره – مثلث :

برای این اتصال سیم خنثی فشار قوی باید با استفاده از بوشینگ H0 بیرون آورده شود . هیچ تسمه ی زمین تولید نمی شود .





قسمت های مختلف هسته :

A : سیم پیچ ها بصورت محوری در بالا و پایین قرار گرفته اند برای اینکه ازتغییر مکان در شرایط اتصال کوتاه جلو گیری می شود .

B : لایه ی عایق کاغذی از یک قسمت چسبنده پوشانده شده است .

C : هسته ی ترانسفورماتور برای وارد شدن کمترین استرس در محفظه قرار گرفته است .

D : پیوندگاه ها در ساختمان باس فشار ضعیف و سرب هایی که جوش داده شده اند .

E : سرب های فشار قوی وفشار ضعیف برای کاهش خرابی در برابر نیرو های ناشی از اتصال کوتاه و حمل و نقل انعطاف پذیر هستند .

F : تثبیت موقعیت محکم مونتاژ داخلی درون تانک بوسیله ی قسمتی که در شکل نشان داده شده است اطمینان حاصل می شود .

G : در ترانسفورماتورهای پدمونتد هسته ی 5 پایه استاندارد می باشد .

تپ فشارقوی :

تپ ترانسفورماتور باید مطابق جدول زیر باشد . سویچ تپ چنجر باید گام بردارد و بصورت خارجی عمل می کند . دسته عمل کننده باید یا در قسمت فشار قوی در بالای بوشینگ ها قرار بگیرد یا در ثانویه در روی بوشینگ های فشار ضعیف قرار بگیرد .

High Voltage Rating (Volts) Delta	BIL Rating (KV)	Low Voltage Rating (Volts) Wye	kVA Rating	High Voltage Taps Required
2,400	45	208Y / 120	75 - 1500	2½% Above & Below
2,400	45	480Y / 277	75 - 1500	2½% Above & Below
4,160	60	208Y / 120	75 - 1500	2½% Above & Below
4,160	60	480Y / 277	75 - 1500	2½% Above & Below
12,470	95	208Y / 120	75 - 1500	2½% Above & Below
12,470	95	480Y / 277	75 - 1500	2½% Above & Below

امپدانس ترانسفورماتور :

امپدانس ترانسفورماتور باید مطابق جدول زیر باشد :

Secondary Voltage
*Minimum AC Impedance %

KVA	208Y / 120	480Y / 277
75	2.9	2.6
150	3.0	2.6
300	4.7	2.6
500	4.7	4.3
750	5.75	5.75

1,000	5.75	5.75
1,500	N/A	5.75

اجزای فشار قوی و فشار ضعیف :

1. قسمت ترمینال ها باید کاملا با هوا پر شود و کاملا جدا از لولای در باشد . قسمت ها باید کاملا از یکدیگر ایزوله شده باشند .
2. لبه ی درها و دریچه ها باید بگونه ای شکل گرفته باشند که یک سطح فیت را تشکیل بدهند .

ترمینال ها و بوشینگ های فشار ضعیف :

1. ویژگی های الکتریکی ترمینال های فشار ضعیف مطابق با جدول 3 از استاندارد می باشند .
2. همه ی ترمینال های فشار ضعیف باید از تانک با بوشینگ های کلاس 1.2 عایق شده باشند . ترمینال های سیم پیچ های فشار ضعیف باید به گونه ای که در شکل 4 و 5 استاندارد ANSI C57.12.22-1989 نشان داده شده است قرار بگیرند .
3. سیم نول باید بصورت کامل توسط بوشینگ ها عایق شده باشند . یک پد زمین باید ایجاد شود . یک تسمه ی مسی زمین باید ایجاد شود که بوشینگ خنثی و پد زمین را به هم متصل کند .
4. ترمینال فشار ضعیف باید دارای دو سوراخ با استاندارد فاصله گذاری سوراخ NEMA که تعداد سوراخ های داده شده را در جدول زیر نشان می دهد .

Secondary Terminals

Secondary Voltage	Transformer kVA Size						
	75	150	300	500	750	1000	1500
208Y / 120	4	6	6	8	8	8	N/A
480Y / 277	4	6	6	6	6	8	8

ترمینال ها و بوشینگ های فشار قوی :

1 . تنظیم بوشینگ های قوی نوع LIVE FRONT نـوع تغذیـه شـعاعی بایـد مطـابق بـا آخرین استاندارد ANSI C57.12.22-1989 باشد .

2 . بوشینگ های فشار قوی با استفاده از صنعت فرایند مرطوب چینی ساخته شده اند و بـا گیره به دیواره داخلی ترانسفور ماتور وصل شده اند .

3. ترانسفورماتورها با سایزهای 75-1500 KVA باید دارای یک تیغه که دارای ترمینال با دو سوراخ باشند . که قطر دایره آن 14.30 mm باشـد . بـا رعایـت فاصـله گـذاری کـه در NEMA گفته شده است .

4. ترمینال های کابل های فشار قوی باید برای TAKE-OFF عمودی جهت دار باشند .

لوازم :

علائم ترمینال ها :

ترمینـال هـای خروجـی روی نـوع radial feed بایـد بصـورت H1,H2,H3 و همچنـین X0,X1,X2,X3 مارک شده باشند.

ساختمان پلاک :

پلاک باید روی در قسمت فشار ضعیف قرار بگیرد .

سـاختمان پـلاک بایـد شـامل اطلاعـاتی باشـد کـه در قسـمت 5.12 از اسـتاندارد ANSI C57.12.00 قرار بگیرد .

پلاک باید به روغن ترانسفورماتور که شامل کمتر از 1 ppm PCB در زمان ساخت است .

یک دیاگرام سیم بندی که باید اتصالات ترانسفورماتور را نشان بدهـد بایـد در روی پـلاک قـرار داشته باشد .

تانک ها :

تانک باید به اندازه کافی قوی باشد که بتواند فشار 7 psi را بدون اینکه آسیب ببیند تحمل کند .

ساختمان کاور بصورت جوش باید ایجاد شود . برای دستیابی به اتصالات داخلی به منظور تست از یک دسته استفاده می شود .

پیش شرط های زمین کردن تانک عبارتند از :

500KVA و پایین تر :

دو پد استیل ، هر کدام با NC tapped hole 1.2 inch و عمق 7.16 inch

بالای 500KVA :

دو copper - faced رنگ نشده استیل یا با دو پد استیل ضد زنگ (2 inches x 3½ inches)

پدهای زمین :باید به روی پایه ترانسفورماتور یا به روی دیواره ی تانک نزدیک ترانسفورماتور جوش داده شوند . یکی به روی قسمت فشار قوی و دیگری به روی قسمت فشار ضعیف .

2-2) محاسبه ی تلفات :

ترانسفورماتورها طراحی می شوند تا تلفاتی نداشته باشند و تلفات مقوله ای است که مشتری مجبور به پرداخت آن در زمان حال می باشد . هر نوع تلفاتی باعث بوجود آمدن هزینه اضافی می شود . هزینه محاسباتی تلفات پدمانتد ترانسفورماتور (TEC) بصورت زیر محاسبه می شود .

$$TEC = T\$ + PVDC \times NLL + PVEC \times LL;$$

که سیمبول ها بصورت زیر تعریف می شوند :

TEC = مجموع تلفات محاسبه شده

T$ = قیمت خرید

PVDC = ارزش فعلی انرژی خریداری شده برای تلفات بی باری بر حسب KW

PVEC = ارزش فعلی انرژی خریداری شده برای تلفات بارداری بر حسب KW/$

NLL = تلفات بی باری ترانسفورماتور بر حسب KW

LL = تلفات بارداری ترانسفورماتور بر حسب KW

در واقع تلفات واقعی از تلفاتی که توسط شرکت سازنده اعلام می شود بیشتر است . SNL(Sandia National Laboratories) تصمیم می گیرد که ترانسفورماتور را با کاهش

قیمت رد کند یا قبول کند . کاهش قیمت که از طریق SNL اعلام می شود از طریق رابطه ی زیر بدست می آید .

Price Reduction = (NLLA - NLLQ) x PVDC +(LLA - LLQ) x PVEC;

NLLA = تلفات واقعی بی باری ترانسفورماتور بر حسب KW

NLLQ = ایراد تلفات بی باری بر حسب KW

LLA = تلفات بارداری وقعی ترانسفورماتور بر حسی KW

LLQ = ایراد تلفات بارداری بر حسب KW

این قسمت یک مقایسه ی روشن بین استاندارد پارامترهای اصلی مانند شرایط سرویس ، امپدانس ، افزایش دما ، تلرانس ، سطح عایقی دی الکتریک ، دسته بندی و... را در بین استاندارد های IEC76 و IEEE/ANSI C57 انجام می دهد . دانستن استانداردهای IEC برای خریداران ترانسفورماتور در خارج از ایالات متحده آمریکا مهم است .در این قسمت هدف این است که با پارامترهاای مهم ترانسفورماتورها در استاندارد IEC و IEEE/ANSI C57 بیشتر آشنا بشویم . در جدول هایی که بعدا مشاهده خواهیم کرد استانداردهای مربوط به هر کدام در ستون های جداگانه قرار گرفته اند . لازم به ذکر است که پدمانتد ترانسفورماتور ها نیز قسمتی از این استانداردها می باشد .

2-3) تست ترانسفورماتورهای پدمانتد :

تست های سازنده بروی ترانسفورماتورها انجام می شود تا مشخص شود توان انتقال بارهای مختلف را دارد یا خیر . هر ترانسفورماتور توزیع که ساخته می شود باید بروی آن این تست ها انجام شود:

1. قطبیت و تداخل فاز و نسبت دور
2. تست مغناطیس زدایی
3. اعمال ولتاژ تست به فشار قوی
4. اعمال ولتاژ تست به فشار ضعیف
5. تست ولتاژ تحریک

6. تلفات بی باری و
7. تست ضربه
8. تست چک کردن اتصال

1.تست قطبیت و تداخل فاز و نسبت دور

این آزمایش ها تداخل فاز نسبت دور و قطبیت ترانسفورماتور زیر تست را تحقیق مـی کنـد . در صورتی یک ترانسفورماتور قابل قبول می باشد که دارای قطبیت مناسب یا نداشـتن تـداخل فـاز مناسب باشد .و نسبت دور آن در محدوده ی نصف یک درصد نسبت ولتاژ نامی باشد.

2. تست مغناطیس زدایی :

برخی از ترانسفورماتورها برای خارج کردن هر نوع پسماند مغناطیسی نیاز بـه تسـت مغنـاطیس زدایی دارند بصورتی که ترانسفورماتور با یک جریان تحریک تغذیـه مـی شـود ترانسـفورماتور در صورتی قابل قبول می باشد که جریان تحریک از محدوده ی مشخص شده بیشتر نباشد .

3. اعمال ولتاژ تست فشار قوی :

این تست درستی عایقی بین ولتاژ فشار قوی و فشار ضعیف و همچنین میان فشار قوی و زمـین را بررسی می کند.قبول شدن و رد شدن با استفاده با اندازه گیری جریان تست انجام می شـود . اگر جریان ناشی شده از جریان نشتی نرمال و جریان خازنی بیشتر شود واحد پذیرفته نمی باشد . این تست برای ترانسفورماتورهای با سیم پیچ ولتاژ فشار قوی زمین شده دائم صرفنظر می شود .

4. اعمال ولتاژ تست فشار ضعیف :

این تست عایقی مشابه اعمال ولتاژ فشار قوی می باشد بجز آنکه درسـتی سـاختار عـایقی میـان فشار قوی وفشار ضعیف و زمین چک می شود . تصمیم قبول شدن و ردشدن با استفاده از اندازه گیری جریان تست انجام می شود . اگر جریان ناشی شده از جریان نشتی نرمال و جریان فـازی بیشتر باشد واحد پذیرفته نمی باشد .

