

# محاسبه اتصال کوتاه در شبکه از طریق روش پتانسیلی $N_{sw}$ بکمک مؤلفه‌های متقارن متداول در اروپا و طریقه بکار برده شده در آمریکا (قسمت دوم)

نوشته :

امیر منصور میری

دانشیار دانشکده فنی

## روش پتانسیلی $N_{sw}$ با بکار بردن مؤلفه‌های $\alpha\beta_0$

برای بررسی سیستم‌های سه فاز غیر سیمتری یک محقق آمریکائی بنام «ادیت کلارك»\* در جوار نمایش مؤلفه‌ای سیمتری متد مؤلفه‌ای  $\alpha\beta_0$  را پیشنهاد نمود. که در اینجا قبل از تشریح طرز بکار بردن این مؤلفه‌ها در روش پتانسیلی  $N_{sw}$  این نکته را مورد بررسی قرار میدهم که اصولاً اساس متد  $\alpha\beta_0$  بر چه بنیائی قرار داشته و تفاوت اصلی آن با روش مؤلفه‌ای سیمتری چیست.

در این سیستم تجزیه ، برخلاف حالت تبدیل یک سیستم سه فاز غیر سیمتری بمؤلفه‌های متقارن

آن ، گردش فازی منظور نمی گردد و بدین ترتیب در فرمولهای تبدیلی عامل  $\frac{2\pi}{3}$   $a=e^{j\frac{2\pi}{3}}$  تأثیرنمینماید.

در نتیجه حذف عامل نامبرده در محاسبه عددی شبکه‌ها زمان محاسبه تقلیل می یابد. بعلاوه بطوریکه بعداً ملاحظه خواهد شد سیستم  $\beta$  بعکس سیستم معکوس روش مؤلفه‌ای سیمتری ، یک سیستم اکتیو بوده و بوسیله  $ju$  مشخص میگردد. این کمیت اضافی ( $ju$ ) برای محاسبه ماشینی مسائل شبکه مطلوب نمیشد. تفاوت مهم دیگری که بین دو سیستم نامبرده مشاهده میشود اینستکه در روش مؤلفه‌ای  $\alpha\beta_0$  در صورتی سیستم سه فاز غیر سیمتری به سیستم‌های مستقل  $\alpha$  و  $\beta$  و در نتیجه مدارهای معادل یقطبی قابل تجزیه

\* Edith Clark

است که امیدانسه‌های مستقیم و معکوس شبکه با یکدیگر برابر باشد. از نظر ریاضی این امر موقعی تحقق می‌پذیرد که تغذیه شبکه توسط توربوژنراتورها انجام گیرد. در حالیکه ژنراتورهای تغذیه کننده از نوع باقطنبهای برجسته باشد امیدانسه‌های مستقیم و معکوس مساوی نخواهد بود. در مورد ژنراتورهائی که دارای سیم پیچی مستهلک کننده باشد این اختلاف مقدار (راکتانسهای مستقیم و معکوس) بالغ بر ۰.۲ خواهد شد. البته این نکته را باید در مد نظر داشت که اختلاف بین راکتانس مستقیم و معکوس بر حسب بزرگتر شدن راکتانس کل شبکه نسبت به راکتانسهای ماشین کمتر میشود. با میزان غربالی بودنیکه امروزه در شبکه‌های فشار قوی متداول است میتوان راکتانس معکوس کل شبکه را عملاً برابر با راکتانس مستقیم آن در نظر گرفت.

### روش $\alpha\beta O$ با کمیت‌های پتانسیلی $N_{sw}$

در یک سیستم غیر سیمتریك سه فاز با فشارهای  $U_R$ ،  $U_S$  و  $U_T$  ضرایب پتانسیلی  $P_R$ ،  $P_S$  و  $P_T$  از تقسیم فشارهای نامبرده بر  $(\sqrt{3} U_N / \sqrt{3})$  نتیجه میشود که به مؤلفه‌های  $\alpha_P$  سیستم  $\alpha$  و  $\beta_P$  سیستم  $\beta$  و  $p^\circ$  سیستم  $O$  قابل تجزیه میباشد:

$$\begin{aligned} 3\alpha_P &= 2P_R - P_S - P_T; \\ (24) \quad 3\beta_P &= \sqrt{3} P_S - \sqrt{3} P_T; \\ 3p^\circ &= P_R + P_S + P_T; \end{aligned}$$

