مبحث سیزدهم:

گروه های برداری در ترانسفورماتورهای قدرت

- اتصالات ترانسهای سه‌فاز
- گروه‌های برداری
- اثر جهت پلاریته و توالی فاز بر گروه برداری

(الف) انواع اتصال سیم پیچهای اولیه و ثانویه:

۱- ستاره (Y)

۲- مثلث (D)

۳-زیگزاگ یا ستاره شکسته (Z)

(ب) روش استاندارد سیستم بین المللی براساس اسم گذاری ترمینال های ترانسفورماتورها:

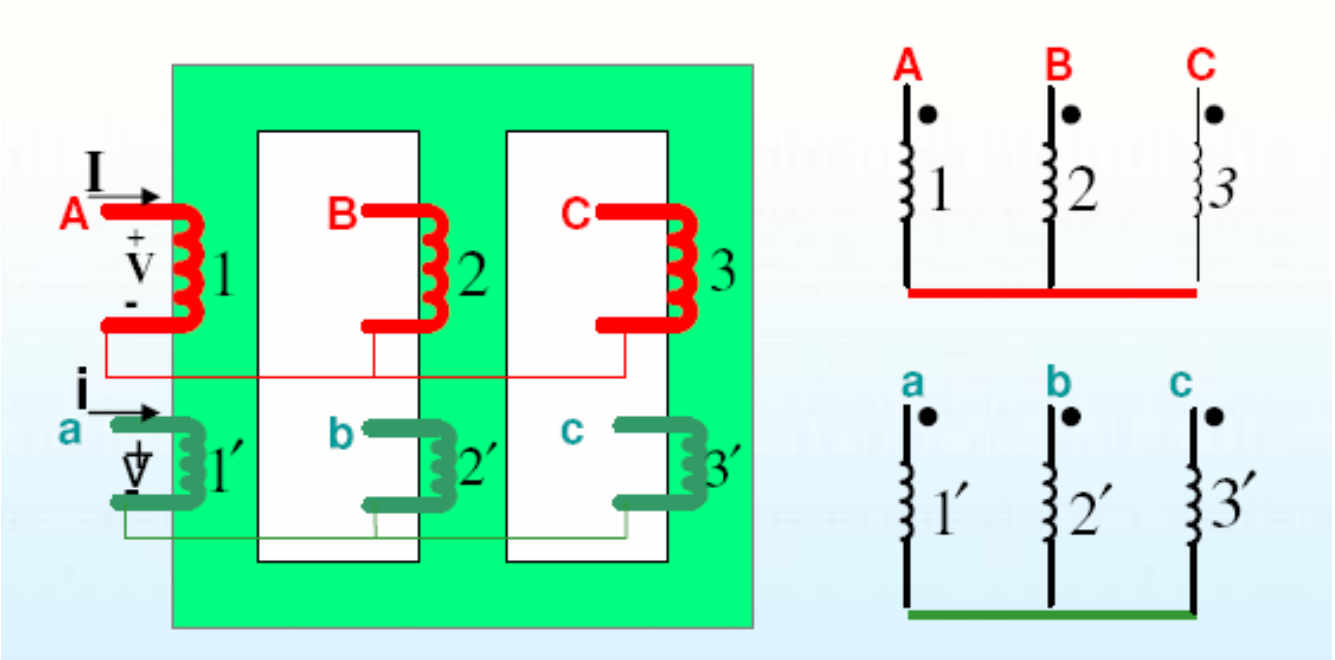
- حروف بزرگ A، B و C برای اسم گذاری ترمینالهای طرف فشار قوی استفاده می شود.
- حروف کوچک a، b و c برای اسم گذاری ترمینالهای طرف فشار ضعیف استفاده می شود.

(ج) دامنه تبدیل ولتاژ و جریان روی هر فاز طرف فشار قوی: با V و I نمایش داده می شود.

و برای طرف فشار ضعیف با v و i نشان داده می شوند.

(د) نسبت تبدیل ترانس: نسبت ولتاژ خط طرف فشار قوی به ولتاژ خط طرف فشار ضعیف مگر چیز دیگری غیر از آن تصریح شود.

(و) نسبت K: نسبت تبدیل فاز یا نسبت بین ولتاژهای دو پیچک واقع شده روی یک ستون $\frac{V}{v} = K$ $\frac{i}{I} = K$

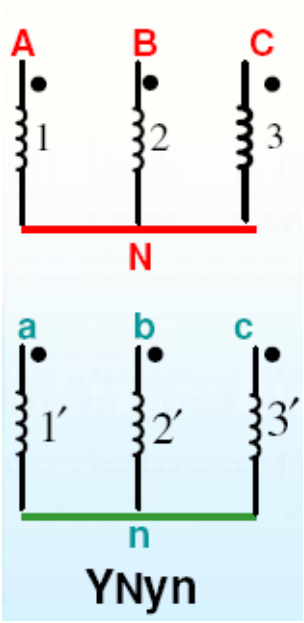

I
A
+
v
-
1
B
2
C
3
i
a
+
v
-
1′
b
2′
c
3′
A
B
C
1
2
3
a
b
c
1′
2′
3′

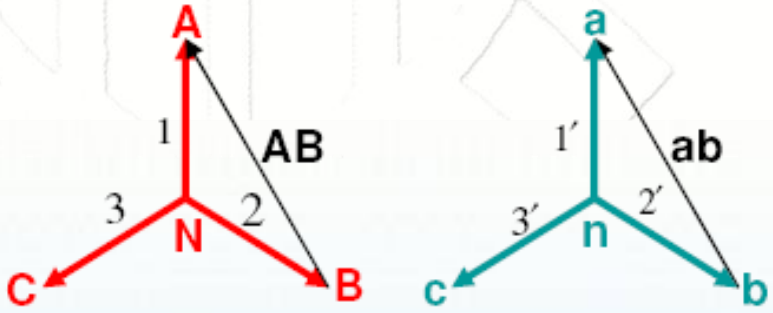
انواع اتصالات ترانسفورماتور

۱- اتصال ستاره - ستاره:

