

ترانسفورماتور



ترانسفورماتور



- تقسیم بندی ترانس ها

- ✓ از لحاظ عملکرد

- ✓ از لحاظ کاربرد

- از لحاظ عملکرد

- ترانس های قدرت
 - ترانسهای تنظیم کننده
 - اتوترانسها

- از لحاظ کاربرد

- ترانس های قدرت و توزیع
 - ترانسهای صنعتی همچون ترانس های جوش و کوره های القایی
 - ترانس های خاص همچون ترانس های حفاظت ، تست و اندازه گیری

ترانسفورماتورهای توزیع

• ترانس های خشک (Dry-type)

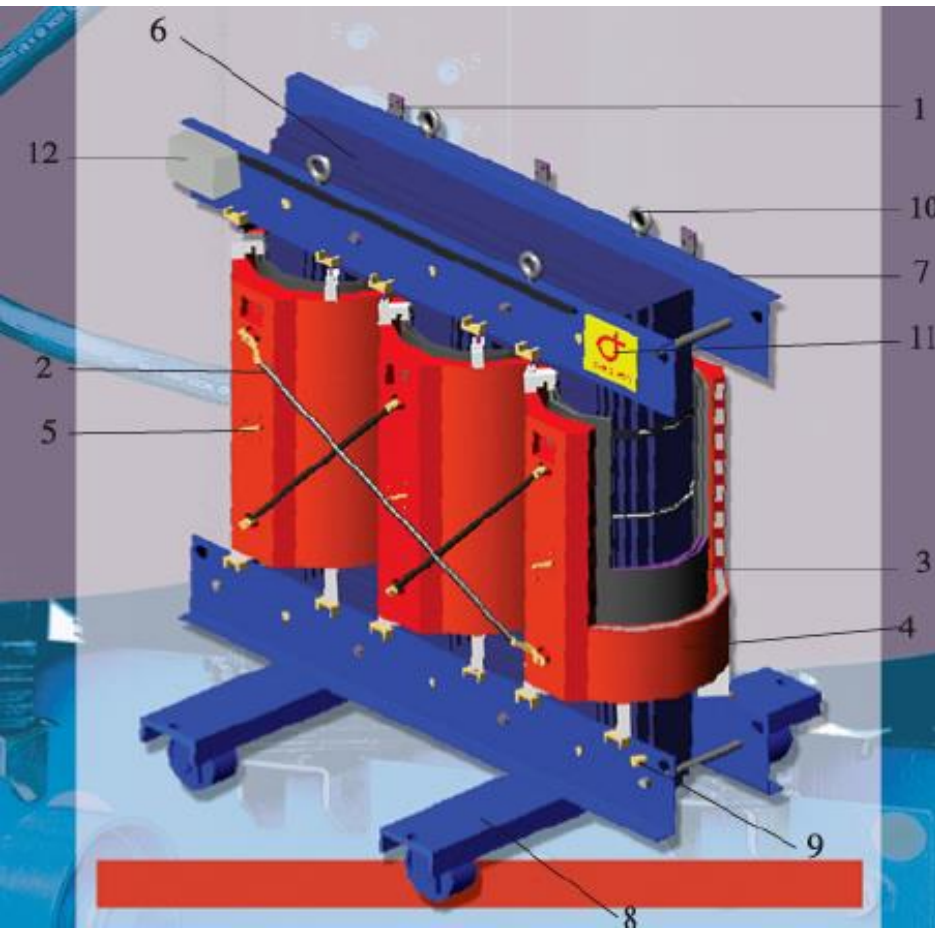
- ✓ از عایق های رزینی همچون صمغ ریختگی برای انتقال حرارت ترانس به محیط بیرون استفاده می شود. ابعاد این ترانس نسبت به ترانس های روغنی بزرگتر است.
- ✓ بدلیل عدم نیاز به حفاظت های خاص خطر آتش سوزی در آنها وجود ندارد و دارای IP00 هستند.
- ✓ کاربرد

• سیستم های توزیع

• ساختمان های بلند و فروشگاه های بزرگ

• صنایع نفت و سیمان

• معادن ، راه آهن ، فرودگاه و ...



- 1.L.V. TERMINAL
- 2.H.V. TERMINAL
- 3.L.V. WINDING
- 4.H.V. WINDING
- 5.OFF-CIRCUIT TAPCHANGING LINKS
- 6.MAGNETIC CORE
- 7.CORE FRAME
- 8.UNDERCARRIAGE WITH BIDIRECTIONAL ROLLERS
- 9.EARTHING TERMINAL
- 10.LIFTING EYES
- 11.NAME PLATE
- 12.AUXILIARY CIRCUIT BOX

ترانسفورماتورهای توزیع

• ترانس های روغنی (Oil Immersed)

- ✓ روغن به عنوان عایق، خنک کننده و جاذب رطوبت هوا عمل می کند.
- ✓ سیم پیچ ها و هسته ترانس در داخل مخزن روغن قرار می گیرد..
- ✓ روغن مورد استفاده روغن معدنی است و نباید از آسکارل به دلیل سمی بودن و ملاحظات زیست محیطی استفاده نمود.
- ✓ بیشتر ترانس های توزیع از نوع ترانس روغنی هستند.

ترانس با منبع انبساط

- برای جمع شدن روغن جهت جلوگیری از تماس آن با هوا به هنگام بارگذاری ترانس
- منبع انبساط جهت جلوگیری از انفجار دارای لوله تنفس بوده و از این طریق با هوا در تماس است و در این مجرا برای جلوگیری از رطوبت هوا به داخل ترانس یک فیلتر رطوبت گیر نصب می شود



✓ سیستم خنک کنندگی ترانس روغنی ONAN، ONAF و یا OFAF است

۱ : ۵/۱ : ۲

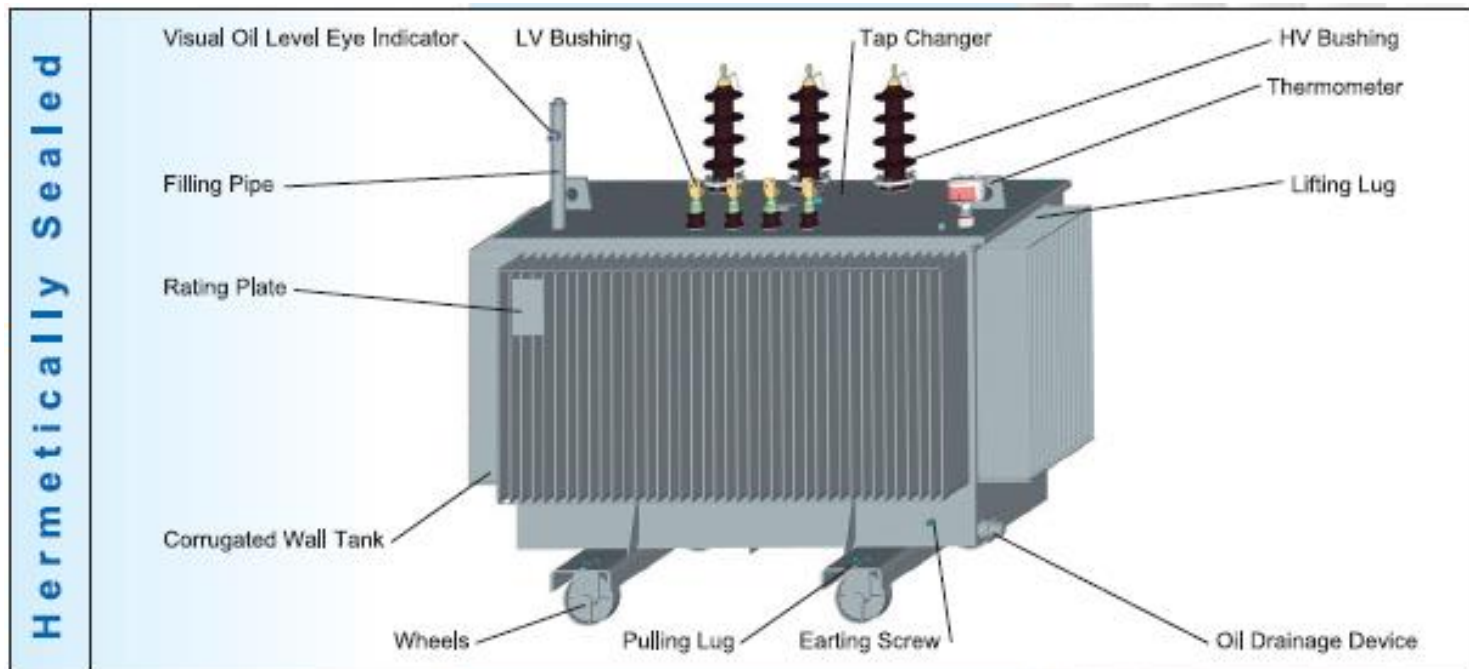
✓ نسبت میزان باردهی

ترانسفورماتورهای توزیع

• ترانس های هرمیتیک

- ✓ مخزن روغن دارای خاصیت ارتجاعی بوده و در قدرت های کم افزایش حجم روغن بدین وسیله جبران می شود.
- ✓ در ترانس های با قدرت بالا از کیسه نیتروژن برای جذب گرمای و رطوبت استفاده می شود.
- ✓ دارای سیستم مونیتورینگ با خاص روغن برای حفاظت ترانس هستند. زیرا اگر بیش از حد داغ شود احتمال انفجار ترانس وجود دارد (Tumetic Protection).
- ✓ از مزایای این ترانس کاهش هزینه مراقبت و نگهداری، حذف رطوبت گیر و رله بوخهلتنز و منبع انبساط و در نتیجه کاهش ارتفاع ترانس است.
- ✓ کاربرد

- برای مناطق با رطوبت بالا
- محدودیت در خدمات سرویس دهی و مکان پست



ترانسفورماتورهای توزیع

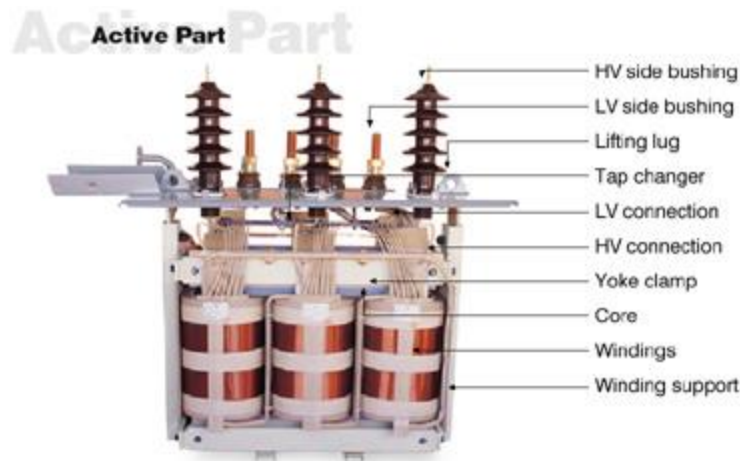
● تجهیزات ترانس روغنی

✓ تجهیزات اصلی شامل هسته ، سیم پیچ های اولیه و ثانویه ، مخزن روغن و بوشینگ ها برای خروج سرسیم های اولیه و ثانویه