برای یک نیروگاه که بطور سیمتریك شبکه را تغذیه مینماید مقادیر فوق برابر

$$\alpha_P = 1, \beta_P = -j, p^\circ = 0$$

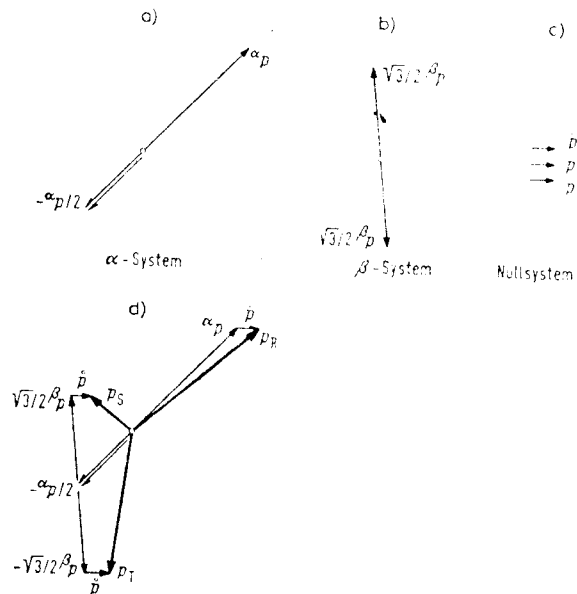
است. چنانچه مقادیر  $P_R$ ،  $P_S$  و  $P_T$  بر حسب مؤلفه‌های  $\alpha\beta O$  مد نظر باشد روابط زیر را میتوان نوشت:

$$\begin{aligned} (25) \quad P_R &= -\alpha_P + p^\circ; \\ P_S &= -0.866\alpha_P + 0.866\beta_P + p^\circ; \\ P_T &= -0.866\alpha_P - 0.866\beta_P + p^\circ; \end{aligned}$$

شکل ۹ نشان دهنده طرز بوجود آمدن یک سیستم سه فاز غیر سیمتریك از مؤلفه‌های  $\alpha\beta O$  مربوطه میباشد. همچنین در این شکل میتوان مشاهده نمود که سیستم‌های  $\alpha$  و  $\beta$  بوسیله بردارهای متقابل نمایش داده شده

است سیستم  $\alpha$  امکان داشت بدین طریق بوجود آید که در سیستم سیمتریك مستقیم فازهای  $\hat{P}_T$  و  $\hat{P}_S$  هر کدام بمیزان  $1^\circ$  نسبت بیکدیگر گردانده شود. در مورد سیستم  $\beta$  امکان داشت که در سیستم معکوس فازهای  $\hat{P}_T$  و  $\hat{P}_S$  نسبت بیکدیگر بمیزان  $3^\circ$  گردانده شود در حالیکه فاز  $\hat{P}_R = 0$  گردد. سیستم نول بدون تغییر باقی میماند.

در یک سیستم غیر سیمتریك سه فاز جریانهای را که در خطوط جاری میباشد میتوان پس از ضرب



(شکل ۹)

یک سیستم غیر سیمتریک سه فاز (سیستم p) که از ترکیب مؤلفه های  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $0$  بدست آمده است  
 a تا c) سیستم تجزیه شده  
 d) سیستم ترکیب شده

کردن در  $\sqrt{3} U_N$  بجریانهای توانی مربوطه سیستم پتانسیلی  $N_{SW}$  تبدیل نمود. در نتیجه معادلات مؤلفه‌ای آن بصورت زیر در می‌آید:

$$\begin{aligned} \alpha N_{SW}^* &= \alpha N_{SWR}^* - N_{SWS}^* - N_{SWT}^* ; \\ \beta N_{SW}^* &= \sqrt{3} N_{SWS}^* - \sqrt{3} N_{SWT}^* ; \\ N_{SW}^* &= N_{SWR}^* + N_{SWS}^* + N_{SWT}^* ; \end{aligned} \quad (26)$$