کاربرد:

- ✓ در کاربردهای فشار قوی (HV)، زمانی که ولتاژ زیاد و جریان کم است.
- ✓ بخاطر کمینه بودن تعداد دور بر فاز، در ترانسهای فشارقوی توان پائین استفاده از آن اقتصادی است.
- ✓ در ترانسهای توزیع اصلا از آن استفاده نمی شود.
- ✓ به دلیل مشکلات مربوط به جریان تحریک و هارمونیک سوم کمتر مورد استفاده قرار می گیرد.
- ✓ در شرایط عدم تعادل بار نیز این آرایش بشدت آسیب پذیر است.





$$|V_{AN}| = V$$
$$|v_{an}| = v$$

$$\left.\begin{aligned} |\overline{V}_{AB}| &= |\overline{V}_{AN} - \overline{V}_{BN}| = \sqrt{3}V \\ |\overline{V}_{ab}| &= |\overline{V}_{an} - \overline{V}_{bn}| = \sqrt{3}v \end{aligned}\right\}$$

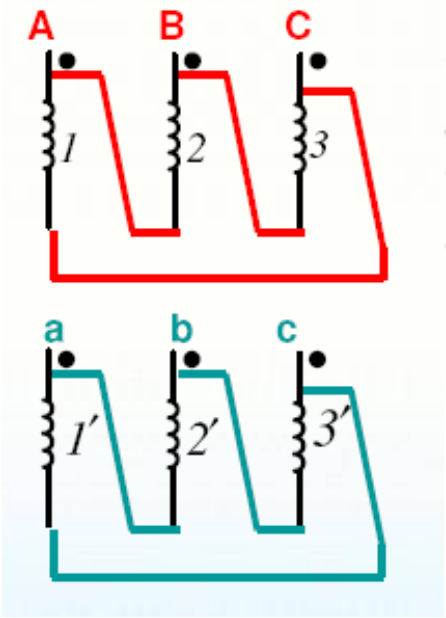
$$\left|\frac{\overline{V}_{AB}}{\overline{v}_{ab}}\right| = \frac{\sqrt{3}V}{\sqrt{3}v} = \frac{V}{v} = K$$

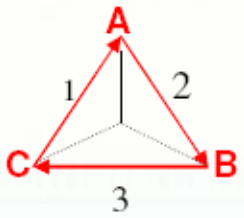
❑ انواع اتصالات ترانسفورماتور

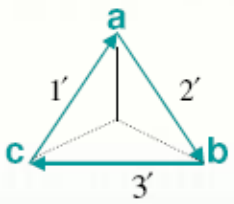
➢ ۲- اتصال مثلث - مثلث:

کاربرد:

- ✓ به دلیل حجم هادی بیشتر مورد نیاز در ترانسهای فشارضعیف (LV) با توان بالا مورد استفاده قرار می گیرد.
- ✓ بارهای با نامتعادلی بالا از این نوع ترانس تغذیه می شوند.
- ✓ هارمونیک های ناشی از تحریک (هارمونیک سوم) کمترین تاثیر منفی را بر روی این آرایش دارد.
- ✓ امکان بکارگیری آرایش مثلث باز (حذف یک فاز) در آن وجود دارد (در این حالت توان داده شده ۵۷٪ توان نامی ترانس است)
- ✓ عدم وجود نقطه ستاره یک عیب برای آن است و لذا در ترانسهای سیستم توزیع کاربردی ندارد.







$$\left.\begin{aligned}|\overline{V}_{AB}| &= V\\ |\overline{V}_{ab}| &= v\end{aligned}\right\}$$

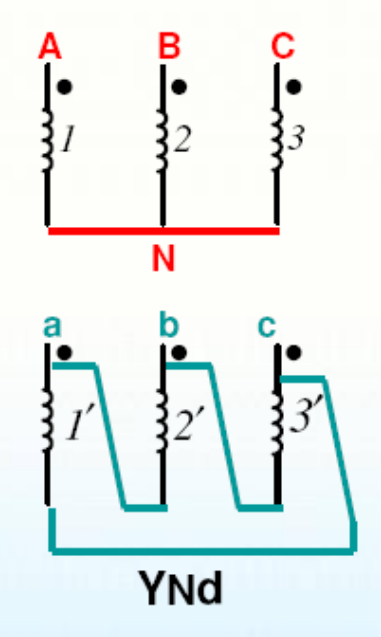
$$\left|\frac{\overline{V}_{AB}}{\overline{V}_{ab}}\right| = \frac{V}{v} = K$$