✓ تجهیزات کنترلی شامل: ۱- منبع انبساط روغنی ۲- تپ چنجر ۳- ترمومترها ۴- نشان دهنده سطح روغنی ۵- رله بوخهلتر ۶- شیر تخلیه روغنی ۷- لوله تنفس ۸- مقره ۹- برقگیر

هسته: هسته ترانس جهت برقراری میدان مغناطیسی با حداقل مقاومت مغناطیسی است که به صورت ورقه ورقه و با ضخامت حدود ۳۰/۰ میلی متر ساخته می شود. واز جنس استیل، آلیاژ آهن و نیکل ساخته می شود. از نظر چیدن هسته به خاطر قرار گرفتن سیم پیچ ها روی هسته، ترانس ها را به دو دسته تقسیم می کنند:

- ترانس های نوع هسته‌ای (Core type) یا استوانه ای (کاربرد در ترانس های توزیع)
- ترانسی زرهی shell type



ترانسفورماتورهای توزیع

سیم پیچ ترانس:

✓ سیم پیچ ترانس های توزیع به صورت استوانه ای یک لوله و چند لایه با هادی های گرد است. در سمت فشار قوی و در سمت فشار ضعیف استوانه ای با هادی های چهار گوش است.

✓ سیم پیچ ها به صورت استوانه ای متحدالمرکز روی ستونهای هسته قرار داده می شوند. معمولاً سیم پیچ فشار ضعیف در داخل و فشار قوی در خارج واقع می شوند و این ترتیب به این دلیل رعایت می شود که عایق کاری فشار ضعیف نسبت به هسته راحت تر است.

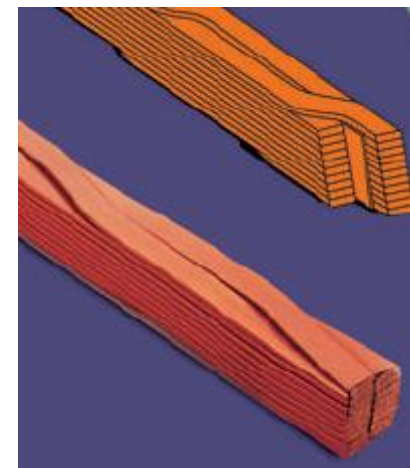
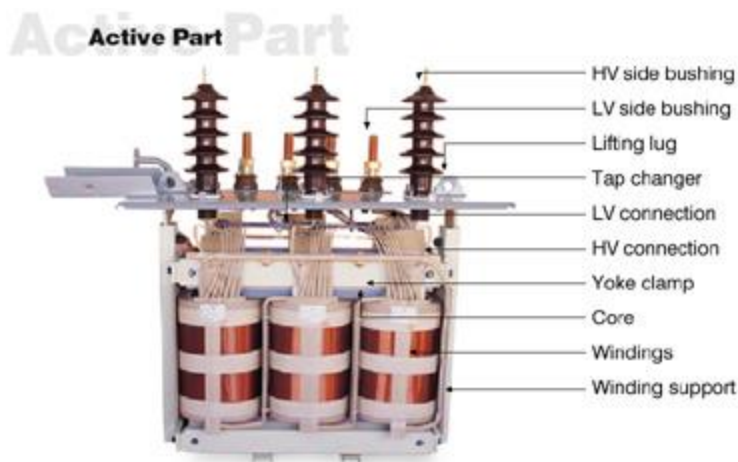
● **مخزن:** یک ظرف مکعب یا بیضوی شکل است که هسته و سیم پیچ های ترانس در آن جای می گیرند و شامل انواع زیرند:

✓ تانک با ورق ساده یا مجهز به پره ها برای قدرت های کمتر از 50KVA

✓ تانک با تیوپ های خارجی خنک کن به پره های برای قدرت بیش از 50KVA تا 500KVA

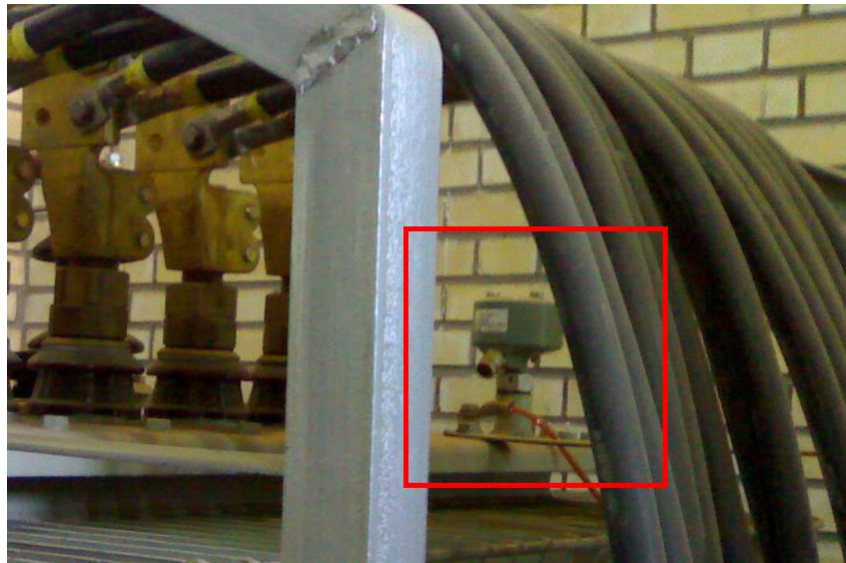
✓ تانک با رادیاتور جداشدنی: برای ترانس های 500KVA و بالاتر.

✓ تانک با فن های مجزا - عموماً ترانس های قدرت.



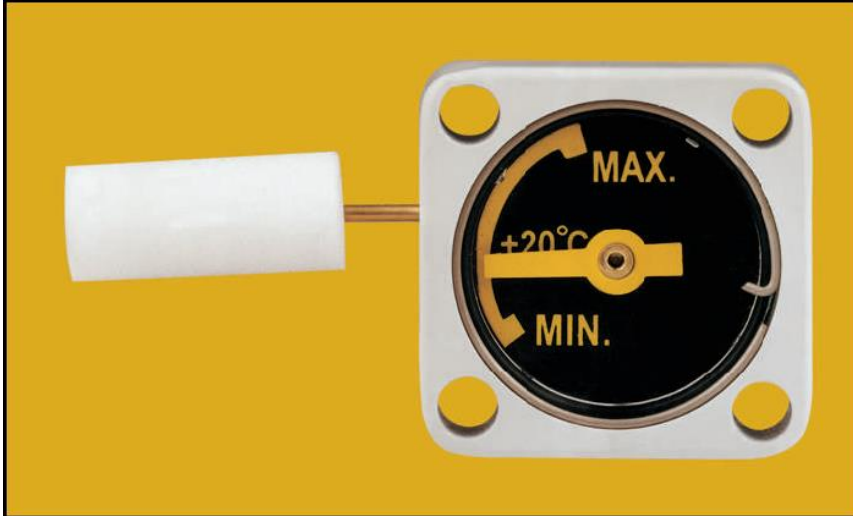
ترانسفورماتورهای توزیع

- **ترموتر:** برای تشخیص درجه حرارت گرم ترین نقطه سیم پیچی ترانس بکار می رود. به این معنی غلاف ترمومتر داخل روغن بوده و دمای روغن را حس می کند، سپس توسط یک CT جریانی متناسب با جریان عبوری از سیم پیچ از کویل حرارتی عبور می کند. ترمومترها از نوع عقربه ای هستند و دارای سه کنتاکت آلارم، تریپ و قرمز هستند:
- ✓ **کنتاکت آلارم:** قابل تنظیم است و اگر دما به حدود 60 یا 70 درجه برسد این کنتاکت بسته شده و می توان آن را به یک آژیر وصل نمود و آگوز فن پست را روشن کرد یا بار ترانس را کم نمود.
- ✓ **کنتاکت تریپ:** اگر دما در اثر سهل انکاری به ماکزیمم مقدار تنظیم آن برسد ترانس بی بار می شود.
- ✓ **کنتاکت قرمز:** ماکزیمم دمای ترانس را در دوره کاری نشان می دهد



ترانسفورماتورهای توزیع

• روغن نما



6- Magnetic oil level indicator:

Transformers with conservator are equipped with a magnetic oil level indicator without electrical contacts, which is fitted to the LV face of the conservator. Devices supplied with limit (position) switches for high and low level alarm are available.

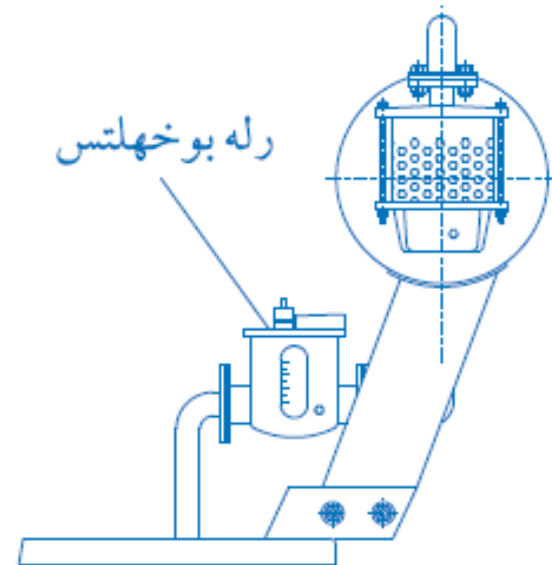


ترانسفورماتورهای توزیع

رله بوخهلتز: برای ترانس های 315KVA تا 630KVA مکانش نصب شده و قیمتش به طور جداگانه اخذ می شود و برای 630KVA خودش هم نصب می شود. و دارای دو کنتاکت آلارم و تریپ است و برای تشخیص اتصالات حلقه سیم پیچ ها و اتصال کوتاه در داخل ترانس بکار می رود. و در لوله رابط بین تانک و منبع انبساط روغن نصب می شود.