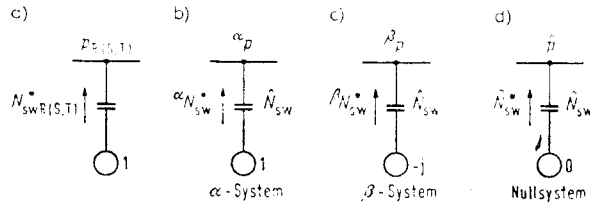
چنانچه مقادیر فازها مد نظر باشد سیستم معادلات فوق را میتوان بصورت زیر نوشت.

$$\begin{aligned} N_{SWR}^* &= \alpha N_{SW}^* + N_{SW}^* ; \\ N_{SWS}^* &= -0.5\alpha N_{SW}^* + 0.866\beta N_{SW}^* + N_{SW}^* ; \\ N_{SWT}^* &= -0.5\alpha N_{SW}^* - 0.866\beta N_{SW}^* + N_{SW}^* ; \end{aligned} \quad (27)$$

همانطور که قبلا ذکر شد یک نمایش مستقل سیستم های  $\alpha$  و  $\beta$  بصورت مدارهای یکتقطبی (شکل ۱۰).

تساوی امیدانسه‌ای مستقیم و معکوس را ایجاب مینماید یعنی  $\hat{X} = \check{X}$  با این فرض میتوان مقادیر  $N_{SW}$  مؤلفه های  $\alpha\beta 0$  را مانند مقادیر  $N_{SW}$  مؤلفه های سیمتریک محاسبه نمود بنابراین روابط زیر برقرارند:

$$\begin{aligned} \alpha N_{SW} &= \hat{N}_{SW} ; \\ \beta N_{SW} &= \check{N}_{SW} ; \\ N_{SW} &= N_{SW}^0 ; \end{aligned} \quad (28)$$



(شکل ۱۰)

تجزیه یک سیستم سه فاز غیر سیمتریک به مؤلفه های  $\alpha\beta 0$

(a) سیستم تجزیه نشده

(b تا d) سیستم های تجزیه شده

برای اینکه بتوان پتانسیلهای نقاط گره را برای مؤلفه های  $\alpha\beta 0$  تعیین نمود باید سه ماتریکس  $N_{SW}$  را بصورت زیر نوشت :

$$(29) \quad -\alpha_p \Sigma \hat{N}_{SW} + \Sigma \alpha_p \hat{N}_{SW} = 0 ;$$

$$(30) \quad -\beta_p \Sigma \hat{N}_{SW} + \Sigma \beta_p \hat{N}_{SW} = 0 ;$$

$$(31) \quad -p^\circ \Sigma N_{SW}^\circ + \Sigma p^\circ N_{SW}^\circ = 0 ;$$

$\Sigma$  عبارتست از جمع شاخه های منشعب از یک گره مورد نظر. برای سه سطر نقطه اتصال کوتاه روابط فوق مخالف صفر میباشد در این مورد متذکر میشود که در حالت محاسبه ماشینی ماتریکسها بهتر است در سیستم های  $\alpha$  و  $\beta$  پتانسیلهای نیروگاه برابر صفر باشد. برای این منظور کافیست در سیستم  $\alpha$  از تمام ضرایب پتانسیلی عدد یک کم گردد و در سیستم  $\beta$  تمام ضرایب پتانسیلی مقدار ۱ اضافه شود. برای محاسبات اتصال کوتاه غیر سیمتریک معادلات ۲ تا ۳ بوسیله سه معادله اضافی دیگر تکمیل میشود که این سه معادله از شرایط اتصال کوتاه نتیجه میشود. برای اینکه پژوهش کنندگان بتوانند در صورت لزوم محاسبات اتصال کوتاه را بکمک مؤلفه های  $\alpha\beta 0$  انجام دهند ذیلاً چهار حالت اتصال کوتاه که قبلاً در روش حل از طریق مؤلفه های سیمتریک مورد بحث قرار گرفت، بررسی و تشکیل معادلات اضافی برای آنها نشان داده خواهد شد.