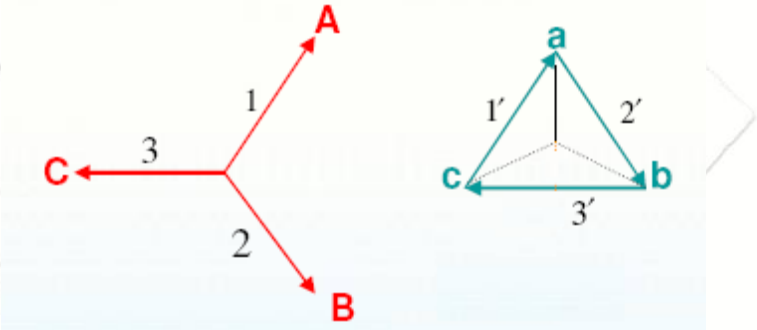
❑ انواع اتصالات ترانسفورماتور

➢ ۳- اتصال ستاره - مثلث:

کاربرد:

- ✓ کلا، دو اتصال ستاره – مثلث و مثلث – ستاره مرسوم ترین نوع ترانس در شبکه های قدرت هستند (به دلیل مشکل هارمونیک سوم).
- ✓ نقطه ستاره زمین می شود و هارمونیک سوم قادر به جاری شدن در طرف مثلث است و لذا ولتاژ خروجی سینوسی تر می شود.
- ✓ جایی استفاده می شود که ولتاژ پائین و جریان زیاد مورد نیاز باشد (مثل انتهای خطوط فشار قوی و در پستهای فرعی)
- ✓ در شبکه های HV، اتصال ستاره- مثلث در انتهای خطوط بکار می رود، زیرا کاهش ولتاژ با تعداد دور کم می تواند اتفاق بیفتد.





$$\left|\overline{V}_{AB}\right| = \left|\overline{V}_{AN} - \overline{V}_{BN}\right| = \sqrt{3}V$$

$$\left|\overline{V}_{ab}\right| = v$$

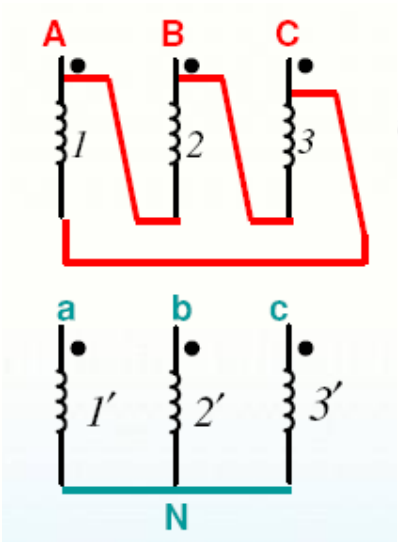
$$\frac{\left|\overline{V}_{AB}\right|}{\left|\overline{V}_{ab}\right|} = \frac{\sqrt{3}V}{v} = \sqrt{3}\frac{V}{v} = \sqrt{3}K$$

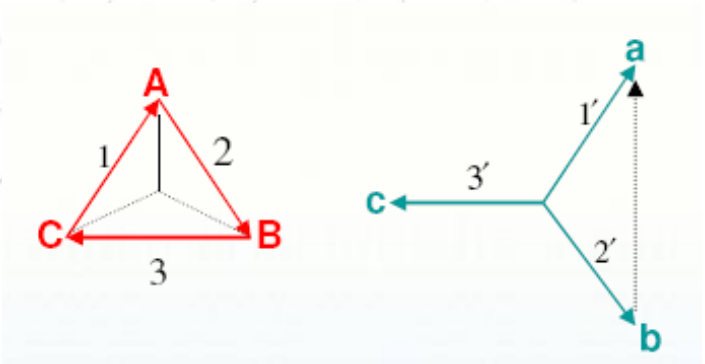
❑ انواع اتصالات ترانسفورماتور

➢ ٤- اتصال مثلث - ستاره:

کاربرد:

- ✓ در شبکه های HV در ابتدای خطوط قدرت قرار می گیرد زیرا ولتاژ را با نسبت دور کمتر (به دلیل اتصال ستاره) افزایش می دهد.
- ✓ در شبکه های توزیع ٤ سیمه، پرکاربردترین نوع ترانس است، زیرا به دلیل دارا بودن نقطه ستاره، امکان تغذیه بارهای تکفاز هست.
- ✓ همچنین اتصال مثلث اجازه می دهد تا جریان هارمونیک سوم گردش نماید و ولتاژ خروجی ترانس سینوسی تر است.





$$\left|\overline{V}_{AB}\right| = V$$

$$\left|\overline{v}_{ab}\right| = \left|\overline{v}_{an} - \overline{v}_{bn}\right| = \sqrt{3}v$$

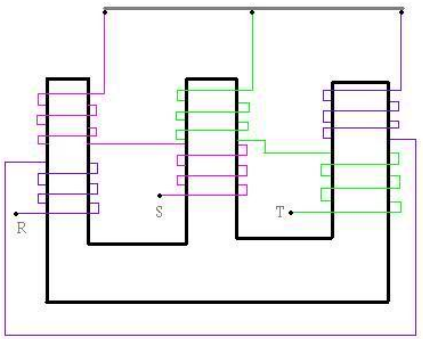
$$\left|\frac{\overline{V}_{AB}}{\overline{v}_{ab}}\right| = \frac{V}{\sqrt{3}v} = \frac{1}{\sqrt{3}}\frac{V}{v} = \frac{K}{\sqrt{3}}$$