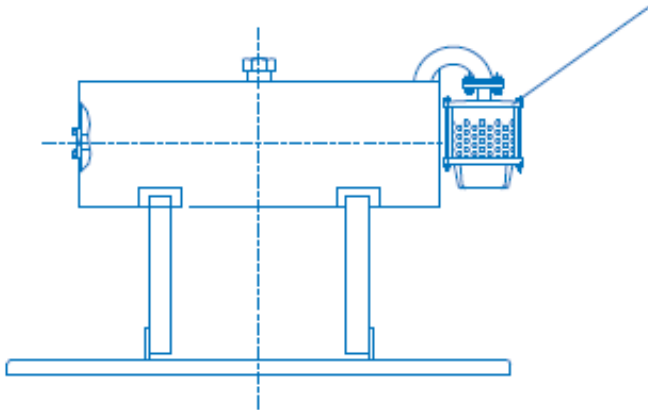


عموما روی
ترانسفورماتورهای
1000KVA
به بالای
کنسرواتور دار
نصب می گردد



ترانسفورماتورهای توزیع

● رطوبت گیر

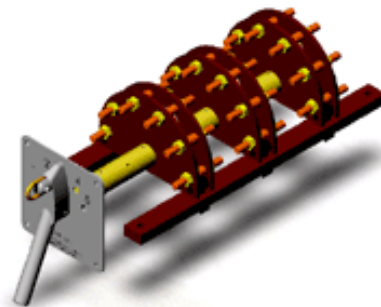


ترانسفورماتورهای توزیع

● تپ چنجر:

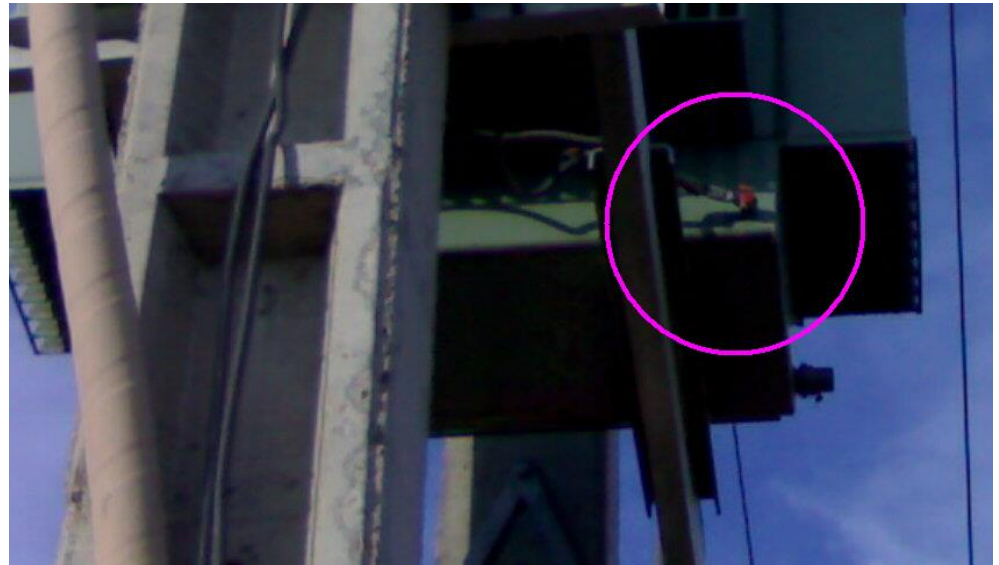
- ✓ به منظور کنترل ولتاژ با جابجایی توان راکتیو خطوط برای جبران افت ولتاژ ناشی از خطوط در شبکه های توزیع استفاده می شود که در سمت 20kv (فشار قوی) نصب می شود و با تغییر تعداد دورهای سیم پیچ اولیه ولتاژ ثانویه را کنترل می نماید. که کارخانه ها آنها را در تپ های $\pm 5/2$ درصد با تعداد تپ های ۳، ۵ و ۷ پله ای می سازد.
- ✓ برای افزایش ولتاژ ثانویه بایستی تعداد دور اولیه را کاهش داد. به عبارتی اگر تپ در ترانس پنج حالتی روی $+5\%$ تنظیم شود این بدین معنی است که ولتاژ ثانویه 5% افزایش می یابد.
- ✓ تنظیم تپ چنجر در پست های توزیع عموماً فصلی است و به صورت Off load و دستی انجام می گیرد (IEC78) به عنوان مثال در تپ پنج حالتی داریم:

-5%	-2.5%	0	5%	2.5%
-----	-------	---	----	------
- ✓ از تپ چنجرهای on-load عموماً با تپ $\pm 10\%$ در ترانس قدرت که به صورت اتوماتیک صورت می گیرد استفاده می شود.



ترانسفورماتورهای توزیع

- پیچ اتصال به زمین ترانسفورماتور :



ترانسفورماتورهای توزیع

● برقگیر:



ترانسفورماتورهای توزیع

مشخصه های اصلی ترانس بر طبق استاندارد IEC

1000KVA	توان نامی کیلوولت آمپر
20/0.4	ولتاژ اولیه / ثانویه (در حالت بار کامل)
50Hz	فرکانس نامی (هرتز)
Dyn5	گروه برداری
6%	ولتاژ امپدانس $U_k\%$
Above sea level 1000	ماکزیمم ارتفاع از سطح دریا
ONAN	روش خنک کنندگی
A	کلاس عایقی
39.8^A	جریان اولیه
1443^A	جریان نامی ثانویه
3063Kg	وزن ترانس

- ولتاژ ثانویه ترانس در حالت بارداری کامل 400 ولت است، بنابراین ترانس در حالت بی باری برای ایجاد ولتاژ 420 طراحی می شود.



ترانسفورماتورهای توزیع

● فرکانس:

✓ ترانس را در فرکانسهای مختلف نمی توان استفاده کرد. مگر در شرایط بد بخصوص از 50HZ به 60HZ، در این حالت بایستی ظرفیت ترانس در کمتر از بار نامی استفاده شود.

✓ همچنین پست های کارخانجات که بخصوص دارای کوره ی القایی هستند همچون ذوب آهن به دلیل هارمونیک زا بودن بارهای غیرخطی، ترانس بیشتر داغ می شوند و نمی توان از ترانس بار کامل را اخذ نمود (عموما 80 درصد).

● گروه برداری: بیانگر نوع اتصالات سیم پیچ های اولیه و ثانویه و اختلاف فاز ولتاژهای همانام اولیه و ثانویه است.

Yyno: $I_N \leq 10\% I_{rated}$	TT, TN	اتصال کویل ها قطع کننده قوس و راکتورهای زمینی در سیستم غیر
ynd5	$I_N \leq I_{rated}$	برای پست های نیروگاهی
ynzn5	$I_N \leq I_{rated}$	برای ترانس های توزیع که
Dyn5	$S_T \leq 250 \text{ Kva}$ $S_T > 250-2500 \text{ Kva}$	برای ترانس های توزیع

D y n 5

← سیستم پیچ فشار قوی مثلث

← سیستم پیچ فشار ضعیف ستاره

← نقطه خنثی (شترک) ثانویه سیم پیچ در دسترس است.

← $55^\circ = 150^\circ$ ولتاژ همانام اولیه از ثانویه عقب است.

○ ○ ○ ○
1W 1V 1U 1N
2W 2V 2U 2N
○ ○ ○ ○

- a) Delta (D, d)
b) Star (Y, y)
c) Interconnected star (Z, z)
d) Open (III, iii) 

ترانسفورماتورهای توزیع

Technical Specification of Standard Transformers (20/0.4 kV)															
Type	TSUN 4444	TSUN 4744	TSUN 5044	TSUN 5344	TSUN 5444	TSUN 5544	TSUN 5644	TSUN 5744	TSUN 5844	TSUN 5944	TSUN 6044	TSUN 6144	TSUN 6244	TSUN 6344	
Rated power (kVA)	25	50	100	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	
Rated HV/LV voltage (kV)	20/0.4	20/0.4	20/0.4	20/0.4	20/0.4	20/0.4	20/0.4	20/0.4	20/0.4	20/0.4	20/0.4	20/0.4	20/0.4	20/0.4	
Taps in HV (%)	+4	+4	+4	+4	+5	+5	+5	+5	+5	+5	+5	+5	+5	+5	
Rated Frequency (Hz)	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	
Vector Group	Yzn5	Yzn5	Yzn5	Yzn5	Dyn5	Dyn5	Dyn5	Dyn5	Dyn5	Dyn5	Dyn5	Dyn5	Dyn5	Dyn5	
Short Circuit Voltage (%)	4	4	4	4	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	
Max. Ambient Temp. (°C)	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	
Max Altitude above Sea Level (m)	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	
Rated HV Current (A)	0.72	1.44	2.89	5.77	7.22	9.09	11.55	14.43	18.2	23.09	28.87	36.1	46.2	57.7	
Rated LV Current (A)	36.1	72.2	144.3	289	361	455	577	722	909.3	1155	1443	1804	2309	2887	
No-Load Losses (W)	A	150	210	340	570	610	720	850	1000	1200	1450	1750	2100	2550	3200
	B	-	125	210	360	425	510	610	720	800	950	1100	1300	1700	2050
No-Load Current (%)	A	4.3	2.8	2.6	2.4	2.1	2	1.8	1.7	1.6	1.5	1.4	1.4	1.3	1.5
	B	-	2	1.8	1.6	1.5	1.4	1.3	1.2	1.1	1	1	1.1	1.2	1.3
Short Circuit Losses in 75°C (W)	A	750	1250	2150	3600	4450	5400	6450	7800	9300	11000	13500	16400	19800	23000
	B	-	875	1475	2350	2750	3250	3850	4950	5600	7400	9500	11400	14000	17500
Applied insulation Test Voltage (kV)	50/3	50/3	50/3	50/3	50/3	50/3	50/3	50/3	50/3	50/3	50/3	50/3	50/3	50/3	50/3