### اتصال کوتاه سه قطبی

برای حالت اتصال کوتاه سه قطبی طبق شکل ۳ شرایط اختلال برای نقطه اتصال کوتاه بصورت

نمایش مؤلفه ای بقرار زیر است :

$$(22) \quad \alpha_p = 0 ; \beta_p = 0 ; p^\circ = 0$$

از سیستم  $\alpha$  جریان توانی  $\alpha N_{SW}^*$  که بطرف نقطه اتصال کوتاه بقرار میشود بدست میآید و از آن طبق معادله ۲۷ رابطه زیر نتیجه میشود.

$$N_{SWR}^* = \alpha N_{SW}^*$$

با معلوم بودن مقدار فوق جریان متناوب اتصال کوتاه ضربه ای سه قطبی بدست میآید

$$(22) \quad I_{SWIII} = \frac{N^*_{SWR}}{\sqrt{r \cdot U_N}}$$

برای کنترل میتوان جریان توانی  $\beta N^*_{SW}$  را از سیستم  $\beta$  تعیین نموده و در معادلات ۲۷

$$N^*_{SWS} = -0.05 \cdot \alpha N^*_{SW} + 0.866 \cdot \beta N^*_{SW}$$

$$N^*_{SWT} = -0.05 \cdot \alpha N^*_{SW} - 0.866 \cdot \beta N^*_{SW}$$

قرار داده سپس صحت محاسبات را بوسیله رابطه زیر تأیید نمود

$$|N^*_{SWS}| = |N^*_{SWT}| = |N^*_{SWR}|.$$

### اتصال کوتاه دو قطبی :

برای حالت اتصال کوتاه دو قطبی طبق شکل ۴ شرایط اختلال بصورت نمایش مؤلفه‌ای بقرار

زیر است .

$$(23) \quad \beta_p = 0 ; \alpha N^*_{SW} = 0 ; N^*_{SW} = 0 .$$

چون در سیستم  $\alpha$  و همچنین سیستم ۰ جریان توانی برابر صفر است در نتیجه این دو سیستم حذف شده فقط سیستم  $\beta$  برای محاسبات بعدی باقی میماند که از آن جریان توانی  $\beta N^*_{SW}$  برای نقطه اتصال کوتاه حاصل شده و از ترکیب آن با معادله ۲۷ مقدار

$$N^*_{SWS} = \sqrt{3/2} \cdot \beta N^*_{SW}$$

نتیجه میشود . بنابراین برای جریان متناوب اتصال کوتاه ضربه‌ای دو قطبی رابطه زیر بدست میآید

$$(24) \quad I_{SWII} = \frac{N^*_{SWS}}{\sqrt{r \cdot U_N}}$$

جریان توانی صفر در سیستم  $\alpha$  منجر به  $\alpha_p = 1$  در نقطه اتصال کوتاه میگردد همچنین باید برای سیستم ۰ ،  $p^0 = 0$  باشد . بنابراین برای فاز سالم R رابطه

$$p_R = \alpha_p + p^0 = 1 + 0 = 1$$

و برای دو فاز مختل شده S و T رابطه

$$p_S = p_T = -0.5$$

برقرار میشود .

### اتصال کوتاه یکقطبی

برای حالت اتصال کوتاه یکقطبی طبق شکل ۵ شرایط اختلال بصورت نمایش مؤلفه‌ای بقرار زیر

است :

$$(25) \quad \alpha_p = -p^0 ; \alpha N^*_{SW} = 2 \cdot N^*_{SW} ; \beta N^*_{SW} = 0$$

از سیستم  $\alpha$  جریان توانی  $\alpha N^*_{SW}$  نتیجه میشود که با معادله ۲۷ رابطه

$$N_{SWR}^* = 1.0 \cdot \alpha N_{SW}^*$$

حاصل میشود. بنابراین برای جریان متناوب اتصال کوتاه ضربه‌ای یکقطبی میتوان چنین نوشت

$$(37) \quad \frac{N_{SWR}^*}{\sqrt{r \cdot U_N}}$$

برای جریان زمین مانند حالت نمایش مؤلفه‌ای سیمتریک مقدار زیر نتیجه میشود

$$(38) \quad r \cdot I^\circ = \frac{r \cdot N_{SW}^*}{\sqrt{r \cdot U_N}}$$

که جهت کنترل باید رابطه  $I^\circ = I_{SWI}$  برقرار باشد. برای فشارهای فازهای سالم S و T طبق معادله ۲۰ چنانچه  $\beta_p = -j$  قرار داده نتیجه میگردد:

$$P_S = -0.0 \cdot \alpha_p + 0.866 \cdot (-j) + p^\circ$$

$$P_T = -0.0 \cdot \alpha_p - 0.866 \cdot (-j) + p^\circ$$

رابطه  $\beta_p = -j$  ناشی از این میگردد که سیستم  $\beta$  فقط موقعی جریان توانی برابر صفر میشود که ضریب پتانسیلی در نقطه اتصال کوتاه برابر ضریب پتانسیلی نیروگاه قرار داده شود.