5. تست ولتاژ تحریک :

مهمترین هدف از انجام این تست تحقیق در مورد قدرت عایقی هر دور با دور دیگر ، لایه با لایـه دیگر ، فاز با فاز دیگر و دیگر ساختارهای عایقی درون سیم پیچ های ترانسفورماتور با ولتاژی که

دارای فرکانس بالاتری از برای دوری کردن از اشباع هسته می باشد .جریان تست منیتورمی شود و اگر بیشتر از محدوده ی مشخص شده برای ترانسفورماتور باشد پذیرفته نمی باشد .

6. تلفات بی باری و جریان تحریک :

این آزمایش تلفات بی باری و جریان تحریک ترانسفورماتور متناسب با ولتاژ اعمال شده را اندازه می گیرد اگر جریان تحریک (و/یا) تلفات بی باری بیشتر از محدوده ی مشخص شده باشد ترانسفورماتور پذیرفته نیست .

7. امپدانس ولتاژ و تلفات بارداری :

این آزمایش تلفات بارداری و امپدانس ولتاژ در جریان مجاز اندازه می گیرد .

تلفات بارداری و امپدانس ولتاژ باید درون محدوده ی مشخص شده قرار بگیرند.

8. ضربه موج کامل :

تست ضربه یکی از تست هایی می باشد که قدرت درون ترانسفورماتور توزیع را بر خلاف موج بلند ولتاژ خط تحقیق می کند .این تست برای آوردن استانداردهای IEEE و برای اطمینان می باشد. تغییر در استاندارد های IEEE همه را برای نصب ردیاب خطا که به اندازه ی کافی برای یک گردش کوچک حساس باشد نیازمند کرد.

9. چک کردن اتصال :

این تست برای تحقیق در مورد مدار ترانسفورماتورها انجام می شود همچنین برای تحقیق در مورد این که سیم بندی داخلی صحیح است که در آن از اهم متر استفاده می شود .

وسایل های حفاظتی جریان زیاد و ولتاژ زیاد در پد مانتد ترانسفورماتور :

بر اساس دلایل تاریخی طراحی ترانسفورماتورهای توزیع در آمریکای شمالی و اروپا متفاوت است . تفاوت اصلی میان ترانسفورماتورهای متداول روغنی و ترانسفورماتورهای روغنی در دو نکته ی زیر خلاصه می شود :

1. سیستم حفاظتی در ترانسفورماتورهای پدمانتد در مایع دی الکتریک با استفاده از ترانسفورماتورهایی که زیر تانک یکسان قرار دارند غوطه ور می شوند.

2. عموما حفاظت اضافه بار در ترانسفورماتورهای پدمانتد در طرف فشار قوی قرار گرفته است بر خلاف ترانسفورماتورهای متداول که حفاظت معمولا در طرف فشار ضعیف قرار دارند.

با توجه به دلایل بالا دانستن و کنترل کردن احتمال هایی که بیشترین امکان وقوع را در ترانسفورماتورهای پدمانتد دارند بسیار مهم است. زیرا به عمل کردن در کارکرد یا هماهنگ سازی این حفاظت ها می تواند شرایط خطرناکی را سبب شود که از نظر امنیت و اطمینان خاطر مناسب نخواهد بود .

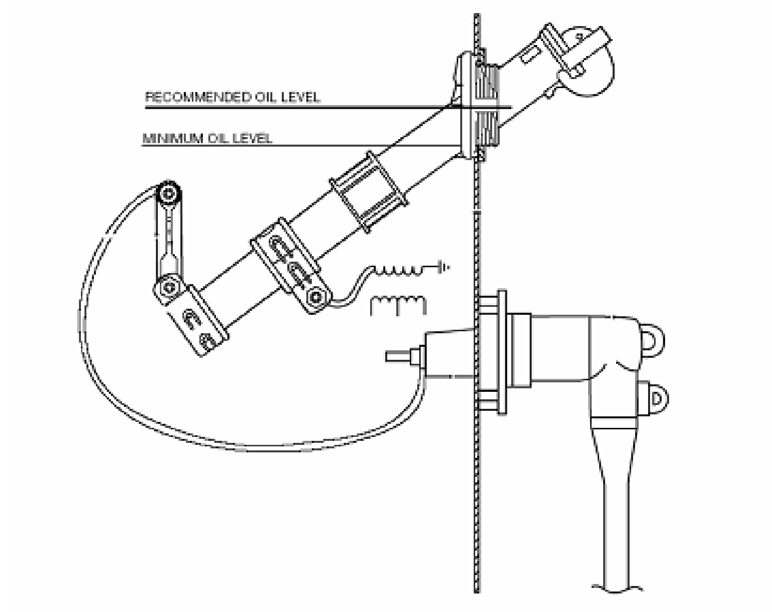
این قسمت روش اجرای اضافه جریان و ولتاژ متعارف را در پدمانتد ترانسفورماتورها تجزیه و تحلیل می کند.

2-4) سیستم های حفاظتی در پدمانتد ترانسفورماتورها :

اضافه بار و حفاظت خطای ثانویه :

الف) bay-o-net-fuse

این ها فیوزهای در روغن آغشته دفعی هستند اما قابل جایگذاری بصورت بیرونی هستند . فیوز نصب شده روی چرخ لنگر درون تانک زیر روغن منبسط شده و بار را با توجه به ساختار شکل 1 قطع کند .



دو نوع از اجزای فیوز که اشاره شد :

1. آنها با استفاده از قطع کردن جریان فقط برای حفاظت در برابر جریان خراب کننده استفاده می شود.
2. آن ها برای حفاظت مقابل جریان خراب کننده و خطر افزایش دمای ترانسفورماتور استفاده می شوند.

جدا از نوع قبلی فیوزهای جریان زیاد وجود دارد که قابلیت تاب آوردن را در اضافه بارهای بزرگ را دارد .هدف ای نوع فیوزها این است که می توان در ترانسفورماتورهای بزرگ از آن ها استفاده کرد .در حالتی که این فیوز باز می شود به دو چیز باید توجه کرد :

1. تهویه تانک ترانسفورماتور ، رها کردن فشارهای اضافی برای جلوگیری از وقوع شرایط خطرناک مانند نگهدارنده ی فیوز دفعی یا اسپری مایع به بیرون نگهدارنده .
2. جایگذاری یک فیوز دمیده شده ، سازندگان باز و بسته کردن را دورمدار ، را پیشنهاد می کنند .بخاطر امکان رد کردن ترانسفورماتور رد شده ، فیوز می تواند در روی سیستم های با جریان خطای ماکزیمم بسته شود.

وقتی یک فیوز جایگذاری می شود معمولا یک نوع drip tray (شکل 2)برای حفاظت بقیه عناصر ترانسفورماتور (برق گیرها ، پایانه ها ، کابل ها و ...)برای جلوگیری از چکیدن مایع دی الکتریک استفاده می شود .

Fig. 2. Drip tray (ABB)

فیوزها برای هماهنگ سازی جریان محدود یا با عناصری ، که عـایق هـا نامیـده مـی شوند ایده ال هستند .

ب) internal cartridge fuse

این نوع فیوزها ، فیوزهای به روغن آغشته که درون تانک ترانسفورماتورها قرار گرفتـه انـد . بـه صورت عمودی جهت دارند و یکی از اصلی ترین مشـکلات آنهـا عـدم امکـان ایسـتایی آن هـا از بیرون است .(شکل 3 و 4).

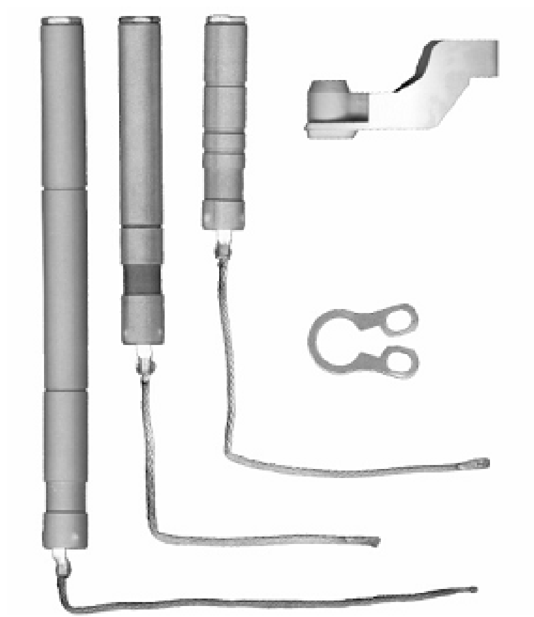


Fig. 3. Internal expulsion fuses (ABB)

در سیستم های توزیع زمانی که توان اتصال کوتاه زیاد بـالا نیسـت ایـن فیـوز فقـط بـه عنـوان حفاظت جریان زیاد اصلی استفاده شود .از جریان های اتصال کوتاه بالا ، آن باید برای هماهنـگ سازی با فیوزهای جریان محدود partial – range استفاده شود . (شکل 4)

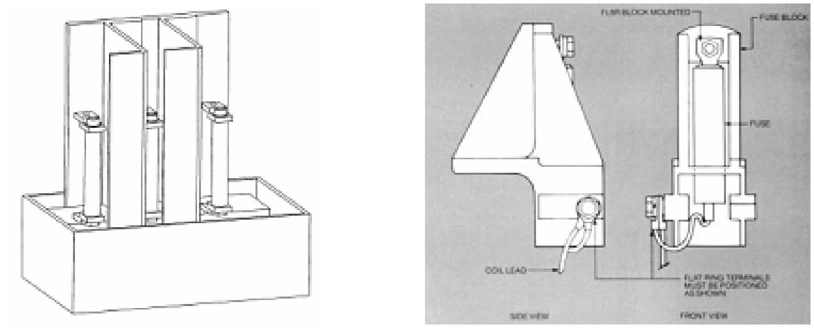


Fig. 4. Location of internal cartridge fuses (COOPER)

مانند قبلی در فیوزهای bay – o – net آن ها می توانند با حس کردن جریان یا سنس کـردن عنصر دو تایی یافت شوند .

ج) magnex interrupter (قطع کننده مغناطیسی) :

magnex interrupter (شکل 5) وسیله ی حفاظتی است که در کنـار عمـل حفاظـت مـی تواند به عنوان کلید قطع کننده ی یار به کار برود . در نتیجه مـی توانـد هزینـه ی(مـثلا تلفـات هسته در ترانسفورماتور) و فضا را در سرتا سر پـد مانتـد ترانسـفورماتور کـاهش دهـد . آن هـا بصورتی تک فاز ، دو فاز و سه فاز موجود هستند . (شکل 5)

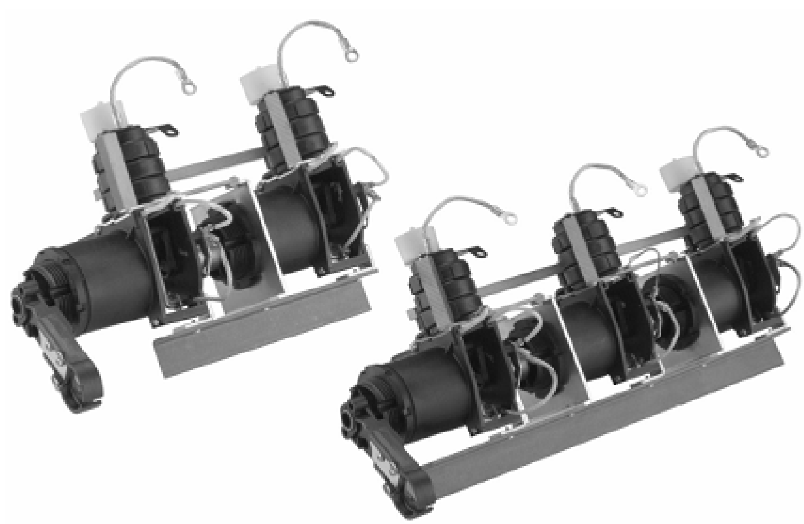


Fig. 5. Magnex® interrupter (COOPER)

مشابه تعدادی از فیوز های آن فقط در زیر شرایط اضافه جریان واکنش نشان نمی دهد بلکه زمانی که دما در ترانس بیشتر از مقدار مجاز جریان برای مواد عایق شود نیز واکنش نشان می دهد .

از این رو ممکن است گفته شود که در زیر شرایط خطا ویژگی های TTC (منحنی زمان جریان) آن مشابه فیوزها می باشد .