DRY-TYPE

Power (kVA)	Vector group	Impedance voltage Uk (%)	No-Load		Load loss Pk (kW)*
			loss P0 (kW)	current I0 (%)	
160	Dyn5	6	0.75	1.9	2.90
200	Dyn5	6	0.85	1.7	3.60
250	Dyn5	6	0.95	1.5	4.10
315	Dyn5	6	1.10	1.4	4.60
400	Dyn5	6	1.20	1.3	5.95
500	Dyn5	6	1.45	1.2	7.00
630	Dyn5	6	1.80	1.2	8.65
800	Dyn5	6	2.05	1.1	10.15
1000	Dyn5	6	2.40	1.0	11.6
1250	Dyn5	6	2.75	1.0	13.5
1600	Dyn5	6	3.3	0.9	16.7
2000	Dyn5	6	4.10	0.9	19.4
2500	Dyn5	6	5.05	0.8	23.0
3150	Dyn5	6	5.8	0.8	26.5

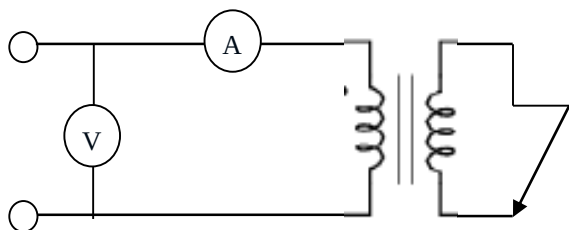


ترانسفورماتورهای توزیع

- **UK%:** بیانگر میزان افت ولتاژ و جریان اتصال کوتاه دایمی در ترمینال ترانس است و مانند شمشیر دولبه بین این دو مساله عمل می کند.

$$UK\% = \begin{cases} 4\% & S_T < 630kva \\ 6\% & S_T \geq 630kva \end{cases}$$

- ✓ علت انتخاب UK% پائین در ترانس های توزیع کاهش میزان افت ولتاژ به دلیل بالابودن R/X ترانس های است.



$$\text{If } I_A = I_{R1} \Rightarrow V = U_K \Rightarrow UK\% = \frac{U_k}{U_{N1}} \times 100$$

$$I_{sc}^2 = \frac{I_{R2}^2}{U_K} \quad \text{for Ex: } S_T = 1000KVA \Rightarrow I_{sc}^2 = \frac{1443}{0.06} = 24KA$$

$$\%U_x = \sqrt{\%U_k^2 - \%U_r^2}, \quad \%U_r = \frac{P_{cu}}{S_T} \times 100$$

$$Z_T = \frac{\%U_k \cdot U_L^2}{100 S_T}, \quad \begin{matrix} U_L(V) \\ S_N(KVA) \end{matrix} = \frac{10 \times \%U_k \times U_L^2}{S_T}, \quad \begin{matrix} U_L(KV) \\ S_N(KVA) \end{matrix}$$

$$R_T = \frac{10 \times \%U_r \times U_L^2}{S_T}, \quad X_T = \frac{10 \times \%U_x \times U_L^2}{S_T}$$

ترانسفورماتورهای توزیع

● محدوده $U_k\%$:

Table 12-3

Rated impedance voltage u_k

Rated output S_r in kVA¹⁾

										u_k
50	(63)	100	160	(200)	250	(315)	400	(500)	630	4 %
630	(800)	1000	(1250)	1600	(2000)	2500				6 %

¹⁾ Rated outputs not in brackets are preferred.

Table 3-8

Typical values for ohmic voltage drop u_R of three-phase transformers

Power rating in MVA	0.25	0.63	2.5	6.3	12.5	31.5
u_R in %	1.4...1.7	1.2...1.5	0.9...1.1	0.7... 0.85	0.6...0.7	0.5...0.6

● در ترانسهای توزیع کوچک سعی می شود که به منظور پائین آوردن افت ولتاژ $U_k\%=4\%$ انتخاب شود.

● در ترانسهای توزیع بزرگ سعی می شود که به منظور پائین آوردن اثرات جریان اتصال کوتاه بر روی تجهیزات $U_k=6\%$ انتخاب گردد.

ترانسفورماتورهای توزیع

تغییرات ولتاژ از بی باری تا بارداری:

$$\% \Delta V = \% U_{\varphi} = a u'_{\varphi} + \frac{a^2 u''_{\varphi}{}^2}{200}, \quad u'_{\varphi} = \% u_r \cos \varphi + \% u_x \sin \varphi$$

$$u''_{\varphi} = \% u_r \sin \varphi - \% u_x \cos \varphi, \quad a = S_L / S_R$$

$$\text{Actual Voltage: } U_a = U_r \left(1 - \frac{u_{\varphi}}{100}\right)$$

- **Example:** $S_R = 500 \text{ KVA}, U_{R2} = 400 \text{ V}, P_{kr} = 7.8 \text{ kW}, u_k = 6\%$
 $\Rightarrow u_a = ? \quad \text{for Full Load and } PF = 0.8 \text{ Lag}$

$$\% u_r = \frac{P_{kr}}{S_R} \times 100 = \frac{7.8}{500} \times 100 = 1.56\%,$$

$$\% u_x = \sqrt{u_k^2 - u_r^2} = \sqrt{6^2 - 1.56^2} = 5.74\%$$

$$a = S_L / S_R = 500 / 500 = 1, \quad u'_{\varphi} = 5.79 \times 0.6 + 1.56 \times 0.8 = 4.72\%$$

$$u''_{\varphi} = 5.79 \times 0.8 - 1.56 \times 0.6 = 3.7\%, \quad u_{\varphi} = 4.72 + 3.7^2 / 200 = 4.79$$

$$u_a = u_N \left(1 - \frac{u_{\varphi}}{100}\right) = 400 \left(1 - \frac{4.79}{100}\right) = 380.8 \text{ (Volt)}$$

ترانسفورماتورهای توزیع

- **کلاس عایقی:** بیانگر عمر ترانس و دمای قابل تحمل ترانس است.

✓ اگر مجموع دمای محیط و درجه حرارت عایق ترانس بیش از دمای کلاس عایقی باشد توان بارگذاری و عمر ترانس کاهش می یابد.

✓ از این رو بایستی ترانس را در دوره کمتری مورد **Overload** قرار داد.

✓ کلاس عایقی ترانس از نوع **A** است و در برخی موارد از کلاس نوع **B** هم استفاده میشود.

موتورها	A	105°
	B	130°
	F	155°
	H	180°

Max. Ambient Temp. + Insulation Temp. = Ins. Class Temp.
 40° + 65 = 105
 ماکزیمم درجه حرارت قابل تحمل محیط

$$P_{loss} = P_{core} + a^2 P_{cu, rated} \quad , \quad a = S_L / S_{Rated}$$

- **راندمان ترانس:**

$$\eta = \left(1 - \frac{P_{core} + a^2 P_{cu, rated}}{a \cdot S_R \cos \varphi + P_{core}} \right) \times 100$$

EX: Trans: 250KVA, 20/0.4Kv, $P_{core} = 610^w$, $P_{cu, r} = 4.45Kw$, $\cos \varphi = 0.8Lag$

$$\text{For Half Full Load} \Rightarrow \eta = \left(1 - \frac{0.610 + 0.5^2 \times 4.45}{0.5 \times 250 \times 0.8 + 0.61} \right) \times 100 = 98.29\%$$

ترانسفورماتورهای توزیع

- موازی کردن ترانس ها: برای تغذیه بار بیشتر و بالا بردن قابلیت اطمینان
- به منظور جلوگیری از ایجاد جریان خطرناک گذرا شرایط زیر بایستی مهیا شود:

- ✓ گروه برداری ترانس ها یکسان باشد و (ترمینال های همنام اولیه و ثانویه به هم اتصال یابد. مگر در ترانس ها با عدد اختلاف فاز ۵ و ۱۱ می توان با تغییر سربندی ها آنها را با هم موازی نمود).
- ✓ نسبت تبدیل ترانس ها باهم یکسان باشد (20/0.4kv) در غیر این صورت جریان چرخش ایجاد می گردد.
- ✓ امپدانس درصد اتصال کوتاه شان باهم مشابه باشد (حداکثر اختلاف ۱۰٪) و بهتر است ترانس با قدرت کمتر U_k بزرگتری داشته باشد.

- سهم بار هر ترانس:

$$S_i = S_{Load} \frac{S_{Ri}}{\sum S_{Ri}} \cdot \frac{U_{k,eq}}{U_{ki}}$$
$$U_{k,eq} = \frac{\sum S_{Ri}}{\frac{S_{R1}}{u_{k1}} + \frac{S_{R2}}{u_{k2}} + \dots + \frac{S_{Ri}}{u_{ki}}}$$

ترانسفورماتورهای توزیع

● مثال:

Transformer 1: $S_{r1} = 250Kva$ $U_{k1} = 4\%$

Transformer 2: $S_{r2} = 400Kva$ $U_{k2} = 6\%$

Transformer 3: $S_{r3} = 630Kva$ $U_{k3} = 6\%$

$$S_{Load} = 1250KVA$$

$$u_{k,eq} = \frac{250 + 400 + 630}{\frac{250}{4} + \frac{400}{6} + \frac{630}{6}} = 5.47\% \Rightarrow S_1 = 1250 \times \frac{250}{1280} \times \frac{5.47}{4} \cong 334KVA \rightarrow \text{Overload}$$

$$S_2 = 1250 \times \frac{400}{1280} \times \frac{5.47}{6} \cong 356KVA, S_3 = 1250 \times \frac{600}{1280} \times \frac{5.47}{6} \cong 534KVA$$

✓ بنابراین بایستی یا ظرفیت ترانس اولی افزایش یابد یا اینکه بار را کاهش دهیم. دلیل این است که اختلاف U_k بیش از ۱۰ درصد است. اگر $u_{k1} = 6\%$ انتخاب شود داریم: $U_{k,eq} = 6\%$