انواع اتصالات ترانسفورماتور

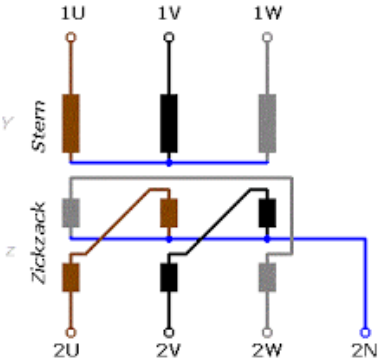
۵- اتصال ستاره - زیگزاگ:

کاربرد:

- ✓ این اتصال تنها در ترانسهای توزیع بکار گرفته می شود و علت آن هم تحمل بهتر مشکلات نامتعادلی بارهای تکفاز اعمالی به ترانس نسبت به اتصال ستاره است.
- ✓ در این آرایش، اتصال زیگزاگ (یا ستاره شکسته)، فقط در طرف ثانویه انجام می شود.
- ✓ طرف زیگزاگ بر خلاف اتصالات ستاره و مثلث (که سه سیم پیچ دارند)، از شش سیم پیچ تشکیل شده است که نصف آن بصورت ستاره و نصف دیگر بصورت مثلث بسته می شوند.
- ✓ از مزایای این اتصال، جاری شدن جریان یک فاز در دو ستون هسته است. لذا در هنگام اعمال بار نامتعادل به ترانس، خطرات نامتعادلی بار، تلفات هسته و اشباع تا حد بسیار زیادی کاهش می یابد.
- ✓ در این آرایش، مانند اتصال ستاره، امکان دسترسی به نقطه ستاره (نول) نیز وجود دارد.
- ✓ همچنین این آرایش؛ مزیت امکان جاری شدن هارمونیک سوم در بخش مثلث و سینوسی تر شدن ولتاژ را دارد.
- ✓ آرایش مثلث – زیگزاگ نیز وجود دارد که در کاربردهای خاص تر استفاده می شود.

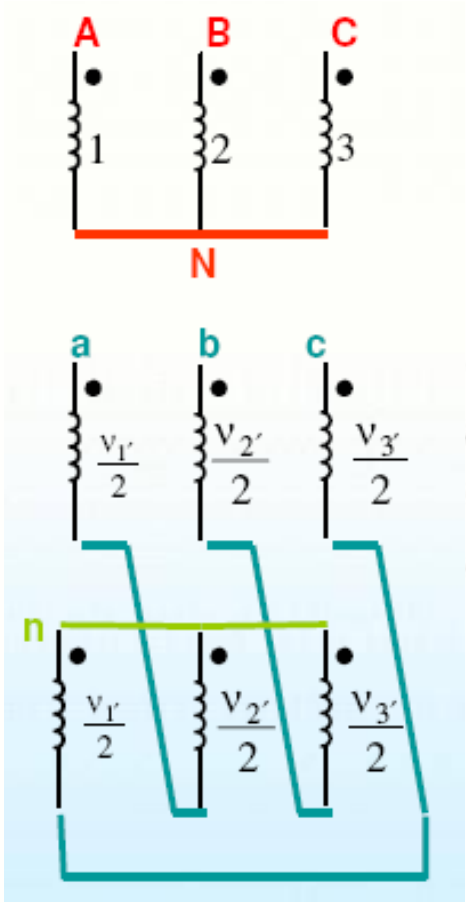


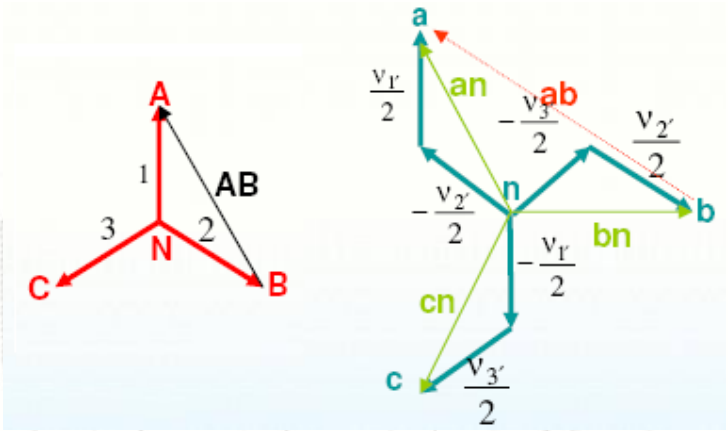
(الف) اتصال زیگزاگ



(ب) اتصال ستاره - زیگزاگ

۵- اتصال ستاره - زیگزاگ:





$$|v_{an}| = \left|\frac{\bar{v}_{1'}}{2} - \frac{\bar{v}_{2'}}{2}\right| = \sqrt{3}\frac{v}{2} = \frac{\sqrt{3}}{2}v$$