در ایستایی بیرونی ، قطع کننده ی مغناطیسی در دو راه مختلف عمل می کند. (شکل 6)

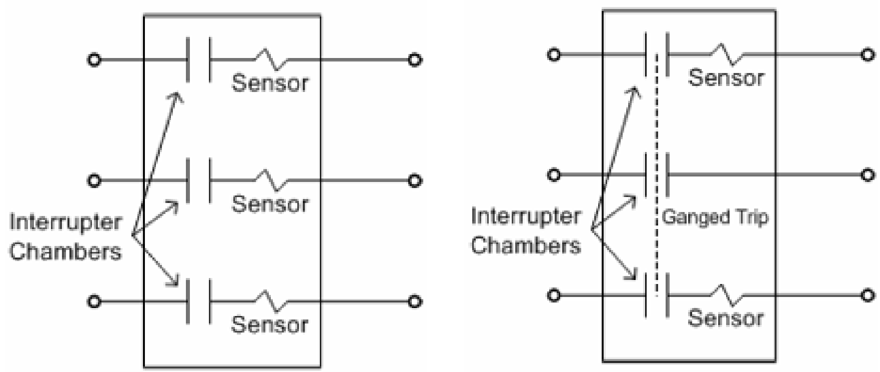


Fig. 6. Operation systems (COOPER)

1. حس کردن تک فاز ، تریپ تک فاز :

شامل یک سنسور در هر فاز ، آن فقط در هر فازی که خطا رخ داده واکنش نشان می دهد و آن فاز را تریپ می دهد که در ترانسفورماتورهای با اتصال اولیه ستاره استفاده می شود و در هماهنگ سازی با فیوزهای محدود کننده ی جریان پشتیبانی با یک جداکننده استفاده می شود .

2. حس کردن تک فاز ، تریپ سه فاز :

شامل یک سنسور در دو فاز از سه فاز می باشد . آن فقط در هر فاز که خطا رخ داده واکنش نشان می دهد و هر سه فاز را قطع می کند . که در ترانسفورماتورهای با اتصال اولیه مثلث استفاده می شود و همیشه باید در هماهنگ سازی با فیوز های محدود کننده ی جریان پشتیبانی استفاده شود .

در هر دو حالت بالا امکان باز و بسته کردن هر سه فاز فقط با سر و کار داشتن با یک فاز وجود دارد .

در این حالت قطع کننده ی مغناطیسی با یک لینک یا یک فیوز محدودکننده ی جریان هماهنگ سازی می شود . خط فشار قوی ابتدا باید به آن ها متصل شود و سپس به مغناطیس وصل شود .

3. حفاظت خطای داخلی :

3. الف) isolation link :

این عنصر به صورت سری با فیوزهای bay – o - net و قطع کننده های مغناطیسی قرار می گیرد . در شرایطی که فیوز محدود کننده ی جریان که بصورت سری متصل باشد وجود ندارد . برای ضمانت کردن حفاظت اضافی در حالت خطا درونی ترانسفورماتور و همچنین در رد کردن و سویچ کردن هنگام بهره برداری . (شکل 7)

Fig. 7. Isolation Link (COOPER)

آن طراحی شده است تا در زیر جریان های خطای بالا که بخاطر خطای درونی پد مانتد ترانسفورماتور تولید می شود ذوب شود ، جهت جلوگیری از دو بار انرژی دار شدن ترانسفورماتور از کار افتادن این عنصر حد مجاز وقفه ندارد اما ویژگی های ذوب شدن دارد .

ب) submersible partial – range current – limiting fuse :

این نوع فیوز پشتیبانی (شکل 8) برای هماهنگ سازی حفاظت های اصلی جریان های پایین مورد استفاده است مثلا فیوزهای bay – o – net یا قطع کننده ی های مغناطیسی

بخاطر اینکه به خاطر TTC آن زیر سطح جریان زیاد بطور مناسب نمی تواند عمل کند.

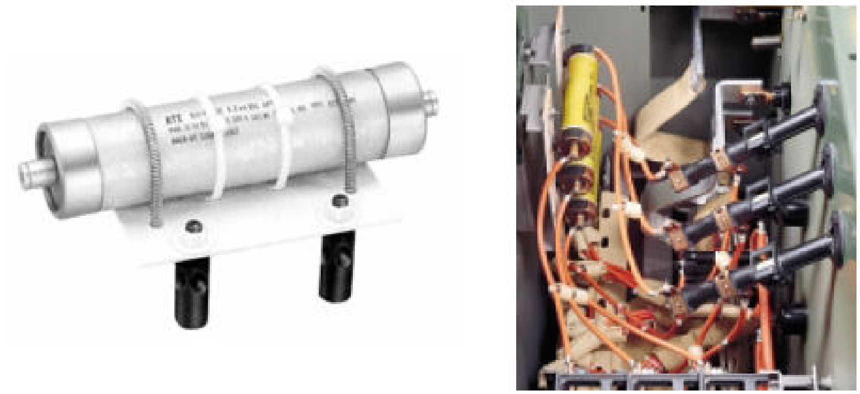


Fig. 8. Submersible current-limiting fuse (COOPER)

بخاطر مکان آن ها (درون تانک) و عملکرد آن ها (ردیابی خطای درونی) در این صورت یکی از فیوزها باز می شوند . این مقرون به صرفه نیست که فقط فیوز عوض شود بلکه باید ترانسفورماتور نزد سازنده برای تعمیر برده شود . وقتی نیازمندی های جریان خیلی بالا باشد امکان آنکه دو فیوز را بطور موازی برای هر فاز بکار ببریم می باشد . افزایش کارایی مجاز اما اشغال فضای بیشتر .

جدا از فیوزهای submersible تعدادی از سازندگان مقداری فیوز با اندازه ی کوچک تر را پیشنهاد می کنند . (شکل 9 "shorty") که مخصوص ا برای فشرده شدن در طراحی و نصب آسان تر در ترانسفورماتورهای کوچک تر طراحی می شوند .

Fig. 9. OS Shorty back-up current-limiting fuse (HIGH-TECH FUSES)

4. general protection :

الف) dry – well cansiter fuse :

این ها راه های عمومی برای فیوزهای محـدود کننـده ی جریـان (شـکل 10) مـی باشـد (در جایگزینی خارجی ، طراحی بصورت اریـب و صـاف وجـود دارد (کـه نـوع اریـب بـرای پدمانتـد ترانسفورماتورها با اندازه ی کوچک بیشتر استفاده می شود) .

Fig. 10. Canister type fuses (SIEMENS)

نگهدارنده های فیوز بر اساس دو ویژگی برجسته کار می کنند :

1. طراحی بدون قطع بار :

بخاطر نبودن توانایی   و خاموش کردن در این نوع فیوز استفاده از یک سویچ قطع کننده ی بار ضروری است . آن ها امکان بهم پیوستن با این فیوز را پیش کش می کنند . با استفاده از یک گمراه کردن ایمن این را ه برای اطمینان کردن امکان پذیر است . مگر این که سویچ قطع باشد امکان دستیابی به قطع شدن فیوز نمی باشد .

2. طراحی قطع کردن بار :

آن ها مشابه قبلی علاوه بر اضافه کردذن یک وسیله ی قطع بار می باشند . با استفاده از یک خاموش کننده ی آرک. این ها فیوز های محدود کننده ی ی جریان تمام رنج می باشند در نتیجه کارکرد hot stick ضروری می باشد . مشابه حالت فیوزهای submersible که اگر نیازمندی های جریان زیاد باشد نیاز است تا بصورت موازی نصب شوند .

یک آرک قابل سویچ کردن می تواند در یک جفت نصب شود یا گاهی آن ها می توانند تنها به فیوزهای محدود کننده ی جریان با رنج های مختلف متصل شوند .

در این حالت ها خط های وارد شونده به بالای کلیدها متصل می شوند بنا براین زمانی که سویچ باز است خط بدون انرژی می باشد .

5.ابزار های اضافه جریان که بیشترین کاربرد را دارند :

تجزیه و تحلیل وسایل حفاظتی اضافه جریان که با سازندگان مختلف پد مانتد ترانسفورماتورها در جدول I آمده است .

همانطور که نشان داده شده است نوع dead front بیشتر از نوع live front پیشنهاد میشود مخصوصا زمانی که فیوزها اهمیت دارند . هماهنگ سازی میان یک فیوز دفعی و یک فیوز محدود کننده جریان partial – range نتیجه شده است. این سیستم حفاظتی مزایایی دارد : هزینه ،عملکرد و نگهداری راحتر و ایمن تر .

بعلاوه بخاطر جایگذاری خارجی آنها ، به نظر میرسد که فیوزهای bay-o-net مزیت مهمتری به فیوز های کار تریج داخلی دارند .

Table I. Most common overcurrent protection devices

	ABB	COOPER	ERMCO	GE	HOWARD INDUSTRIES	MAGNETRON	MGM	SIEMENS	SQUARE D
Bay-o-Net Fuses	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Internal Cartridge Fuse	X	X	X	X	X			X	X
Internal Partial-Range CL Fuse	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Dry-Well Cannister Type Fuses	X		X	X	X		X	X	X
Clip-Mounted Live Front Fuses – Arc Strangler		X						X	X
Magnex® Interrupter		X							
Isolation Link		X				X		X	

حفاظت اضافه ولتاژ :

معمولا در ترنسفور ماتور های پد مانتد برقگیر های نوع MOV برای حفاظت اضافه ولتـاژ بکـار میروند که با توجه بویژ گیهایشان به سه نوع مختلف تقسیم می شوند :

1. برق گیر های با آرنج خارجی (شکل 14)

Fig. 14. Elbow surge arresters (COOPER)

آن ها برقگیر های dead front هستند که به بوشینگ های dead front متصل میشوند . آن ها معمو لا با یک feed – thru چرخش پذیر استفاده میشوند که بـرای اینکـه اجـازه استفاده ان را بوشینگ های یکسان رابط ارنج داده شود .

زمانی که مشکلات فضا مهم باشد یا در کار برد های مطمئن ، انواع دیگری از برق گیر هـای نوع آرنج که packing stand arrester نامیده میشوند استفاده شوند .

2. برقگیر های live front خارجی : (شکل 15)

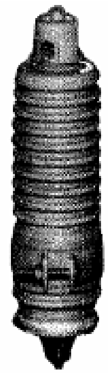


Fig. 15. External live front arresters (SQUARE D)

آن ها برای ساختار live front مورد استفاده هستند واز چینی و پلیمر ساخته شده اند .

3. برق گیر های under oil : (شکل 16)

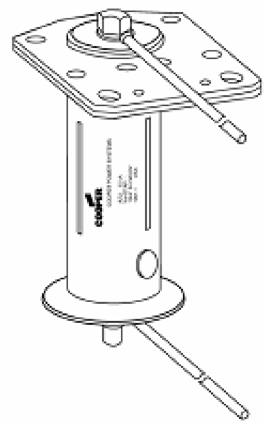


Fig. 16. Under Oil arresters (COOPER)

آن ها برای اینکه در داخل ترانسفور ماتورها قرار بگیرند و بصورت قوطه ور در روغن کار کنند ساخته شده اند . این برق گیر ها برای جلو گیری از کوتاهی عمر طراحی شده اند به چند دلیل :

آلودگی سطح ، خرابی ناشی از وحوش و خرابی ناشی از رطوبت .

هنگامی که تست ترانسفور ماتور در حال انجام می باشد استفاده از تعدادی جدا کننده ضروری است .

2-5) تعیین کردن سایز ترانسفورماتورها بصورت بهینه :

مطالعه بروی 960 ترانسفورماتور بر اساس :

1. تحقیقات و دسته بندی ترانسفورماتورهای موجود .
2. آنالیز مزایا – هزینه ی ترانسفورماتورها بصورت ایده ال و واقعی
3. پیش بینی میزان تقاضای توان با توجه به اینکه در آینده چقدر توان مورد نیاز می باشد .