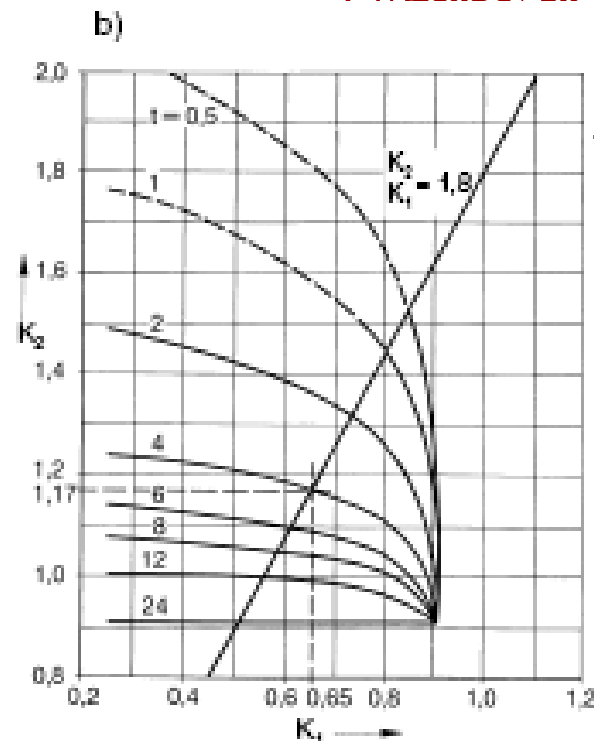
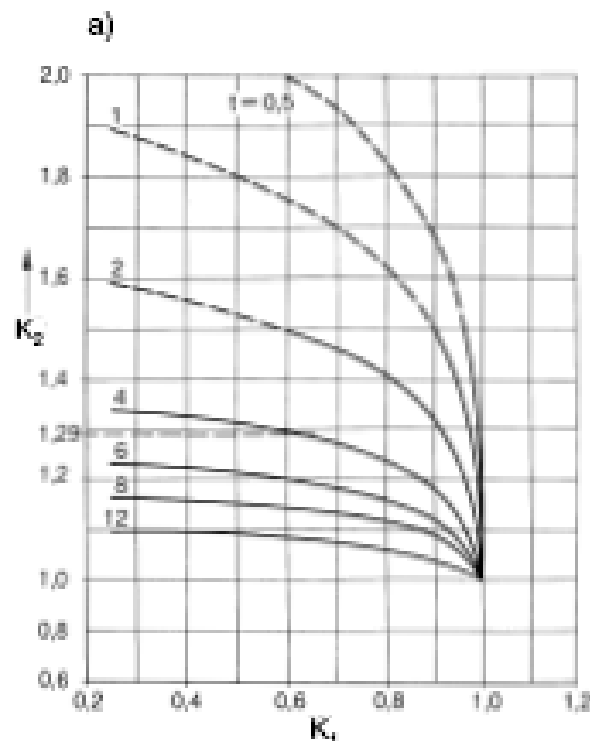
$$S_1 = 1250 \times \frac{250}{1280} = 244.2KVA, S_2 = 1250 \times \frac{400}{1280} = 390.6KVA$$

$$S_3 = 1250 \times \frac{630}{1280} = 615.2KVA$$

ترانسفورماتورهای توزیع

• مدت زمان اضافه بار مجاز ترانس:

✓ می توان ترانس را به ازای هر ۱۲ ساعت کارکرد با بار نامی به مدت یک ساعت تا ۱۰٪ بار نامی **Over load** نمود (قاعده سه انگشت).



Transformer with ONAN and ONAF cooling.
Values of K_2 for given values of K_1 and t
(in hours), a) $\Theta_a = 20^\circ\text{C}$, b) $\Theta_a = 30^\circ\text{C}$

Example:

Transformer 1250 kVA with ONAN cooling. Bias load 750 kVA. What is the maximum permitted load over 4 hours at 20°C ?

$K_1 = 0.6$; $t = 4$ h. Fig. 12-5a yields $K_2 = 1.29$.

$S_2 = K_2 \cdot S_1 = 1.29 \cdot 1250 \text{ kVA} = 1612 \text{ kVA}$.

ترانسفورماتورهای توزیع

● برآورد ظرفیت ترانس‌های توزیع :

- ✓ تعیین ضرایب تاثیر عوامل محیطی موثر در کاهش ظرفیت همانند درجه حرارت و ارتفاع از سطح دریا
- ✓ براساس استاندارد وزارت نیرو به منظور افزایش طول عمر ترانسفورماتور بهتر است بیش از 80% ظرفیت نامی آن مورد استفاده قرار نگیرد. بنابراین ظرفیت واقعی ترانس‌های توزیع از رابطه زیر بدست می آید:

$$S_{Actual} = \frac{S_{Initial}}{K_T \times K_h \times 0.8}$$

- ✓ **K_T :** ضریب دمای محیط در صورت افزایش درجه حرارت محیط از 30°C که مطابق جدول زیر می توان از قاعده زیر استفاده نمود که:
 - به ازای افزایش حداکثر دمای محیط ۱ درجه نسبت به 30°C یک درصد کاهش قدرت.
 - به ازای کاهش حداکثر دمای محیط ۱ درجه نسبت به 30°C یک و نیم درصد افزایش قدرت.
- ✓ **K_h :** ضریب افزایش ارتفاع بالای ۱۰۰۰ متر نسبت به سطح دریا که مطابق جدول زیر می توان از قاعده زیر استفاده نمود که :
 - به ازای افزایش یا کاهش هر ۲۰۰ متری از ۱۰۰۰ متر ، یک درصد کاهش یا افزایش قدرت.

ترانسفورماتورهای توزیع

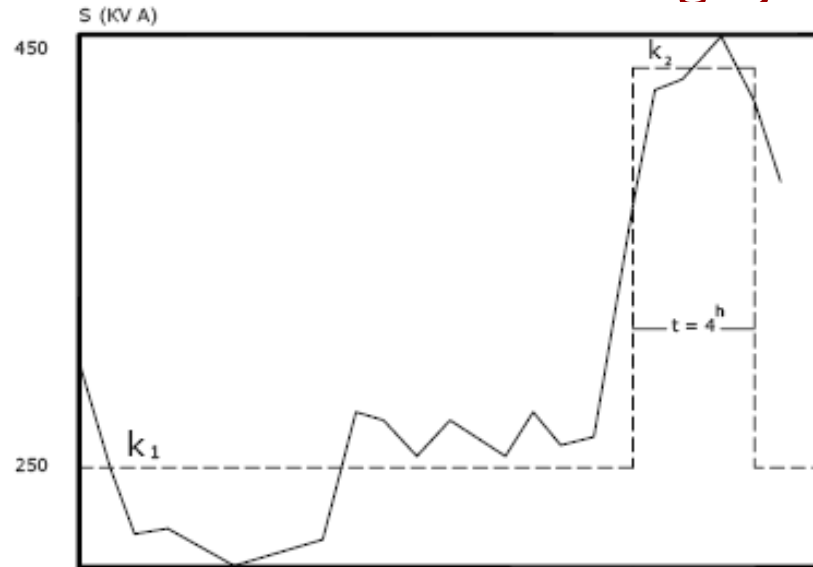
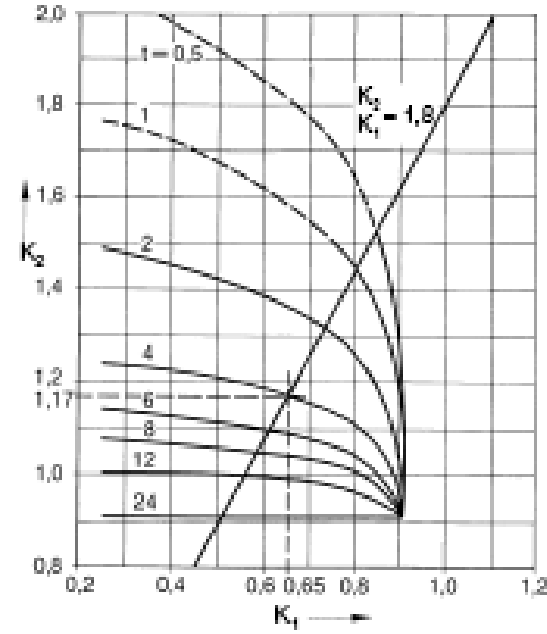
● اثر دما و ارتفاع در ظرفیت ترانس های توزیع :

تهویه طبیعی		حداکثر دمای محیط (°C)	تعداد و ظرفیت نامی ترانسفورماتور (n x kVA)
در پست ها سقف شیبدار	در پست ها سقف عادی		
۴۶۰	۴۶۰	۳۵	1 × ۵۰۰
۴۲۰	۴۲۰	۴۰	
۳۹۰	۳۸۰	۴۵	
۳۶۰	۳۵۰	۵۰	
۵۷۰	۵۷۰	۳۵	1 × ۶۳۰
۵۲۰	۵۲۰	۴۰	
۴۸۰	۴۸۰	۴۵	
۴۴۰	۴۴۰	۵۰	
۷۱۰	۷۱۰	۳۵	1 × ۸۰۰
۶۵۰	۶۵۰	۴۰	
۶۰۰	۶۰۰	۴۵	
۵۶۰	۵۵۰	۵۰	
۸۷۰	۸۶۰	۳۵	1 × ۱۰۰۰
۸۰۰	۷۹۰	۴۰	
۷۴۰	۷۳۰	۴۵	
۶۸۰	۶۸۰	۵۰	
۱۰۵۰	۱۰۵۰	۳۵	1 × ۱۲۵۰
۹۷۰	۹۷۰	۴۰	
۹۰۰	۹۰۰	۴۵	
۸۴۰	۸۳۰	۵۰	

ارتفاع از سطح دریا (m)	ضریب کاهش
۰ - ۱۰۰۰	۱
۱۰۰۰ - ۱۲۰۰	۰.۹۹
۱۲۰۰ - ۱۴۰۰	۰.۹۸
۱۴۰۰ - ۱۶۰۰	۰.۹۷
۱۶۰۰ - ۱۸۰۰	۰.۹۶
۱۸۰۰ - ۲۰۰۰	۰.۹۵
۲۰۰۰ - ۲۲۰۰	۰.۹۴
۲۲۰۰ - ۲۴۰۰	۰.۹۳

ترانسفورماتورهای توزیع

- **مثال :** منحنی بار مشترکین یک شهرک مسکونی مطابق شکل زیر است. اگر دمای متوسط محیط 30°C و حداکثر دمای محیط 35°C و ارتفاع منطقه 1400 متر از سطح دریا باشد . مطلوبست ظرفیت ترانس:



$$S_{LL} = 250\text{KVA}, S_{hl} = 450\text{KVA}, t = 4h \Rightarrow \frac{S_{hl}}{S_{LL}} = \frac{450}{250} = 1.8 = \frac{K_z}{K_1}$$

$$t = 4h \Rightarrow K_2 = 1.17, K_1 = 0.65$$

$$S = \frac{450}{1.17} = \frac{250}{0.65} = 385\text{KVA}$$

$$K_T = (1 - (35 - 30)0.01) = 0.9$$

$$K_h = (1 - 0.01(1400 - 1000) / 200) = 0.98$$

✓ براساس با تلاقی خط فوق با منحنی شکل :

$$S_{Actual} = \frac{385}{0.45 \times 0.98 \times 0.8} = 517\text{KVA}$$

$$\Rightarrow \begin{cases} S_t = 500\text{KVA} \\ S_T = 630\text{KVA} \end{cases} \Rightarrow \text{expert Judgment}$$

ترانسفورماتورهای توزیع

● اتاق ترانس:

● ویژگی ها:

- ✓ خنک سازی طبیعی به وجه موثری صورت پذیرد
- ✓ اطراف ترانسفورماتور باید فضای کافی برای مواقع بررسی و تعمیر و نگهداری وجود داشته باشد.
- ✓ از این رو باید فواصل زیر رعایت گردد:
- ✓ فاصله جانبی ترانسفورماتور تا تجهیزات یا موانع دیگر معادل ۷۵ سانتی متر.
- ✓ حداقل فاصله مخزن روغن تا سقف معادل یک متر.