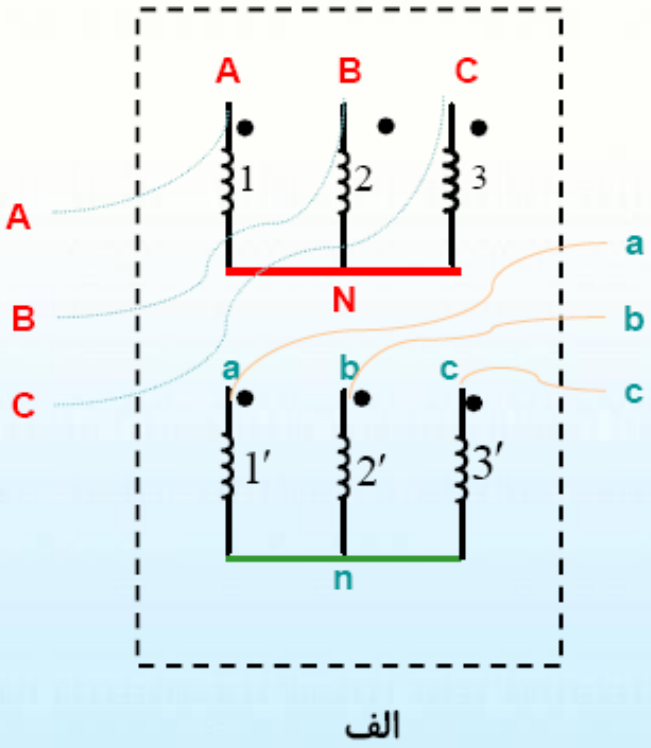
$$|v_{an}| = |v_{bn}| = |v_{cn}| = \frac{\sqrt{3}}{2}v$$

$$|v_{ab}| = |\bar{v}_{an} - \bar{v}_{bn}| = \sqrt{3}\left(\frac{\sqrt{3}}{2}v\right)$$

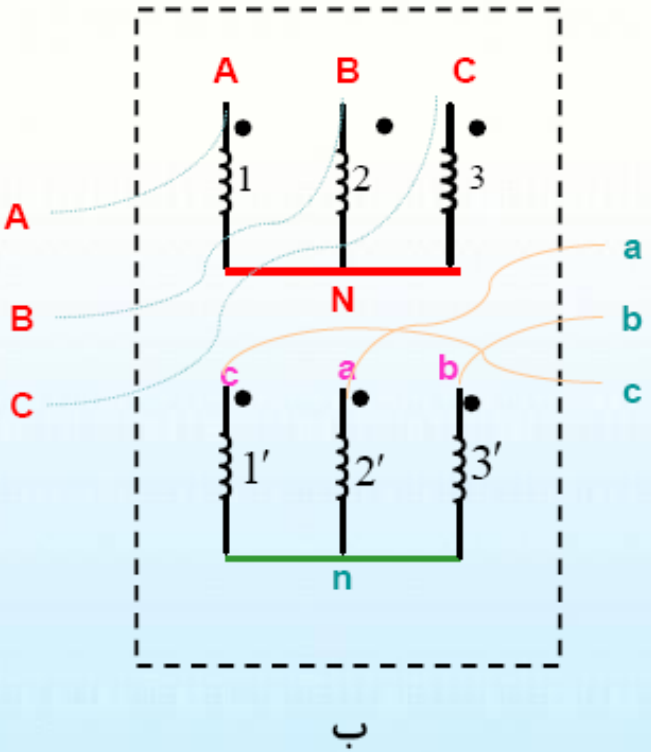
$$|V_{AB}| = |\bar{V}_{AN} - \bar{V}_{BN}| = \sqrt{3}V$$

$$\frac{V_{AB}}{v_{ab}} = \frac{\sqrt{3}V}{3/2\times v} = \frac{2}{\sqrt{3}}K$$

به دو شکل شماتیک زیر نگاه کنید . همانگونه که گفتیم می توانیم ترمینالهای خروجی را به دلخواه اسم گذاری کنیم . آیا دو آرایش زیر، ترانسهای مختلفی را نتیجه می دهند ؟