مطالعه ی ترانسفورماتور های موجود در سرویس :

مقایسه ی KVA تقاضا شده با میزان حداکثر KVA آورده شده بروی پلاک ترانسفورماتور که دارای دو نماد می باشد :

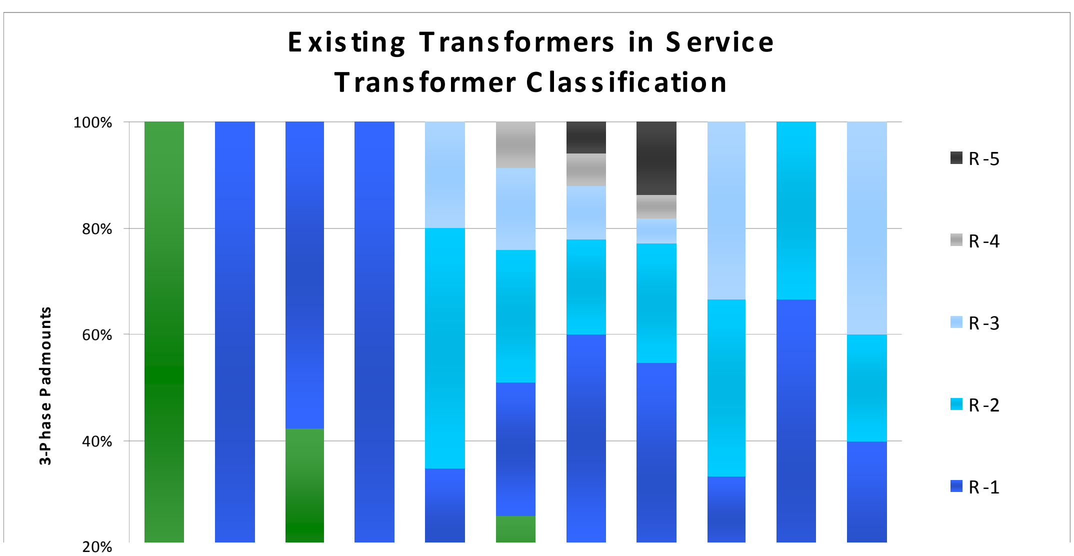
1. (R+) : بیان میکند که توان ترانسفورماتور کمتر از بار مورد تقاضا می باشد و نیاز به ترانسفورماتور با سایز بزرگتر می باشد .
2. (R-) بیان می کند که توان ترانسفورماتور بیشتر از بار مورد تقاضا می باشد و یک ترانسفورماتور کوچکتر کفایت می کند .

با توجه به اطلاعات بدست آمده از 960 ترانسفورماتور 605 عدد از آن ها (63درصد) بزرگتر از سایز مورد نظر بوده اند .

حدود 10 درصد حداقل 3 سایز بزرگ بودند.

تعداد کمی از ترانسفورماتور ها برای بار موردنظر کوچک می باشند .

نتایج تحقیقات در شکل زیر آمده است .



Category Dispersion of Transformers In Service

3-Phase Padmounts

Cat.	75 kVA	112 kVA	150 kVA	225 kVA	300 kVA	500 kVA	750 kVA	1000 kVA	1500 kVA	2000 kVA	2500 kVA	Totals
R+1	7		15		4	1						
R	143		118		25	29	10	2	1			
R-1		6	181	1	71	29	20	10	1	2	2	323
R-2					130	29	9	5	2	1	1	177
R-3					57	18	5	1	2		2	85
R-4						10	3	1				14
R-5							3	3				6

Total Number of 3-Phase Padmounts 960 ***63.02% Oversized***
Total Number of Oversized Transformers 605 ***10.94% R-3 or Greater***

فصل سوم :

استاندارد ها در پد مانتد ترانسفورماتورها :

ویژگی	IEC	ANSI/IEEE	ملاحظات
1.شـرایط سـرویس معمول	IEC 76.1	C57.12.01 نوع خشک C57.12.00 نوع روغنی	
ارتفاع	کمتر از 1000 متر از سطح دریا	کمتر از 1000 متر از سطح دریا	

دمای هوا و سردی محیط			
خنک شدن توسط آب	کمتر از 25درجه ی سانتی گراد	کمتر از 30 درجه ی سانتی گراد و میانگین دمای آب سرد کننده نباید از 25 درجه ی سانتیگراد در هر 24 ساعت باشد . حداقل دمای آب نباید کمتر از 1 درجه ی سانتی گراد باشد مگر اینکه آب شامل آنتی فریز مناسب با 20- درجه ی سانتی گراد باشد.	شرایط سرویس تعریف شده در هر دو استاندارد قابل مقایسه است .
خنک شدن توسط هوا : مقدار دمای هوا	زیر 40 درجه ی سانتیگراد و بالای 25- درجه ی سانتی گراد ، برای محدودیت بیشتر استاندارد IEC 76-2 برای ترانسفورماتورهای غوطه ور در روغن واستاندارد IEC 726 برای ترانسفورماتورهای خشک	کمتر از 40 درجه ی سانتی گراد و میانگین دمای هوای خنک کننده در هر 24 ساعت نباید بیشتر از 30 درجه ی سانتی گراد باشد .	
ولتاژ اعمالی	تقریبا سینوسی و سیمتریک	تقریبا سینوسی و سیمتریک	
جریان بار	میانگین هارمونیک 5 درصد	حداکثر 5 درصد هارمونیک	
2.شرایط سرویس غیر معمول	IEC 76-1 قسمت1.2.2 IEC 76-2	C57.12.01-قسمت 4.2 C57.12.00- قسمت 4.3	
بارگذاری غیر معمول	قسمت 4.4 اگر بیشتر از 1000 M باشد	C57.96 برای نوع خشک C57.91 و C57.92 برای نوع روغنی	
ارتفاع غیر معمول	اگر بیشتر از 1000 متر باشدمحدوده ی افزایش دما بر	ضریب تصحیح فاکتور ارتفاع در جدول 1یک از C57.12.01 وC57.12.00	

	قسمت 4.3 از I C 76-2 عایق خارجی در ارتفاع بالا با قسمت 76-3 و 76-3-1 برای ترانسفورماتورهای روغنی و IE 726 برای نوع خشک				
کار در بیشتر از ولتاژ نامی	باید جریان نامی عبور کننده در ولتاژ اعمالی برابر با 105 درصد ولتاژ اعمالی باشد .		باید جریان نامی عبور کننده در ولتاژ اعمالی برابر با 105 درصد ولتاژ اعمالی باشد .		
دسته بندی ترانسفورماتورها	قسمت 1.2.1.1 از IEC 76-5		قسمت 12.1 از C57.12.90 و C57.12.91		
			یک فاز	سه فاز	
دسته بند از جهت توان	دسته ی 1	تا 3150 KVA	1– 500KVA	15 – 500 KVA	
	دسته ی 2	40000-3151 KVA	1667 - 501	5000 - 501	
	دسته ی 3	بالای 40000 KVA	10000 - 1668	30000 - 5001	
	دسته ی 4	-	بالای 10000	بالای 30000	
دسته بند از جهت ولتاژ	در IEC دسته بندی از جهت ولتاژ وجود ندارد		قسمت 10. 5 از C57.12.00 قسمت اول ترانسفورماتور های قدرت با		

		ولتاژ 69KV و کمتر قسمت دوم ترانسفورماتور های قدرت با ولتاژ بین 115KV و 765KV	
نرخ	قسمت 4.1 از IEC 76-1	قسمت 5.4 از C57.12.00 , C57.12.01 و	
امپدانس	جدول IEC 76-5 Rated KVA — % Up to 630 — 4.0 631-1250 — 5.0 1251-3150 — 6.25 3151-6300 — 7.15 6301-12500 — 8.35 12501-25000 — 10.0 25001-200000 — 12.5	نوع خشک جدول 4 از 1981 C57.12.51 HV BIL KV — LV VOLTAGE ≤ 600 V — ≥2400 ≤ 60 — 5.75 — 5.75 > 60 — By discussion between user and manufacturer نوع روغنی جدول 10 از C57.12.10 HV BIL — Without LTC LV 420V — Without LTC LV 2400 and above — With LTC LV 2400and above 60-110 — 5.75 — 5.5 — --- 150 — 6.75 — 6.5 — 7.0 200 — 7.25 — 7.0 — 7.5 250 — 7.75 — 7.5 — 8.0 350 — ----- — 8.0 — 8.5 450 — ----- — 8.5 — 9.0 550 — ----- — 9.0 — 9.5 650 — ----- — 9.5 — 10.0 750 — ----- — 10.0 — 10.5	در IEC امپدانس بر مبنای درجه می باشد . ANSI شکل ها را بر مبنای این دسته بندی کرده است که آیا ان با LTC است یا خیر
افزایش دمای ترانسفورماتور			
نوع خشک	جدول IV از IEC 726	جدول 4a از استاندارد C57.12.01	

	Temp. class of insulation — Max. temp. rise of wdg. A(105) 60 E(120) 75 B(130) 80 F(155) 100 H(185) 125 C(220) 150	Temp. of Insu. System — Average wdg. temp. rise 130 60 150 80 185 115 200 130 220 150	
هسته و قسمت های آن	نباید گرما به حدی برسد که باعث خراب شدن هسته و قسمت های آن بشود	نباید گرما به مقداری برسد که هسته نتواند وظیفه ی خود را انجام دهد .	
نوع رو غنی	جدول 4.2 از استاندارد IEC 76-2	جدول 5.11 از استاندارد C57.12.00	
میانگین افزایش دمای سیم پیچ بر حسب سانتی گراد	گردش روغن طبیعی : 65	65 (مقدار ماکزیمم دما 80)	
حداکثر افزایش دمای روغن بر حسب درجه سانتی گراد	60	65	
هسته و قسمت های آن	نباید به مقداری برسد که قسمت های مجاور را خراب کند . یا سالخوردگی بیش از حد روغن	نباید به دمای بیش از حد برسد . حداکثر دما فقط در بار حداکثر	
7. تلرانس			
نسبت ولتاژ	$\pm 0.5\%$	$\pm 0.5\%$	هر دو استاندارد مشابه اند
امپدانس			

دو سیم پیچه	هر دو نوع خشک و $\pm$ 7.5% when the impedance is $\geq$ 10% $\pm$ 10% when the impedance is < 10%	Dry type: $\pm$ 7.5% Oil filled: 7.5% if IZ% >2.5 10% if IZ% $\leq$2.5	IEC از ANSI قاطعیت کمتری دارد .
سه سیم پیچه یا بیشتر	$\pm$ 10% for one specified pair $\pm$ 15% for second specified pair.	Dry type: $\pm$ 10% Oil filled: $\pm$ 10%	
نـــــوع اتـــــو ترانسفورماتور	$\pm$ 10% on principal tapping. $\pm$ 15% on any other tapping. All units	Dry type: $\pm$ 10% Oil filled: $\pm$ 10%	
تلفات			
تلفات بی باری	15٪ ، تلرانس ایجاد شده برای تلفات از مجموع ایجاد شده بیشتر نشود .	No. of units in one order 1: + 10 2 or more, each unit: +10 2 or more, avg.: 0	
تلفات بارداری	٪ 10	+6% +6% 0	
جریان بی باری	٪ 30	ANSI چیزی نگفته است .	
سطح عایقی دی الکتریک			
تست صاعقه و تست توان فرکانسی	جدول 3،2،5،4 از IEC 76-3	جدول 5،4،3 از C57.12.00	هر دو استاندارد مشابه می باشند .
سطح موج بلند	جدول 5 از 76-3	جدول 5 از C57.12.00	

کلید زنی			
برداشتن موانع از هوا	76 - 3 – 1	جدول 2 از C57.12.00	هر دو استاندارد مشابه اند.
9. تست			
تست های روتین	قسمت 10.1.1 از استاندارد IEC 76-1	جدول 16 از C57.12.00 و جدول 7 از C57.12.01	اندازه گیری مقاومت ،امپدانس ،و تلفات برای ترانسفورماتورهای 500KVAوکوچکتر در ANSI روتین نیستند . تست صاعقه برای کلاس دو استاندارد ANSI انجام می شود .
تست طراحی	جدول 10.1.2 از استاندارد IEC 76.1	جدول 16 از C57.12.00 و جدول 7 از C57.12.01	مقاومت ،امپدانس ،و تلفات برای ترانسفورماتورهای 500KVAوکوچکتر در استاندارد ANSI طراحی می شوند.
تست های خاص	قسمت 10.1.3 از استاندارد IEC 76.1	جدول 16 از استاندارد C57.12.00 و جدول 7 از C57.12.01	تست صدا یکی از تست های خاص IEC می باشد .