● خصوصیات اتاق ترانس :

- ✓ الف) اتاق باید فاقد رطوبت و ضد سرایت حریق باشد؛ با توجه به این خواسته باید از مصالح مناسب استفاده شود
- ✓ ب) دیوارهای اتاق باید با مصالحی پوشانده شوند که گردگیر نباشد (مانند کاشی)
- ✓ ج) سقف اتاق باید فاقد هرگونه نازککاری، مانند گچکاری باشد تا امکان سقوط اجسام و بروز اتصالی در ترانسفورماتور وجود نداشته باشد.
- ✓ د) در اتاق ترانسفورماتور نباید هیچگونه پله یا شیب بیش از حد مجاز وجود داشته باشد.
- ✓ ه) تیرآهنهای ناقل ترانسفورماتور باید دارای زوار هادی چرخ باشند و با توجه به استاندارد کوچکترین و بزرگترین ترانسفورماتوری که ممکن است در اتاق نصب شود، انتخاب شده باشند.
- ✓ و) در طرح اتاق باید مجاری عبور هوا با سطح مقطع کافی و حداقل تغییر در مسیر، برای خنک کردن ترانسفورماتور از راه تهویه طبیعی پیش بینی شود.
- ✓ ز) در زیر محل استقرار ترانسفورماتور و پایین تر از مسیر عبور هوای خنک کننده، باید حائلی مشبک که دارای پوشش ضد زنگ باشد پیش بینی شود. روی این شبکه حداقل به ضخامت ۲۰ سانتی متر شن یا سنگ گرانیت شکسته می ریزند تا مانع سرایت آتش احتمالی باشد

ترانسفورماتورهای توزیع

● خصوصیات اتاق ترانس :

✓ ح) زیر حائل آتش باید سطحی شیبدار ساخته شود تا روغنی را که ممکن است در صورت نشست یا ترکیدن محفظه ترانسفورماتور ریخته شود، به سمت مخزن روغن هدایت کند. حداقل حجم مخزن روغن باید با حجم روغن بزرگترین ترانسفورماتوری که ممکن است در اتاق نصب شود برابر باشد. برای هدایت روغن به طرف چاهکی که در پایینترین نقطه مخزن ساخته می شود باید شیبهای مناسب، پیش بینی شود و یک لوله برای تلمبه کردن روغن، باید بطور دائمی این چاهک را به اتاق ترانسفورماتور وصل کند.

$$\text{حجم چاه روغن اتاق ترانس} \cong \begin{cases} 0.7m^3 & S_T \leq 630 \\ 2m^3 & S_T \geq 800KVA \end{cases}$$

✓ خ) در ورودی اتاق باید آهنی باشد و به سمت خارج باز شود. قفل در باید از نوعی باشد که حتی هنگامی که قفل است خارج شدن از اتاق امکانپذیر باشد.

✓ ح) برای جلوگیری از تعریق باید برای اتاق گرمکن برقی مجهز به ترموستات پیش بینی شود.

✓ ج) س) در فضای داخل و در جداره داخلی و خارجی دیوارها، سقف و کف اتاق ترانسفورماتور نباید هیچگونه لوله حامل آب، حرارت مرکزی و گاز نصب شود.

✓ ر) هیچگونه پنجره و در ورودی دیگری غیر از در اصلی نباید در اتاق ترانسفورماتور وجود داشته باشد.

✓ ز) اتاق باید در طبقه همکف قرار بگیرد و یکی از جبهه های آن مشرف به فضای آزاد باشد؛ در برابر این جبهه، حداقل تا فاصله ۵ متری نباید هیچگونه ساختمان یا مانع دیگری که تهویه اتاق و داخل و خارج کردن ترانسفورماتور را با اشکال روبرو کند وجود داشته باشد. در اصلی اتاق ترانسفورماتور باید در این جبهه قرار داشته، نقل و انتقال ترانسفورماتور به سادگی انجام پذیر باشد، برای همین ترجیح دارد وسیله نقلیه و جرثقیل بتوانند به این جبهه آمد و رفت کنند.

✓ برای اتاقهایی که در زیرزمین ساخته می شوند، چنانچه حداقل ۵ متر فضای آزاد یادشده در جلوی آنها وجود داشته، طول آنها نیز حداقل به اندازه ای که در زیر مشخص شده است، مانند اتاقی در طبقه همکف به حساب می آیند.

ترانسفورماتورهای توزیع

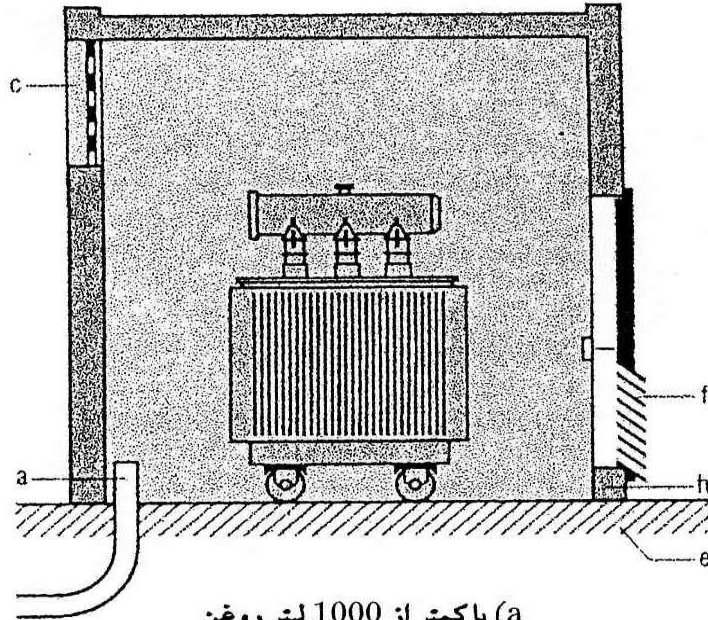
● خصوصیات اتاق ترانس :

حداقل سطح مقطع کانال هوا مترمربع		حجم مخزن روغن (مترمکعب)	در اتاق		ارتفاع (متر)	عرض (متر)	طول (متر)	اندازه اتاق ترانسفورماتور
ورودی Si	خروجی So		ارتفاع (متر)	عرض (متر)				
۱/۱ So/	۱/۲۵	۰/۷	۴	۱/۵	۴/۷	۳	۴	کوچک (تا ۶۳۰ کیلو ولت آمپر)
	۲	۱	۴	۱/۵	۴/۷	۳/۲	۴/۳	بزرگ (بزرگتر از ۶۳۰ کیلو ولت آمپر تا ۱۰۰۰ کیلو ولت آمپر)
	۲/۵	۲	۰/۷۵	۲	۵/۳	۳/۵	۴/۵	خیلی بزرگ (بزرگتر از ۱۰۰۰ کیلو ولت آمپر تا ۱۶۰۰ کیلو ولت آمپر)

- مهمترین عامل گرم شدن اتاق ترانس گرمای ناشی از تلفات سیم پیچ و هسته ترانسفورماتور است. به طوری که با افزایش دمای پست، عمر ترانسفورماتور کاهش می یابد. از این رو تهویه فضای پست به صورت تهویه طبیعی به کمک بادگیر یا تهویه مصنوعی به کمک هواکش برقی می باید به طور موثری مدنظر قرار گیرد.
- (ج) در صورت امکان، جبهه مشرف به فضای آزاد اتاق ترانسفورماتور باید در جهتی انتخاب شود که تابش آفتاب به آن حداقل باشد (رو به شمال)
- در مناطق غیر گرمسیری همچون اردبیل، استفاده از تهویه طبیعی با افزایش ارتفاع پست و سطح دریچه های بادگیر بخوبی جوابگو خواهد بود.

ترانسفورماتورهای توزیع

● طرحواره مقطع قائم اتاق ترانس :