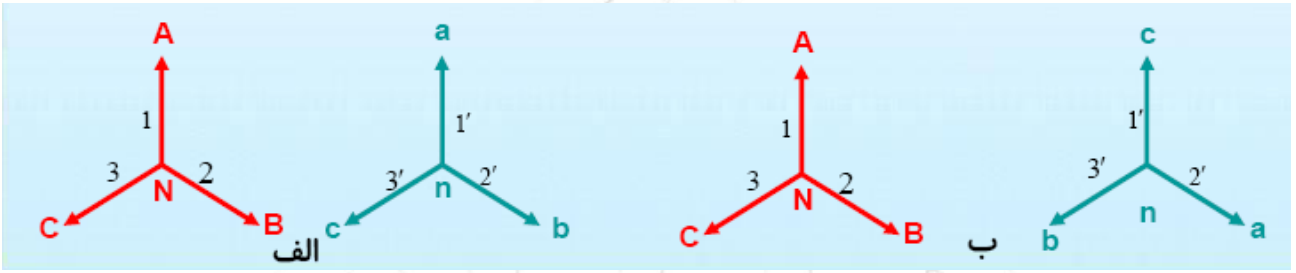


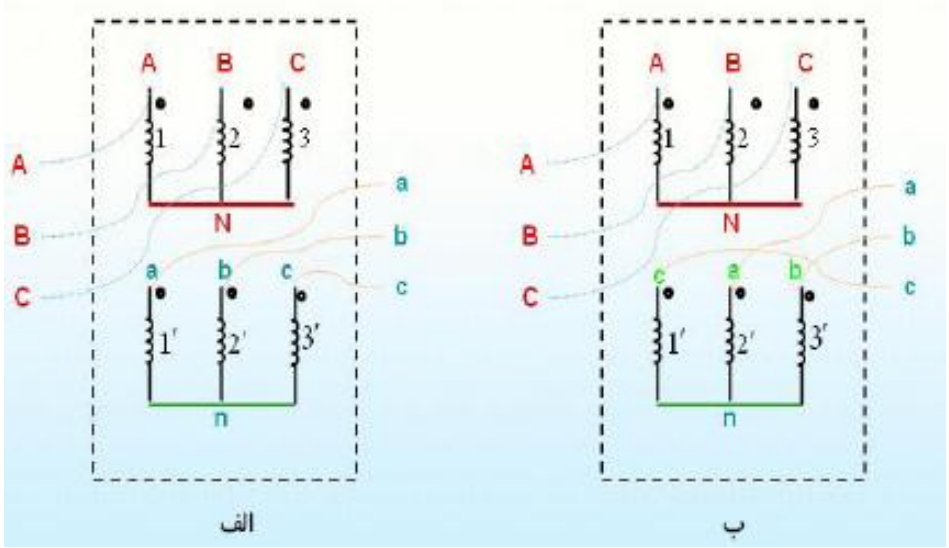
الف



ب

پاسخ مثبت است . با اینکه نسبت تبدیل ثابت می ماند ولی بین فاز های هم نام در هر کدام از ترانسها اختلاف فازهای مختلفی ایجاد می شود.





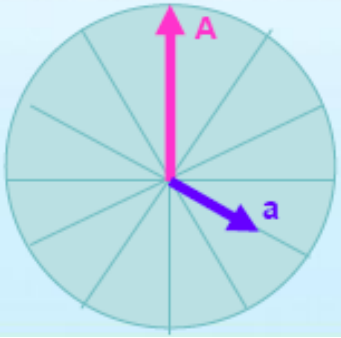
❑ گروه برداری

➢ تعریف گروه برداری (یا ساعت ترانس):

برای نشان دادن این تمایز بین دو ترانس فوق از توصیف ویژه ای تحت عنوان گروه برداری یا ساعت ترانس استفاده می شود .

ترانس الف را با گروه برداری Yy0 یا ساعت صفر می نامیم . ترانس (ب) ترانسیست با گروه برداری Yy4 یا ساعت چهار .

برای یافتن ساعت ترانس یا گروه برداری آن از قاعده زیر استفاده می شود . بردار ولتاژ فشار قوی را عقربه دقیقه شمار فرض کرده و راستای آنرا در امتداد ساعت ۱۲ فرض می کنیم . بردار ولتاژ فشار ضعیف را عقربه ساعت شمار در نظر می گیریم.

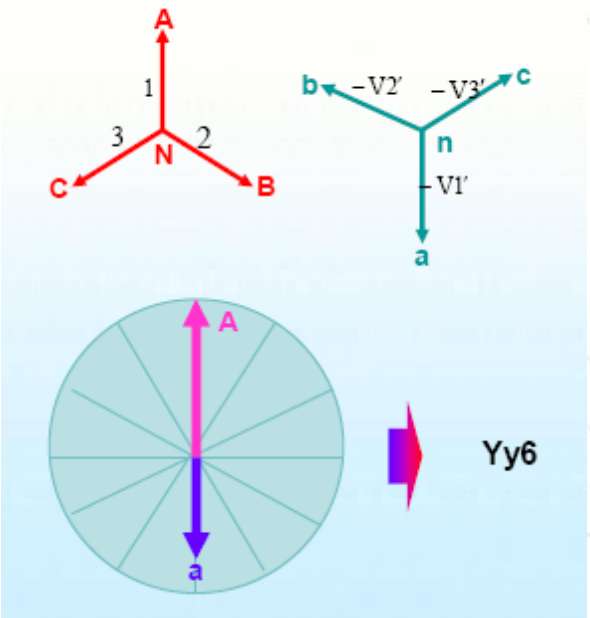


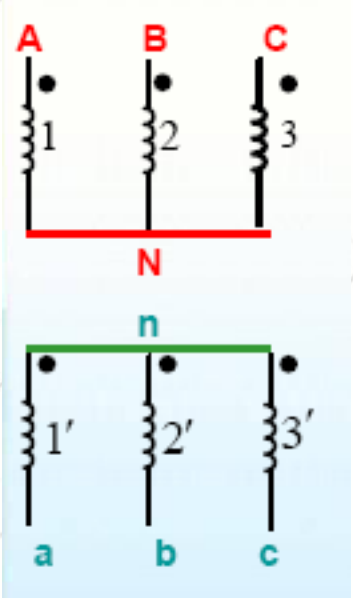
هر ساعت معادل ۳۰ درجه اختلاف فاز بین فازهای هم نام است .

گروه برداری اختلاف بین کمیات خطی هم نام با یکدیگر ، یا کمیات فازی هم نام با یکدیگر می باشد

علاوه بر تغییراسم گذاریها ، تغییر پلاریته پیچکها هم می تواند به گروههای برداری متفاوت بیانجامد .