### اتصال کوتاه دوقطبی با تماس زمین

برای حالت اتصال کوتاه طبق شکل ۴ شرایط اختلال بصورت نمایش مؤلفه‌ای بقرار زیر است

$$(39) \quad \beta_p = 0 ; \alpha_p = 2 \cdot p^\circ ; \alpha N_{SW}^* = -N_{SW}^*$$

پس از محاسبه جریانهای توانی  $\alpha N_{SW}^*$  و  $\beta N_{SW}^*$  با معادلات ۲۷ چنین خواهیم داشت:

$$N_{SWS}^* = -1.0 \cdot \alpha N_{SW}^* + 0.866 \cdot \beta N_{SW}^*$$

با مقدار فوق برای جریان متناوب اتصال کوتاه ضربه‌ای دوقطبی فاز S مقدار زیر نتیجه میشود

$$(40) \quad I_{SWS} = \frac{N_{SWS}^*}{\sqrt{r \cdot U_N}}$$

همچنین برای فاز T میتوان چنین نوشت

$$N_{SWT}^* = -1.0 \cdot \alpha N_{SW}^* - 0.866 \cdot \beta N_{SW}^*$$

که مقدار جریان متناوب اتصال کوتاه ضربه‌ای دوقطبی مربوطه طبق رابطه زیر خواهد شد

$$(41) \quad I_{SWT} = \frac{N_{SWT}^*}{\sqrt{r \cdot U_N}}$$

جریان زمین دوباره طبق معادله ۳۸ محاسبه میشود که جهت کنترل صحت محاسبات باید تساوی

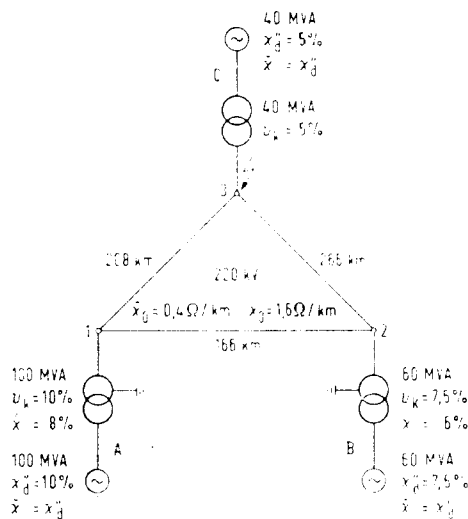
$$r \cdot I^\circ = I_{SWS} + I_{SWT}$$

برقرار باشد. برای فشار فاز سالم

$$p_R = 1.0 \cdot \alpha_p$$

میشود. در جدول شماره ۴ حالات اتصال کوتاه بررسی شده و فرمولهای مربوطه با دیاگرام نشان داده شده است. مثال عددی یک شبکه ۲۲ هزار ولتی با تغذیه از سه نقطه A، B و C طبق شکل ۱۱ مفروض

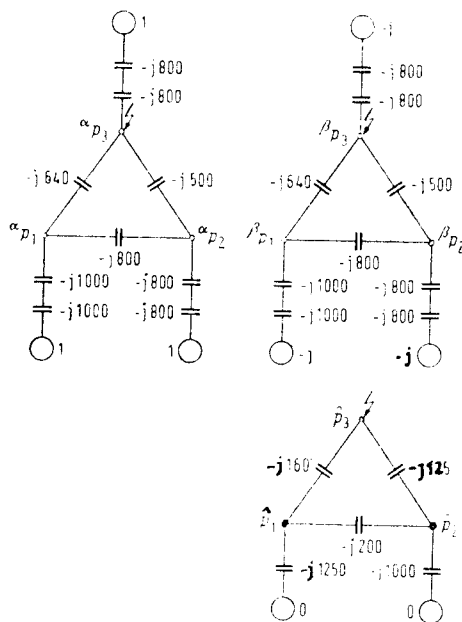
است. مشخصات ماشینها طوری انتخاب شده است که شرط  $\hat{X} = \check{X}$  برای شبکه برقرار گردد. محاسبه این شبکه با صرف نظر کردن از مقاومتهای اهمی انجام میگردد.