(a) با کمتر از 1000 لیتر روغن

a- لوله محافظ کابل

b- سینی مشبک از تسمه آهن سفید

c- دریچه خروج هوا باتوری

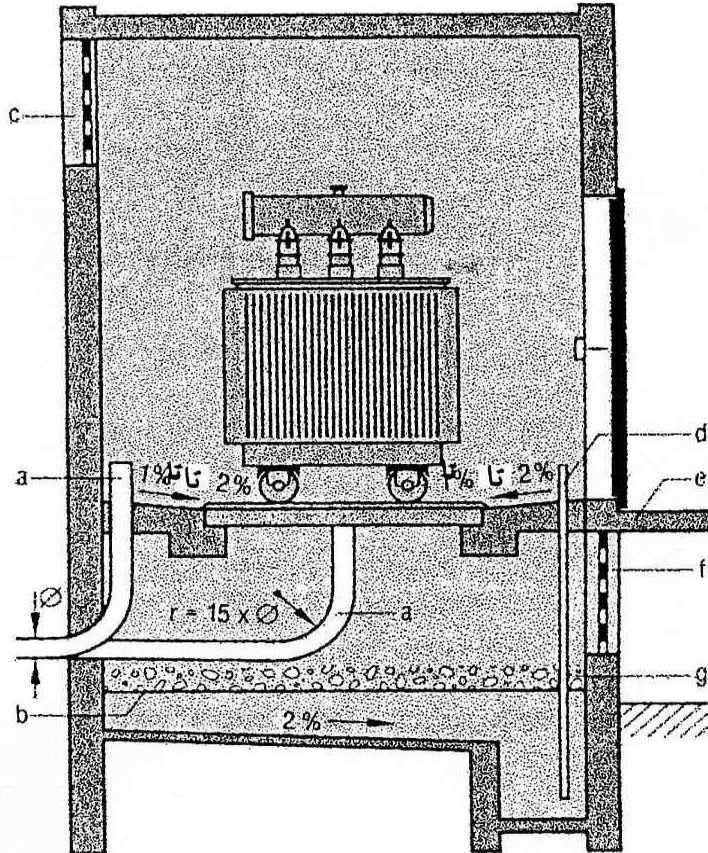
d- لوله برای پمپ

e- سطح شیب دار

f- دریچه ورود هوا باتوری

g- شن - سنگریزه

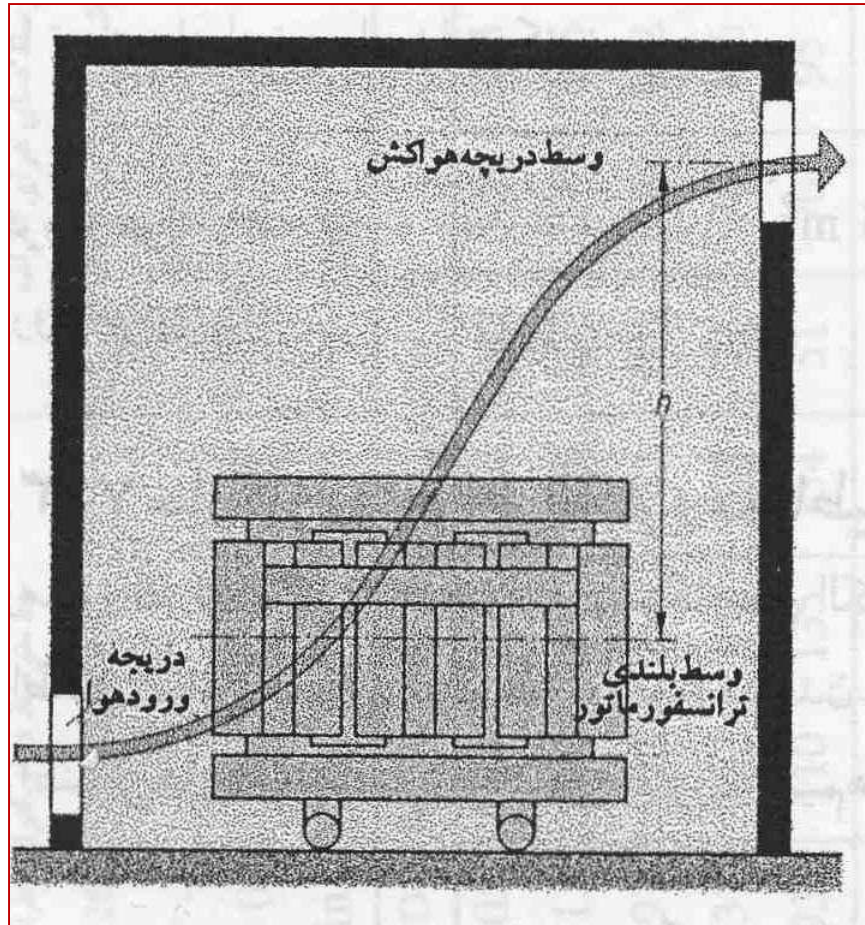
h- قرنیز



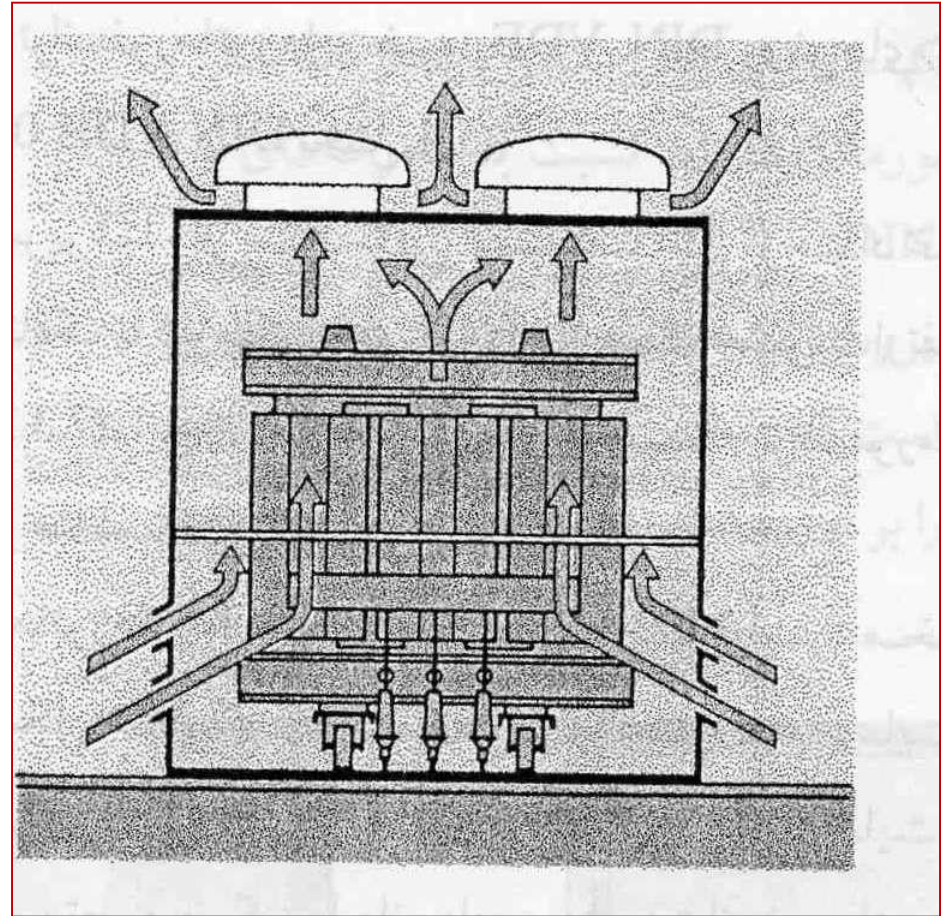
(b) با بزرگتر از 1000 لیتر روغن

ترانسفورماتورهای توزیع

● طرحواره مقطع قائم اتاق ترانس :



ترانس های خشک در اتاق



ترانس های خشک محافظ دار

ترانسفورماتورهای توزیع

● تابلوها و تجهیزات فشار متوسط :

✓ در اتاقهای فشار متوسط و فشار ضعیف، یا اتاق مشترک فشار متوسط-فشار ضعیف حداقل فواصل مطابق جدول شماره ۲ است. فاصله تابلوهای تمام بسته فشار متوسط و فشار ضعیف از هم نباید از ۵/۱ متر کمتر باشد.

حداقل فواصل متر	جبهه جلو (عملیاتی)	جبهه پشت (عملیاتی)	جبهه پشت (قابل سرویس)	دیوار
جبهه جلو (عملیاتی)	۱/۲	۱	۱	۱
جبهه پشت (بسته)	۰	۰	+ / ۸	۰
جبهه پشت (قابل سرویس)	+ / ۸			+ / ۸

۲-۲-۱ تابلوهای فشار متوسط پستهای توزیع زمینی عموماً از سلولهای جداگانه‌ای برای مدارهای ورودی و

خروجی و تغذیه ترانسفورماتور تشکیل یافته که تجهیزات اصلی داخل آن بشرح زیر می باشد:

- سکسیونرهای قابل قطع زیربار، با عملکرد سریع دستی و جریان نامی ۶۳۰ آمپر، برای مدارهای ورودی و خروجی.

- سکسیونرهای زمین، با عملکرد سریع دستی و جریان نامی ۴۰۰ آمپر، برای مدارهای ورودی و خروجی.

- دیژنکتور، با عملکرد دستی و جریان نامی ۶۳۰ آمپر، برای مدار تغذیه ترانسفورماتور.

ترانسفورماتورهای توزیع

● تابلوها و تجهیزات فشار متوسط :

✓ ظرفیت اتصال کوتاه تابلوی فشار متوسط با توجه به سطح اتصال کوتاه شبکه های فشار متوسط برابر ۱۶ کیلوآمپر در نظر گرفته شده است. در موارد خاصی که سطح اتصال کوتاه بالاتر از حد عادی باشد می توان ظرفیت اتصال کوتاه تابلوی فشار متوسط را برابر ۲۰ یا ۲۵ کیلوآمپر انتخاب نمود.

● تابلوها فشار ضعیف:

- سلول ورودی، شامل کلید اتوماتیک ورودی و دستگاه های اندازه گیری جریان و ولتاژ.

- سلول روشنایی معابر، شامل مدارهای خروجی روشنایی خیابانها و کنتور اندازه گیری آن.

- سلول (یا سلولهای) خروجی، شامل مدارهای خروجی مصرف کننده ها و مشترکین. تعداد

مدارهای خروجی شبکه مصرف کننده بر حسب ظرفیت ترانسفورماتور و نیاز محل، بین ۵ تا ۱۰

مدار خروجی می باشد.

سلول مربوط به روشنایی معابر در تابلوهای فشار ضعیف می باید بصورت مستقل و قابل باز کردن از

باقی سلولها در نظر گرفته شود و اتصال آن به سایر سلولها از طریق اتصال شینه های مسی انجام

گیرد. قطع و وصل کنتاکتور مدار اصلی روشنایی معابر توسط یک فتوسل صورت می پذیرد. این

فتوسل در محل مناسبی روی دیوار بیرونی پست نصب می شود.

ترانسفورماتورهای توزیع

● تابلوها و تجهیزات فشار ضعیف :

✓ تابلوهای فشار ضعیف می باید قابل نصب روی کانال یا کف پست بوده و مجهز به دریچه زیرین ورود و نصب کابل یا محل بست کابل باشند.

✓ بمنظور حفظ ایمنی بیشتر، جهت بسته شدن درب تابلوها باید بطرف درب خروجی پست باشد.

● کابل کشی و سیم کشی مدارها:

نکات زیر در نصب کابل‌های فشار قوی و فشار ضعیف می باید مورد توجه قرار گیرد:

۱- فاصله حداقل بین کابل‌های هم ولتاژ باید به اندازه قطر کابل ضخیم تر مجاور باشد.

۲- در صورتیکه ولتاژ کابل‌های موازی متفاوت باشد حداقل فاصله بین دو کابل مجاور باید ۳۰ سانتیمتر باشد.