10. اتصالات	جدول 6 از استاندارد IEC 76-1 و D Annex. از استاندارد IEC 76-1	شکل 1 از C57.12.00	
دسته بندی اطلاعات پلاک	قسمت 7 از IEC 76-1	جدول 5 از C57.12.01 و جدول 9 از C57.12.00	
لوازم	IEC شامل لیست لوازم استاندارد نمی باشد .جدول 11 از استاندارد C57.12.10		

با توجه به جدول مشخص می شود که تفاوت زیادی میان قسمت های اصلی مثلا هسته و سیم پیچ بین استانداردهای IEC و IEEE/ANSI نمی باشد . تفاوت ها بیشتر در قسمت های تست و تلرانس می باشند .

فصل 4 :

مشخصات فنی و اقتصادی پد مانتد ترانسفورماتورهایی که در پست های پکیج به کار می روند :

MFG	ABB	S/N	
HIGH VOLTAGE	13200 GRDY 7620 X 0 0	KVA	10
LOW VOLTAGE	240 D 120	LV AMPS	

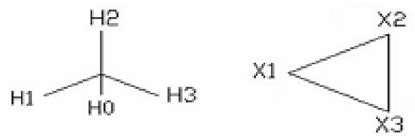
TYPE	OA	HZ	60	HV BIL	95
RISE	65 °C	% IMP.	1.41	LV BIL	30

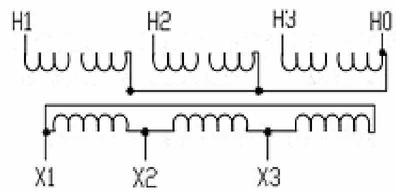
HIGH VOLTAGE		TAP CHANGER	
VOLTS	AMPERES	POSITION	CONNECTS
8000		A	
7810		B	
7620		C	
7430		D	
7240		E	

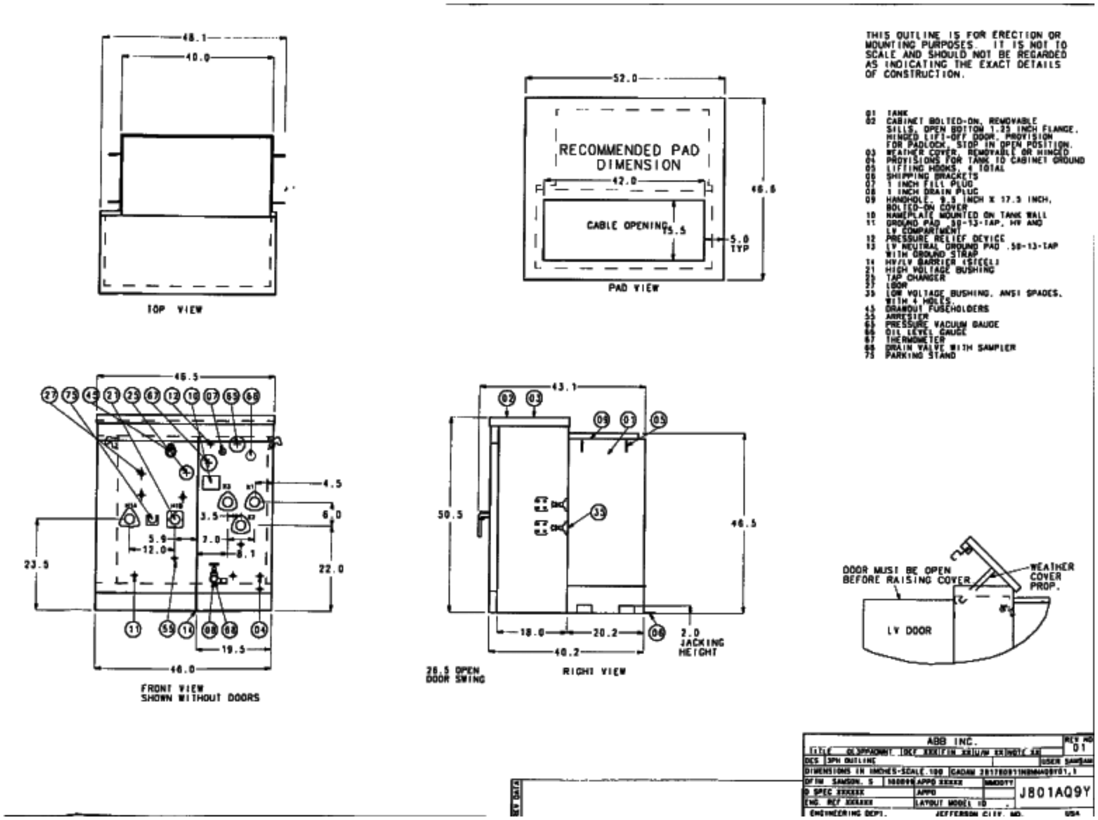
APPROX. WEIGHT IN POUNDS

UNTANKING		
TANK & FITTING		
LIQUID		OIL
GAL	112	896
TOTAL WEIGHT		1670

PLAN VIEW







Specifications:

HV CONDUCTOR: Copper
LV CONDUCTOR: Copper
CONFIGURATION: Live Front/Loop Feed
TAPS: 8000 7810 7620 7430 7240
PHASE: 1
FREQUENCY: 60
DEGREE RISE: 65
IMPEDANCE: 1.41

Dimensions:

H: 51 in. W: 47 in. D: 41 in.

Weight:

1670 lbs. 112 gal.

LIQUID: oil
MANUFACTURER: ABB
OEM SERIAL: 99J959308
STOCK NO: S10694-19

Fusing:
Bayonet

Switches:
2-2 pos. LBOR

Accessories:
Dial-Type Thermometer
Liquid Level Gauge

Commercial Terms:
SHIPMENT: Immediate
PAY TERMS: Net 30 with approved credit upon completion
SHIPPING TERMS: FOB Factory - Freight Charges Additional
SHIPSITE: Greenville, SC
WARRANTY: 1 year

Price: $7,430.00 ea.
Prices valid for 30 days. Subject to Prior Sale. SALES TAXES will be added for product delivered into CA,IL, MI, PA, SC, & TX if a tax exempt or resale certificate is not provided with purchase order. Quoted price includes 3% cash discount

MFG: W

S/N:

HIGH VOLTAGE: 2400 4160 X 0 0

KVA: 25

LOW VOLTAGE: 120 240

LV AMPS:

TYPE: OA

HZ: 60

HV BIL: 60

RISE: 65 °C

% IMP.: 4.2

LV BIL: 30

HIGH VOLTAGE		TAP CHANGER	
VOLTS	AMPERES	POSITION	CONNECTS
2570		A	
2460		B	
2400		C	
2340		D	
2280		E	

APPROX. WEIGHT IN POUNDS

UNTANKING:

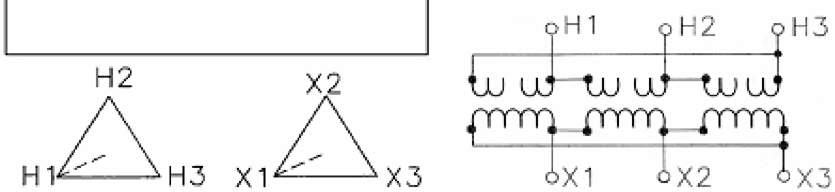
TANK & FITTING:

LIQUID: OIL

GAL:

TOTAL WEIGHT: 1500

PLAN VIEW



Specifications:

HV CONDUCTOR: Copper

LV CONDUCTOR: Aluminum

CONFIGURATION: Live Front/Loop Feed

TAPS: 2570 2460 2400 2340 2280

PHASE: 1

FREQUENCY: 60

DEGREE RISE: 65

IMPEDANCE: 4.20

LIQUID: oil

MANUFACTURER: Westinghouse

Dimensions:

H: 43 in. W: 36 in. D: 46 in.

Weight:

1500 lbs. (See sales engineer for gallons of fluid)

OEM SERIAL: 77E470316
STOCK NO: S10676-1

Fusing:

None

Commercial Terms:

SHIPMENT: Immediate

PAY TERMS: Net 30 with approved credit upon completion

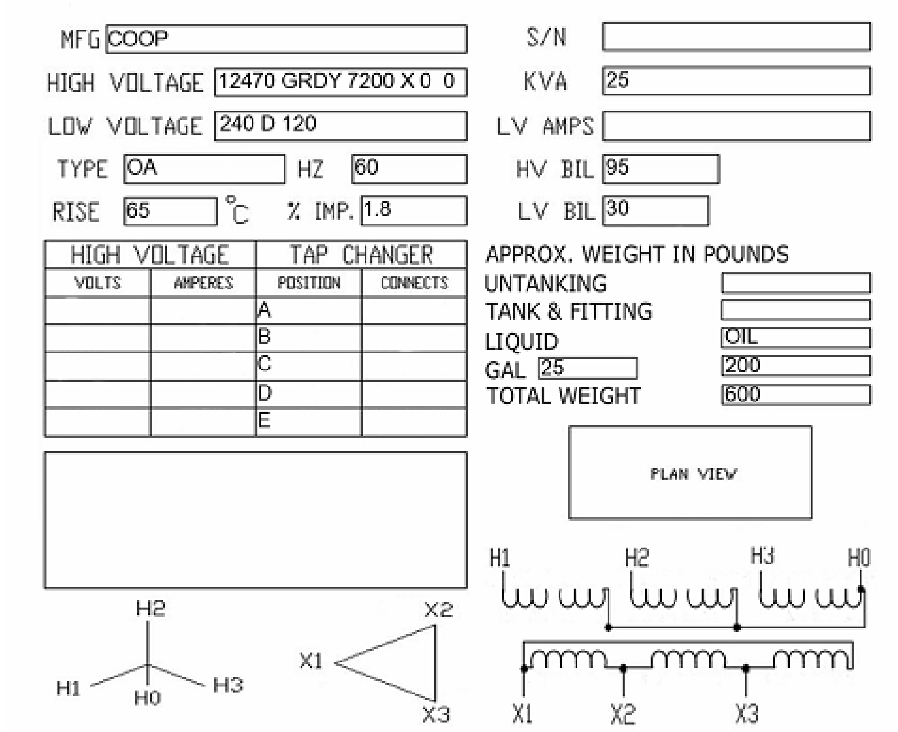
SHIPPING TERMS: FOB Factory - Freight Charges Additional

SHIPSITE: Bakersfield, CA

WARRANTY: 2 year

Price: $2,190.00 ea.

Prices valid for 30 days. Subject to Prior Sale. SALES TAXES will be added for product delivered into CA,IL, MI, PA, SC, & TX if a tax exempt or resale certificate is not provided with purchase order. Quoted price includes 3% cash discount



MFG COOP

S/N

HIGH VOLTAGE 12470 GRDY 7200 X 0 0

KVA 25

LOW VOLTAGE 240 D 120

LV AMPS

TYPE OA HZ 60

HV BIL 95

RISE 65 °C % IMP. 1.8

LV BIL 30

HIGH VOLTAGE		TAP CHANGER	
VOLTS	AMPERES	POSITION	CONNECTS
		A	
		B	
		C	
		D	
		E	

APPROX. WEIGHT IN POUNDS

UNTANKING	
TANK & FITTING	
LIQUID	OIL
GAL 25	200
TOTAL WEIGHT	600

Specifications:

HV CONDUCTOR: Copper
LV CONDUCTOR: Aluminum
CONFIGURATION: Dead Front/Loop Feed
PHASE: 1
FREQUENCY: 60
DEGREE RISE: 65
IMPEDANCE: 1.80
LIQUID: oil
MANUFACTURER: COOP
OEM SERIAL: ST0408T18376-2
STOCK NO: T18376-2-S

Dimensions:

H: 44 in. W: 33 in. D: 29 in.