شکل زیر را ببینید :

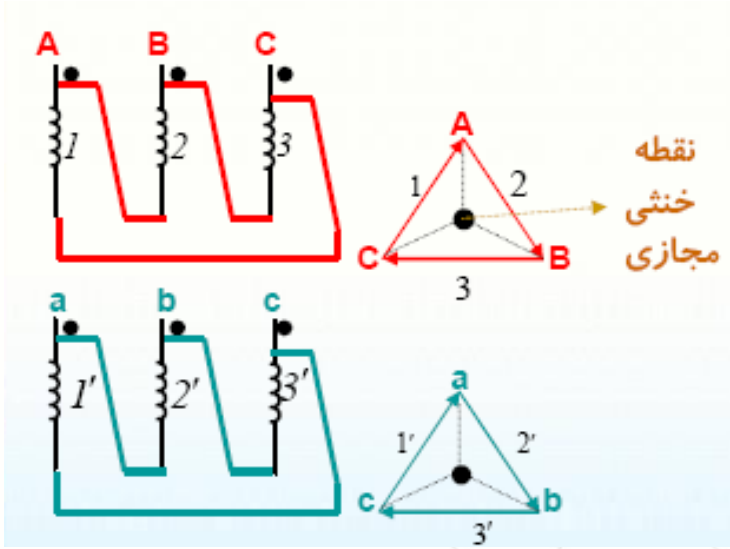


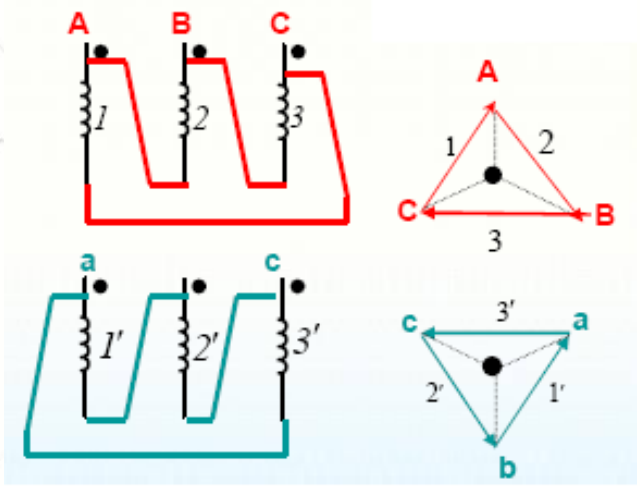


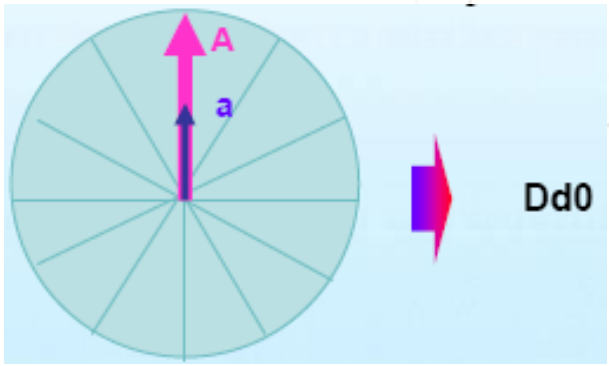
نکته مهم: در رسم دیاگرام برداری جهت تعیین گروه برداری، توالی بردارهای ولتاژ بصورت ABC راستگرد (در خلاف عقربه های ساعت) باشند.

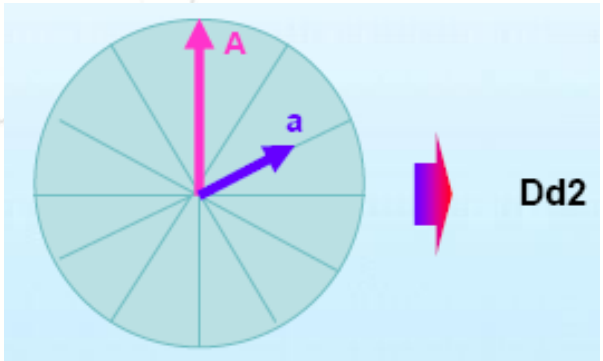
❑ گروه برداری

➢ اثر تغییر سربندی در اتصال مثلث:









۱) گروه برداری همیشه برای کمیات سه فاز متعادل بیان می شود

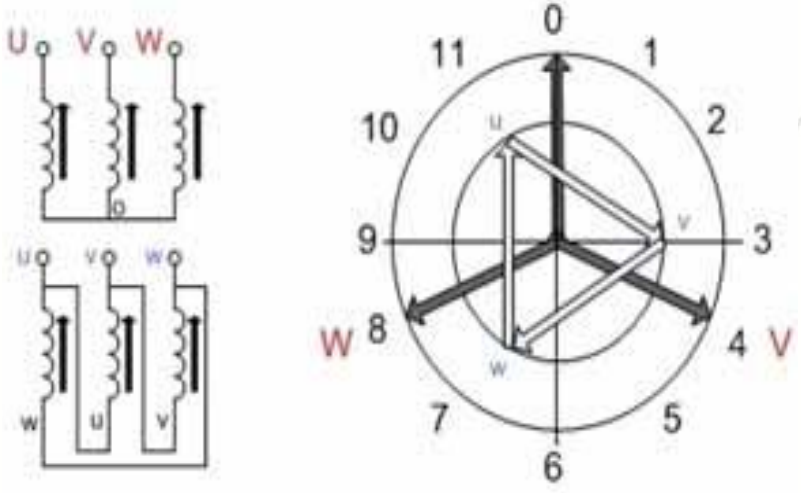
۲) برای یافتن گروه برداری همیشه باید نقطه صفر (حقیقی یا مجازی) را بیابیم و اختلاف زاویه دو خط (یا فاز هم نام a و A) را در جهت ساعت گرد بیابیم . از آنجائیکه این اختلاف همیشه مضربی از ۳۰ درجه است لذا هر ۳۰ درجه معادل یک ساعت می باشد .