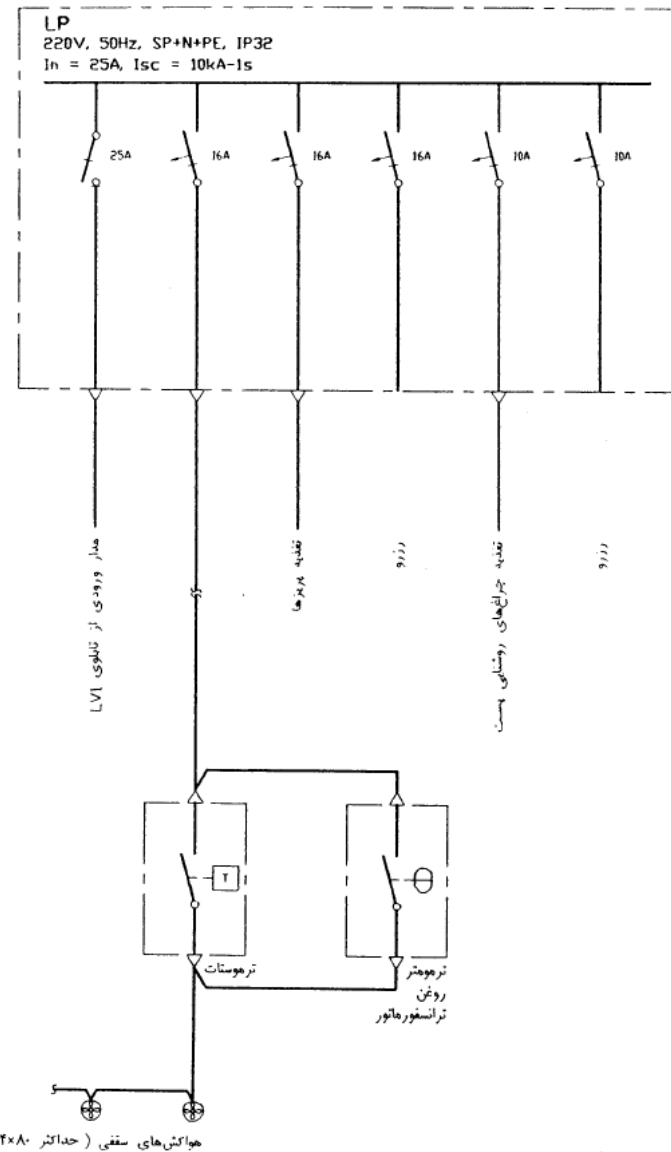
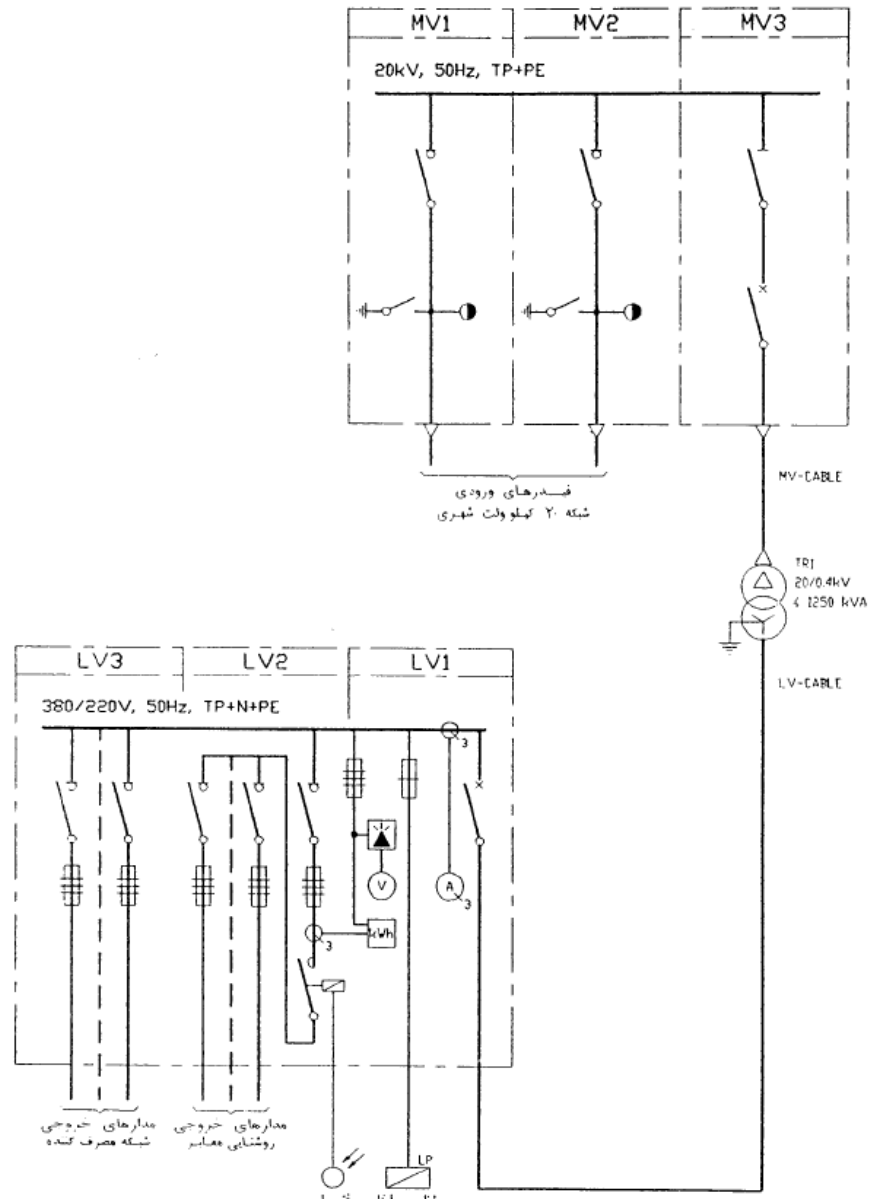
۳- بطور کلی کابل‌های هم ولتاژ باید بصورت گروه‌های جداگانه نصب گردند.

۴- حداکثر تعداد کابل‌های داخل کانال، مجرا و یا لوله باید چنان باشد که کشیدن آنها بسادگی انجام گردد. لذا نباید بیش از ۴۰٪ سطح مقطع داخلی مجرا، کانال یا لوله توسط کابل‌های کشیده شده از داخل آن اشغال گردد.

۵- کابل‌های تک رشته مورد استفاده در سیستم سه فاز می باید بصورت یک گروه سه تایی با آرایش هندسی مثلث نصب شوند. سه رشته این کابل‌ها می باید در فواصل حداکثر ۳۰ سانتیمتری به وسیله بست‌های مناسب به یکدیگر محکم گردند تا کابل‌ها در اثر نیروی اتصال کوتاه آسیب نبینند. سطح داخلی بست می باید از یک لایه لاستیک نرم پوشیده شده باشد.

ترانسفورماتورهای توزیع

● دیاگرام تک خطی پست توزیع:



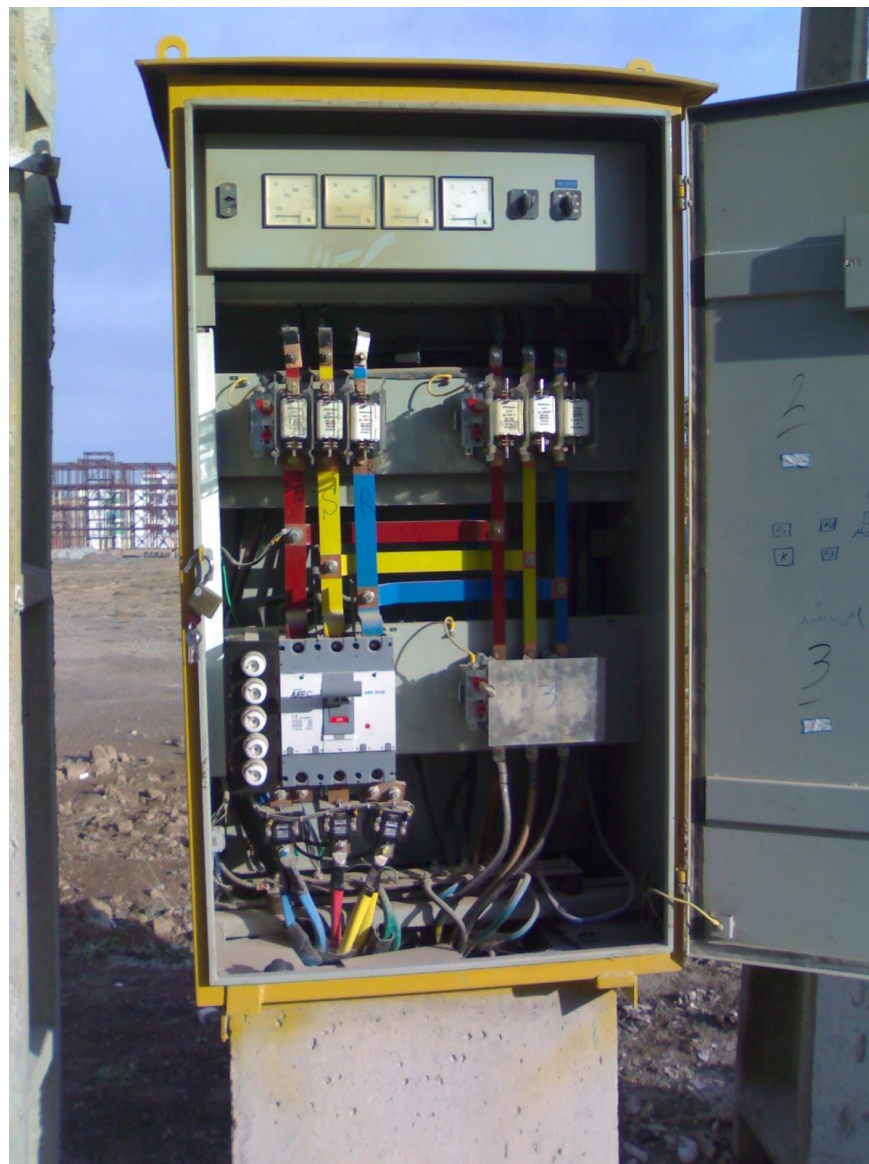
ترانسفورماتورهای توزیع

- تابلوی زمینی ترانسفورماتورهای هوایی :



ترانسفورماتورهای توزیع

- نمایی از داخل تابلوی زمینی :



ترانسفورماتورهای توزیع

● نمایی از اتاق پست زمینی :



ترانسفورماتورهای توزیع

● نمایی از اتاق پست زمینی :



ترانسفورماتورهای توزیع

● نمایی از اتاق پست زمینی :



ترانسفورماتورهای توزیع

● فضای داخلی پست زمینی :



ترانسفورماتورهای توزیع

- تجهیزات داخلی پست زمینی :

- سکسیونر



- دیژنکتور



ترانسفورماتورهای توزیع

- اتصالات ترانسفورماتوری پست های زمینی :