Weight:

600 lbs. 25 gal.

Fusing:
None
Commercial Terms:
SHIPMENT: Immediate
PAY TERMS: Net 30 with approved credit upon completion
SHIPPING TERMS: FOB Factory - Freight Charges Additional
SHIPSITE: Greenville, SC
WARRANTY: 2 year

Price: $2,190.00 ea.
Prices valid for 30 days. Subject to Prior Sale. SALES TAXES will be added for product delivered into CA,IL, MI, PA, SC, & TX if a tax exempt or resale certificate is not provided with purchase order. Quoted price includes 3% cash discount

MFG	SBT	S/N	
HIGH VOLTAGE	13200 GRDY 7620 X 0 0	KVA	25
LOW VOLTAGE	240 120	LV AMPS	

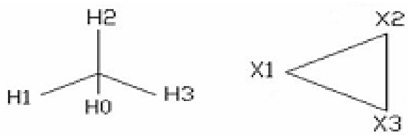
TYPE	OA	HZ	60	HV BIL	95
RISE	65 °C	% IMP.	2.98	LV BIL	30

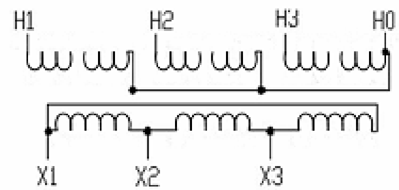
HIGH VOLTAGE		TAP CHANGER	
VOLTS	AMPERES	POSITION	CONNECTS
7970		A	
7620		B	
7430		C	
7200		D	
7020		E	

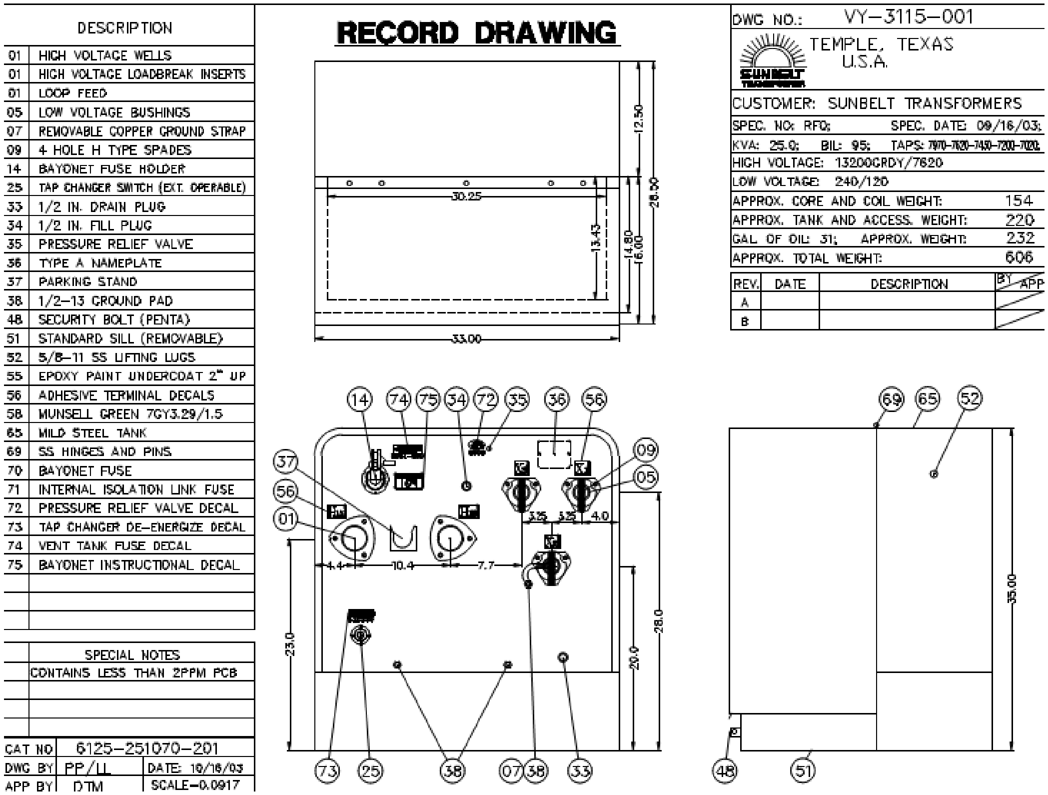
APPROX. WEIGHT IN POUNDS

UNTANKING	154
TANK & FITTING	220
LIQUID	OIL
GAL	
TOTAL WEIGHT	606

PLAN VIEW







Specifications:

HV CONDUCTOR: Aluminum
LV CONDUCTOR: Aluminum
CONFIGURATION: Dead Front/Loop Feed
TAPS: 7970 7620 7430 7200 7020
PHASE: 1
FREQUENCY: 60
DEGREE RISE: 65
IMPEDANCE: 2.98
LIQUID: oil
MANUFACTURER: Sunbelt Transformer

Dimensions:

H: 35 in. W: 33 in. D: 29 in.

Weight:

606 lbs. (See sales engineer for gallons of fluid)

OEM SERIAL: 291818 1807
STOCK NO: NHI16171-5

Fusing:

Bayonet

Notes:

SB # SB56

Commercial Terms:

SHIPMENT: Immediate
PAY TERMS: Net 30 with approved credit upon completion
SHIPPING TERMS: FOB Factory - Freight Charges Additional
SHIPSITE: Temple, TX
WARRANTY: 1 year

Price: $3,020.00 ea.
Prices valid for 30 days. Subject to Prior Sale. SALES TAXES will be added for product delivered into CA,IL, MI, PA, SC, & TX if a tax exempt or resale certificate is not provided with purchase order. Quoted price includes 3% cash discount

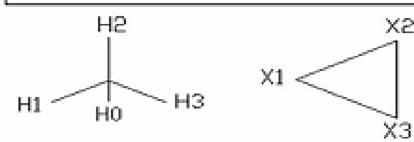
MFG	SBT	S/N	
HIGH VOLTAGE	13200 GRDY 7620 X 0 0	KVA	25
LOW VOLTAGE	240 120	LV AMPS	
TYPE	OA HZ 60	HV BIL	95
RISE	65 °C % IMP. 2.84	LV BIL	30

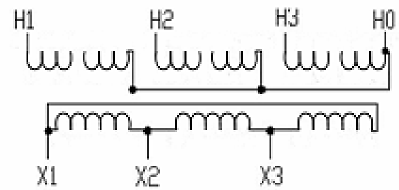
HIGH VOLTAGE		TAP CHANGER	
VOLTS	AMPERES	POSITION	CONNECTS
7970		A	
7620		B	
7430		C	
7200		D	
7020		E	

APPROX. WEIGHT IN POUNDS

UNTANKING	154
TANK & FITTING	220
LIQUID	OIL
GAL	
TOTAL WEIGHT	606

PLAN VIEW





Specifications:

HV CONDUCTOR: Aluminum
LV CONDUCTOR: Aluminum
CONFIGURATION: Dead Front/Loop Feed
TAPS: 7970 7620 7430 7200 7020
PHASE: 1
FREQUENCY: 60
DEGREE RISE: 65
IMPEDANCE: 2.84
LIQUID: oil
MANUFACTURER: Sunbelt Transformer

Dimensions:

H: 35 in. W: 33 in. D: 29 in.

Weight:

606 lbs. (See sales engineer for gallons of fluid)

OEM SERIAL: 4020343007
STOCK NO: NHI16977-1

Fusing:

Bayonet

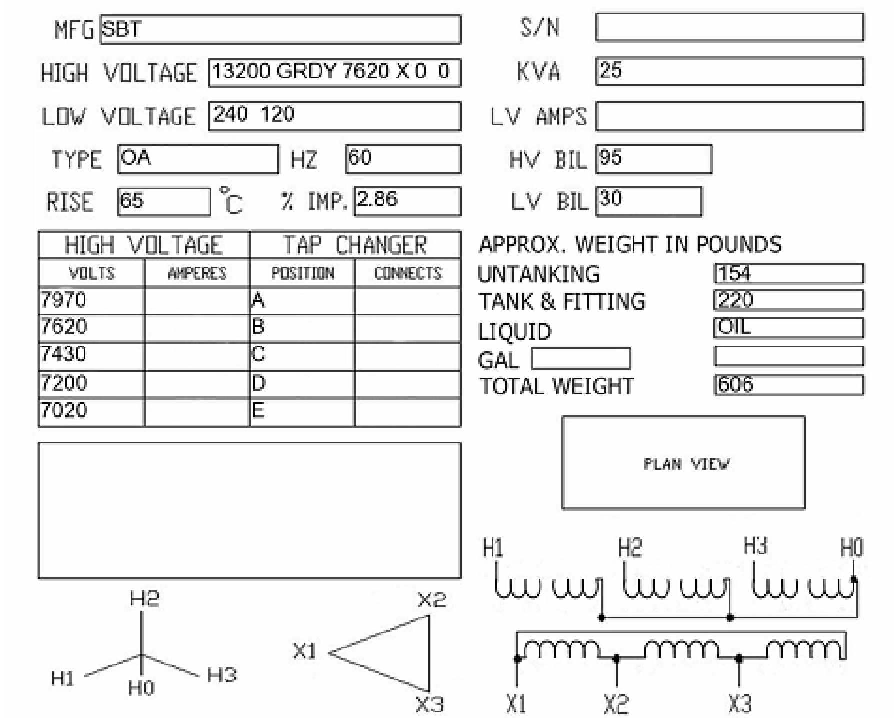
Notes:

SB # SB56

Commercial Terms:

SHIPMENT: Immediate
PAY TERMS: Net 30 with approved credit upon completion
SHIPPING TERMS: FOB Factory - Freight Charges Additional
SHIPSITE: Temple, TX
WARRANTY: 1 year

Price: $3,020.00 ea.
Prices valid for 30 days. Subject to Prior Sale. SALES TAXES will be added for product delivered into CA,IL, MI, PA, SC, & TX if a tax exempt or resale certificate is not provided with purchase order. Quoted price includes 3% cash discount



Specifications:

HV CONDUCTOR: Aluminum
LV CONDUCTOR: Aluminum
CONFIGURATION: Dead Front/Loop Feed
TAPS: 7970 7620 7430 7200 7020
PHASE: 1
FREQUENCY: 60
DEGREE RISE: 65
IMPEDANCE: 2.86
LIQUID: oil
MANUFACTURER: Sunbelt Transformer
OEM SERIAL: 4020333007

Dimensions:

H: 35 in. W: 33 in. D: 29 in.

Weight:

606 lbs. (See sales engineer for gallons of fluid)

More Info.

STOCK NO: NHI17006-20

Fusing:

Bayonet

Notes:

SB # SB56

Commercial Terms:

SHIPMENT: Immediate

PAY TERMS: Net 30 with approved credit upon completion

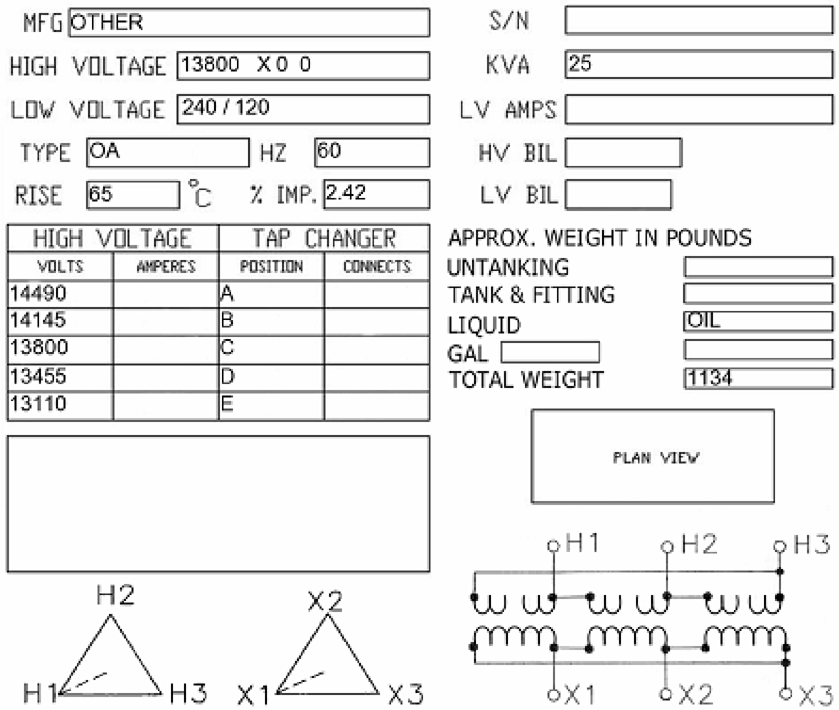
SHIPPING TERMS: FOB Factory - Freight Charges Additional

SHIPSITE: Temple, TX

WARRANTY: 1 year

Price: $3,020.00 ea.