۳) دو پیچک واقع بر روی یک ستون ترانس، دارای راستاهای هم‌جهت هستند (متناظر با بردارهای 1 و ‘1، 2 و ’2، 3 و ‘3)

٤) توالی بردارهای ولتاژ ترمینالها در اولیه و ثانویه باید یکسان درنظر گرفته شوند.

✓ **برای تعیین ساعت یا گروه ترانس می توان از روش دوایر متحدالمرکز به شرح زیر نیز می توان استفاده نمود:**

✓ **دو دایره متحدالمرکز با قطرهای متفاوت رسم می کنیم و ساعت های ۱ تا ۱۲ را بر روی آن مشخص می سازیم. ابتدا بر روی دایره بزرگتر، بردارهای ولتاژ سیم پیچ های فشار قوی رسم می شود. بر روی دایره کوچکتر هم، بردارهای ولتاژ سیم پیچ فشار ضعیف را رسم می کنیم. توالی فاز هر دو طرف ترانس باید یکسان باشند (در جهت عقربه های ساعت).**



✓ گروه برداری ارائه شده برمبنای ساعت ترانس مطابق استاندارد IEC76-4 بود.

✓ گروههای ترانس در استاندارد آمریکایی (ارائه شده در کتاب بیم بهارا – جلد دوم):

- دسته یا گروه شماره ۱: اختلاف فاز صفر درجه (عدد ساعت ۰)
- دسته یا گروه شماره ۲: با اختلاف فاز ۱۸۰ درجه (عدد ساعت ٦)
- دسته یا گروه شماره ۳: با اختلاف فاز منهای ۳۰ درجه (عدد ساعت ۱)
- دسته یا گروه شماره ٤: با اختلاف فاز مثبت ۳۰ درجه (عدد ساعت ۱۱)

✓ در استاندارد آلمانی هم گروه بندی ترانسها بصورت گروه A، B، C و D (متناظر با ساعتهای به ترتیب۰، ٦، ٥ و ۱۱) است.

❑ گروه برداری

در بحث گروه برداری معمولا
با دو نوع مساله مواجه هستیم

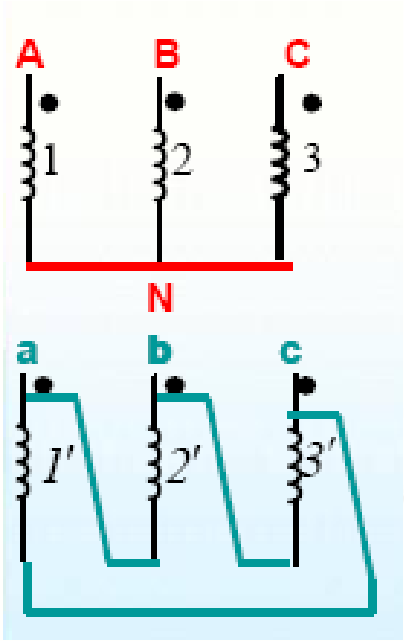
اتصالات ترانس داده شده و هدف تعیین گروه برداری ترانس است . (همیشه یک جواب منحصر به فرد دارد)

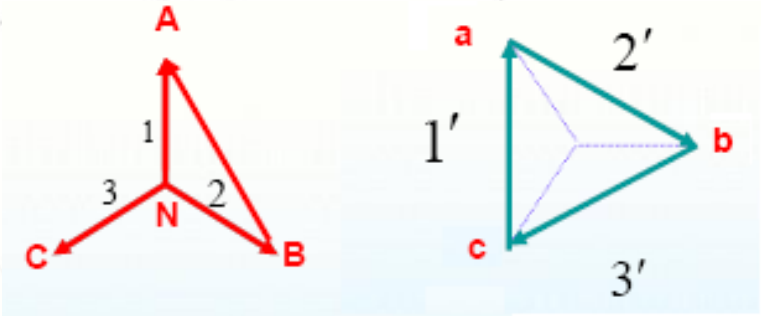
گروه برداری داده شده و هدف تعیین اتصالات و سر-بندیهای ترانس است . (ممکن است بیش از یک جواب منحصر به فرد داشته باشد .)

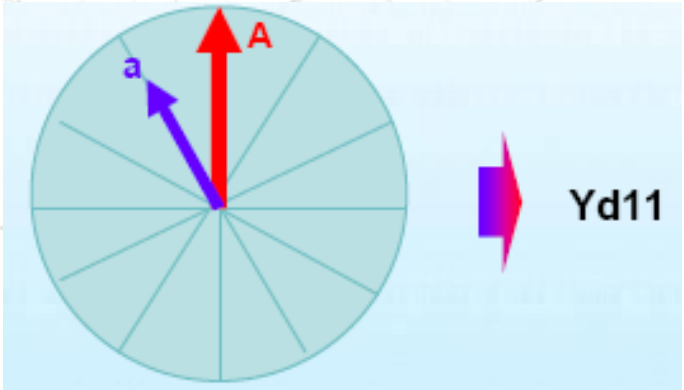
گروه برداری

مثال ۱:

گروه برداری ترانس دارای طرح شماتیک زیر را بیابید.







گروه برداری ترانس دارای طرح شماتیک زیر را بیابید.