Prices valid for 30 days. Subject to Prior Sale. SALES TAXES will be added for product delivered into CA,IL, MI, PA, SC, & TX if a tax exempt or resale certificate is not provided with purchase order. Quoted price includes 3% cash discount



MFG: OTHER
S/N:
HIGH VOLTAGE: 13800 X0 0
KVA: 25
LOW VOLTAGE: 240 / 120
LV AMPS:
TYPE: OA
HZ: 60
HV BIL:
RISE: 65 °C
% IMP.: 2.42
LV BIL:

HIGH VOLTAGE		TAP CHANGER	
VOLTS	AMPERES	POSITION	CONNECTS
14490		A	
14145		B	
13800		C	
13455		D	
13110		E	

APPROX. WEIGHT IN POUNDS
UNTANKING:
TANK & FITTING:
LIQUID: OIL
GAL:
TOTAL WEIGHT: 1134

Specifications:

HV CONDUCTOR: Copper
LV CONDUCTOR: Copper
CONFIGURATION: Dead Front/Loop Feed
TAPS: 14490 14145 13800 13455 13110
PHASE: 1
FREQUENCY: 60
DEGREE RISE: 65
IMPEDANCE: 2.42
LIQUID: oil
MANUFACTURER: OTHER
OEM SERIAL: st0609a22813-1
STOCK NO: S3256-S

Dimensions:

H: 33 in. W: 38 in. D: 41 in.

Weight:

1134 lbs. (See sales engineer for gallons of fluid)

Switches:

1-2 pos. LBOR

Commercial Terms:

SHIPMENT: Immediate

PAY TERMS: Net 30 with approved credit upon completion

SHIPPING TERMS: FOB Factory - Freight Charges Additional

SHIPSITE: Temple, TX

WARRANTY: 2 year

Price: $2,190.00 ea.

Prices valid for 30 days. Subject to Prior Sale. SALES TAXES will be added for product delivered into CA,IL, MI, PA, SC, & TX if a tax exempt or resale certificate is not provided with purchase order. Quoted price includes 3% cash discount

MFG: RTE

S/N:

HIGH VOLTAGE: 2400 D 0 X 0 0

KVA: 45

LOW VOLTAGE: 208 Y 120

LV AMPS:

TYPE: OA

HZ: 60

HV BIL: Std

RISE: 65 °C

% IMP.: 5.09

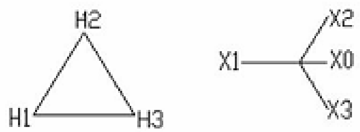
LV BIL: 30

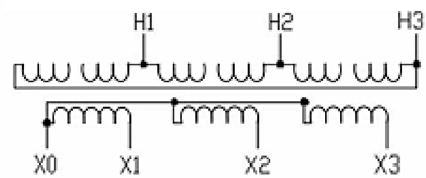
HIGH VOLTAGE		TAP CHANGER	
VOLTS	AMPERES	POSITION	CONNECTS
2520		A	
2460		B	
2400		C	
2340		D	
2280		E	

APPROX. WEIGHT IN POUNDS

UNTANKING	492
TANK & FITTING	1468
LIQUID	OIL
GAL 232	1856
TOTAL WEIGHT	3700

PLAN VIEW





Specifications:

HV CONDUCTOR: Aluminum
LV CONDUCTOR: Aluminum
CONFIGURATION: Dead Front/Loop Feed
TAPS: 2520 2460 2400 2340 2280
PHASE: 3
FREQUENCY: 60
DEGREE RISE: 65
IMPEDANCE: 5.09
LIQUID: oil
MANUFACTURER: RTE
OEM SERIAL: st080719181-1-1

Dimensions:

H: 62 in. W: 61 in. D: 45 in.

Weight:

3700 lbs. 232 gal.

STOCK NO: S32131-S

Fusing:

Drywell

Switches:

1-2 pos. LBOR

Accessories:

Drain and Sample Valve
Pressure vacuum gauge
Dial-Type Thermometer

Commercial Terms:

SHIPMENT: Immediate
PAY TERMS: Net 30 with approved credit upon completion
SHIPPING TERMS: FOB Factory - Freight Charges Additional
SHIPSITE: Temple, TX
WARRANTY: 2 year

Price: $7,290.00 ea.
Prices valid for 30 days. Subject to Prior Sale. SALES TAXES will be added for product delivered into CA,IL, MI, PA, SC, & TX if a tax exempt or resale certificate is not provided with purchase order. Quoted price includes 3% cash discount

THREE PHASE, LIQUID FILLED , TRANSFORMER TEST REPORT

Customer:	RTS				
Test Date:	August 6, 2007	**PO#:**	N/A	**SBT#:**	A19181
Type:	oa	**Phase:**	3	**Serial #:**	ST0807a19181-1-1
Hertz:	60			**Temp Rise:**	65
Insulating Liquid:	oil				
KVA:	45 - 65C/OA				
HV:	2400				
LV:	208y/120				
Taps:	2520 , 2460 , 2400 , 2340 , 2280				

Load Loss @ 85 (Watts):	1130
No-Load Loss @ 85 (Watts):	106
Total Loss @ Rated KVA:	1236
% Exciting Current @ 100% Voltage:	0.30
% Impedance @ 85 C:	5.09
% Resistance @ 85 C:	2.51
% Reactance:	4.43
Regulation @ 1.0 PF and 1.0 PU Load:	2.61
Regulation @ 0.8 PF and 1.0 PU Load:	4.69
% Efficiency @ 1.0 PF and 1.0 PU Load:	97.33
Total HV Winding Resistance (ohms) @ 85 C:	19.738
Total LV Winding Resistance (ohms) @ 85 C:	0.02133
Liquid Insulation Test:	D877, Routine Test Method
Average Breakdown Voltage:	40 KV

All tests conducted in accordance with the latest transformer test code C57.12.90 of the American National Standards Institiute (ANSI). The above test results are certified correct.

Specifications:

HV CONDUCTOR: Copper
LV CONDUCTOR: Aluminum
CONFIGURATION: Dead Front/Loop Feed
TAPS: NONE
PHASE: 1
FREQUENCY: 60
DEGREE RISE: 65
IMPEDANCE: 1.60
LIQUID: oil
MANUFACTURER: Howard Industry
OEM SERIAL: 5476374406
STOCK NO: T15993-22

Fusing:

BayELSP

Commercial Terms:

Dimensions:

H: 24 in. W: 34 in. D: 49 in.

Weight:

887 lbs. 32 gal.

SHIPMENT: Immediate
PAY TERMS: Net 30 with approved credit upon completion
SHIPPING TERMS: FOB Factory - Freight Charges Additional
SHIPSITE: Greenville, SC
WARRANTY: 1 year

Price: $5,040.00 ea.
Prices valid for 30 days. Subject to Prior Sale. SALES TAXES will be added for product delivered into CA,IL, MI, PA, SC, & TX if a tax exempt or resale certificate is not provided with purchase order. Quoted price includes 3% cash discount

MFG: GE

S/N:

HIGH VOLTAGE: 13200 D 0 X 0 0

KVA: 75

LOW VOLTAGE: 480 Y 277

LV AMPS:

TYPE: OA

HZ: 60

HV BIL:

RISE: 65 °C

% IMP.: 1.9

LV BIL:

HIGH VOLTAGE		TAP CHANGER	
VOLTS	AMPERES	POSITION	CONNECTS
		A	
		B	
		C	
		D	
		E	

APPROX. WEIGHT IN POUNDS

UNTANKING: 600

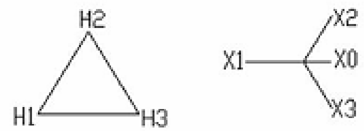
TANK & FITTING: 700

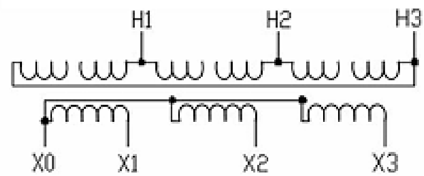
LIQUID: OIL

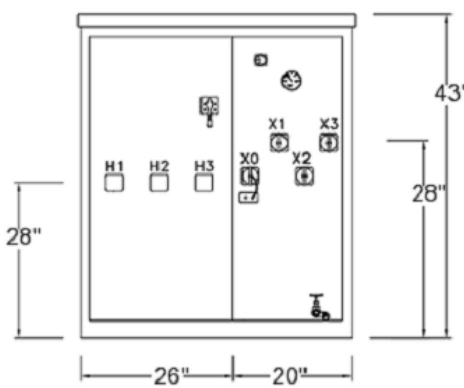
GAL: 75 — 600

TOTAL WEIGHT: 1850

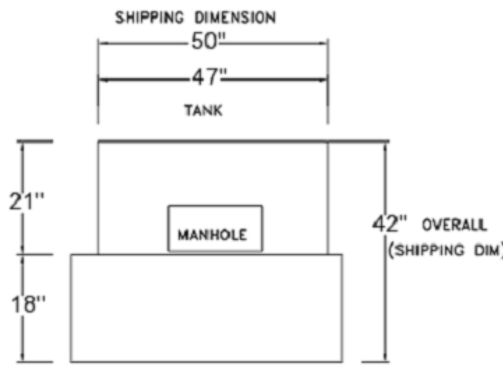
PLAN VIEW







FRONT VIEW



TOP VIEW

Transformer Test Report

JOB NUMBER:	A16055-1	**Type:**	Pad Mount
Manufacturer:	G.E.	**SERIAL NUMBER:**	ST0106A16055-1
P.O. Number:	RTS	**COMPANY:**	RTS
CUSTOMER NAME:	RTS	**PHONE:**	RTS
FLUID:	MINERAL OIL	**FAX:**	RTS

Last Update:	1/7/2006	**KVA:**	75	**Phase:**	3
Voltage:	13200 / 480	**Config:**	DELTA / WYE	**Material:**	ALUMINUM / ALUMINUM
kV BIL:	95 / 30	**Degrees:**	65	**Pcbs:**	0
Impedance:	1.5	**Insulation:**	OIL		

Comment:

Winding Resistance: Measured in ohms at 10 °C. **Test Date:** 1/7/2006

Winding	Winding Voltage	A/B Resistance	B/C Resistance	A/C Resistance
Primary	13200	23.4	23.4	23.3
Secondary	480	0.01018	0.01009	0.01004

Voltage Ratio Test:

Pri. Winding	Pri. Tap	Sec. Winding	Sec. Tap	Ratio	Deviation	Phase
13200	13200	480	480	47.687	0.12	1
13200	13200	480	480	47.674	0.09	2
13200	13200	480	480	47.667	0.07	3

No Load Loss Test:

% Rated Voltage	Loss (kW)	% I
100	0.407	0.983

Transformer Efficiencies (%):

100% Load:	98.40
75% Load:	98.49
50% Load:	98.40
25% Load:	97.62

Load Loss Test: Load losses corrected to 85 °C.

Loss (kW)	Impedance
0.813	1.253

Regulation (P.F.) (%):

1.0:	0.909
0.8 Lag:	1.280
0.8 Lead:	0.175

I^2R Loss	+	Stray Loss	=	Total Load Loss	+	No Load Loss	=	Total Losses
0.706		0.107		0.813		0.407		1.220

Specifications:

HV CONDUCTOR: Aluminum
LV CONDUCTOR: Aluminum
CONFIGURATION: Live Front/Radial Feed
PHASE: 3
FREQUENCY: 60
DEGREE RISE: 65
IMPEDANCE: 1.90
LIQUID: oil
MANUFACTURER: General

Dimensions:

H: 43 in. W: 50 in. D: 42 in.

Weight:

1850 lbs. 75 gal.

Electric
OEM SERIAL: H322438P71A
STOCK NO: S111317-S

Commercial Terms:

SHIPMENT: Immediate
PAY TERMS: Net 30 with approved credit upon completion
SHIPPING TERMS: FOB Factory - Freight Charges Additional
SHIPSITE: Greenville, SC
WARRANTY: 2 year

Price: $6,750.00 ea.
Prices valid for 30 days. Subject to Prior Sale. SALES TAXES will be added for product delivered into CA,IL, MI, PA, SC, & TX if a tax exempt or resale certificate is not provided with purchase order. Quoted price includes 3% cash discount

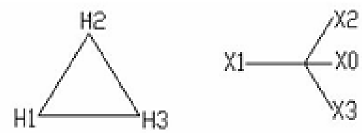
MFG	SBT	S/N	
HIGH VOLTAGE	13800 D 0 X 0 0	KVA	75
LOW VOLTAGE	208 Y 120	LV AMPS	
TYPE	OA	HZ	60
HV BIL	95	LV BIL	30
RISE	65 °C	% IMP.	1.92

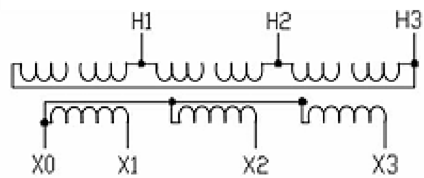
HIGH VOLTAGE		TAP CHANGER	
VOLTS	AMPERES	POSITION	CONNECTS
14490		A	
14145		B	
13800		C	
13593		D	
13110		E	

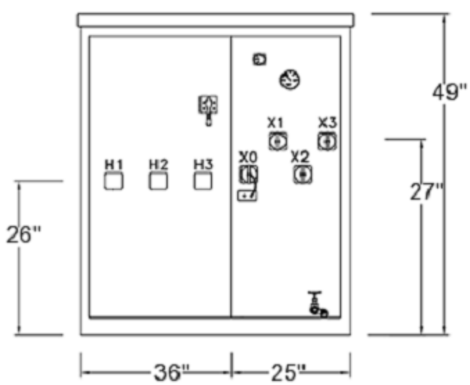
APPROX. WEIGHT IN POUNDS

UNTANKING	496
TANK & FITTING	655
LIQUID	OIL
GAL 82	656
TOTAL WEIGHT	1767

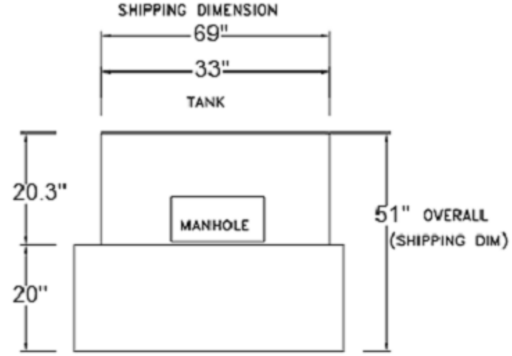
PLAN VIEW







FRONT VIEW



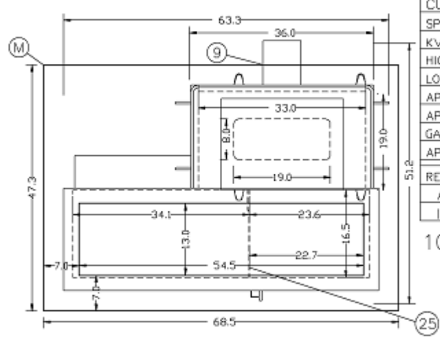
TOP VIEW

	DESCRIPTION
1	LV BUSH. & 4 HOLE SPADE
3	1/2-13 GROUND PAD
4	HV PORC 95BIL W/2H G-SPADE
7	NP ON DOOR SER ON TANK
8	TANK
9	COOLING RADIATORS
10	HANDHOLE & SECURITY COVER
12	LIFTING LUGS
13	JACKING PROVISIONS
14	1/2-13 GROUND PAD
15	1 IN DRAIN VALVE AND SAMPLER
21	PAD LOCKABLE DOOR HANDLE
22	3 PT LATCH PENTA SEC BOLT
24	6 IN REMOVABLE SILL
25	METAL LV-HV BARRIER
47	PRESS. REL VALVE
48	DIAL THERM W/MAX POINTER
49	2" MAG LL GAUGE: LV COMP
50	OIL LEVEL PLUG
51	TAP CHANGER HANDLE
56	PROVISIONS FOR LTG ARR
57	PRES VAC GAUGE

	SPECIAL NOTES
A	
B	
C	
D	
E	

CAT NO	9325435418036		
DWG BY:	TT	DATE:	07/06/06
APP BY:	BJ	CC.	745

M	SUGGEST PAD SIZE	68.5	X	47.3
N	SUGGEST HOLE SIZE	54.5	X	13.0



DWG NO. 0073475041428

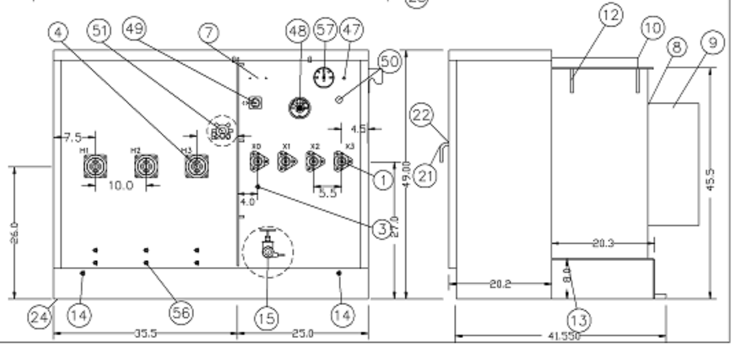
SUNBELT TRANSFORMER
TEMPLE, TEXAS

CUSTOMER :	SUNBELT	
SPEC.	DATED	
KVA 75.0	BIL 95	TAPS TS-2 ABOVE 2 BELOW
HIGH VOLTAGE	13800	
LOW VOLTAGE	208Y/120	
APPROX. CORE AND COIL WEIGHT		496
APPROX. TANK AND ACCESS. WEIGHT		655
GAL. OF OIL 82;	APPROX. WEIGHT	616
APPROX. TOTAL WEIGHT		1767

REV.	DATE	DESCRIPTION	BY	APP
A	7/12/06	REMOVE APP STMP.; REISSUE RECORD	TT	BJ

ID 3BCB0115 PN 0073475041428

10 GA. MILD STEEL TANK



0.056

93255811S,CB,514, 0,H01 , 0,128, FH

373319, 496069,1, 321,1, 1170

59089526.110

MFG	SQD	S/N	
HIGH VOLTAGE	12000 D	KVA	112.5
LOW VOLTAGE	480 Y 277	LV AMPS	

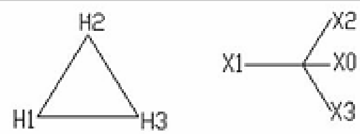
TYPE	OA	HZ	60	HV BIL	95
RISE	55 °C	% IMP.	3.55	LV BIL	30

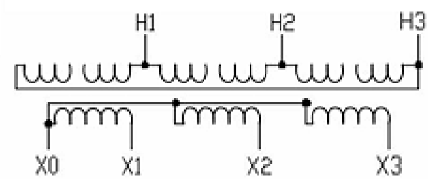
HIGH VOLTAGE		TAP CHANGER	
VOLTS	AMPERES	POSITION	CONNECTS
12600		A	
12300		B	
12000		C	
11700		D	
11400		E	

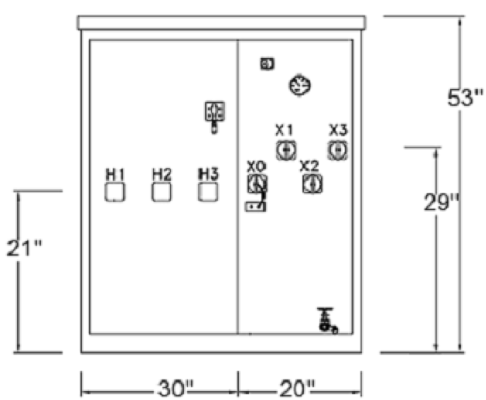
APPROX. WEIGHT IN POUNDS

UNTANKING	479
TANK & FITTING	1191
LIQUID	FR3
GAL 134	1072
TOTAL WEIGHT	2675

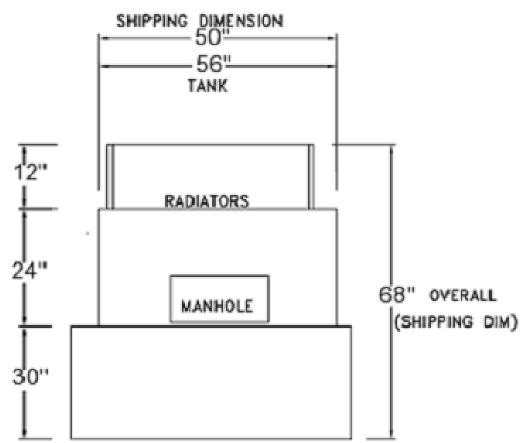
PLAN VIEW



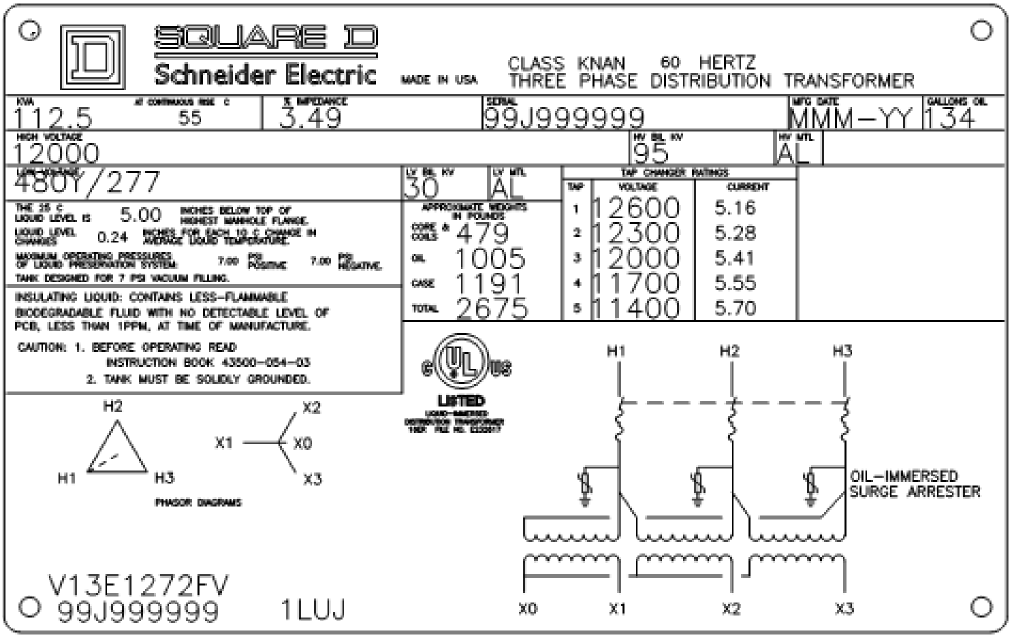




FRONT VIEW



TOP VIEW



NOTE:
IMPEDANCE, MFG. DATE, AND SERIAL NUMBER WILL
BE STAMPED ON NAMEPLATE AFTER FINAL TEST

Specifications:

HV CONDUCTOR: Aluminum
LV CONDUCTOR: Aluminum
CONFIGURATION: Dead Front/Radial Feed
TAPS: 12600 12300 12000 11700 11400
PHASE: 3
FREQUENCY: 60
DEGREE RISE: 55
IMPEDANCE: 3.55
LIQUID: oil

Dimensions:

H: 53 in. W: 50 in. D: 68 in.

Weight:

2675 lbs. 134 gal.