(شکل ۱۱)

مقادیر  $N_{sw}$  که از کمیت های شبکه محاسبه میشود برای سه سیستم مؤلفه ای در شکل ۱۲ نشان

داده شده است.



(شکل ۱۲)

مدار معادل  $N_{sw}$  با مؤلفه های  $\alpha\beta 0$

اگر نقطه اتصال کوتاه گره‌های ۱، ۲ و ۳ شبکه را دور بزنند طبق معادلات ۲ تا ۳ سیستم‌های

زیر را میتوان نوشت

سیستم  $\alpha$

$$\begin{array}{l|l} 1 & -\alpha_{p1}(1940) + 800\alpha_{p2} + 640\alpha_{p3} + 500 = 0 ; \\ 2 & -\alpha_{p2}(1700) + 800\alpha_{p1} + 500\alpha_{p3} + 400 = 0 ; \\ 3 & -\alpha_{p3}(1540) + 640\alpha_{p1} + 500\alpha_{p2} - 400 = 0 ; \end{array}$$

سیستم  $\beta$

$$\begin{array}{l|l} 4 & -\beta_{p1}(1940) + 800\beta_{p2} + 640\beta_{p3} - 500j = 0 ; \\ 5 & -\beta_{p2}(1700) + 800\beta_{p1} + 500\beta_{p3} - 400j = 0 ; \\ 6 & -\beta_{p3}(1540) + 640\beta_{p1} + 500\beta_{p2} - 400j = 0 ; \end{array}$$

سیستم  $\theta$

$$\begin{array}{l|l} 7 & -p^{\circ}_1(1610) + 200p^{\circ}_2 + 160p^{\circ}_3 = 0 ; \\ 8 & -p^{\circ}_2(1320) + 200p^{\circ}_1 + 120p^{\circ}_3 = 0 ; \\ 9 & -p^{\circ}_3(280) + 160p^{\circ}_1 + 120p^{\circ}_2 = 0 ; \end{array} \quad (42)$$

با فرض اینکه نقطه اتصال کوتاه در گره ۳ باشد محاسبات حالات چهارگانه اتصال کوتاه بترتیب زیر است:

اتصال کوتاه سه قطبی

$$\begin{array}{l|l} 10 & \alpha_{p3} = 0 ; \\ 11 & \beta_{p3} = 0 ; \\ 12 & p^{\circ}_3 = 0 ; \end{array}$$

از سطرهای باقیمانده ۱، ۲ و ۳،  $\alpha_{p1} = 0.440$  و  $\alpha_{p2} = 0.442$  نتیجه میشود. بنابراین برای نقطه اتصال کوتاه مقادیر زیر حاصل میگردد

$$N^*_{SWR} = 90299 \text{ MVA}$$









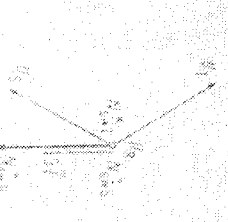
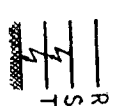

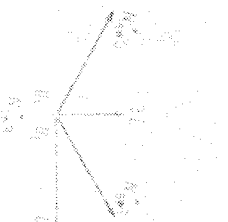
و

$$I_{SWIII} = 237 \text{ KA}$$

اتصال کوتاه دو قطبی

$$\begin{array}{l|l} 10 & \beta_{p3} = 0 ; \\ 11 & \alpha N^*_{SWR} = 0 ; \\ 12 & N^{\circ*}_{SWR} = 0 ; \end{array}$$



نوع اختلال	شرایط اختلال بصورت مؤلفه‌ای	شکل اتصال	کمیت‌های مورد محاسبه	دی‌گرام برداری	کنترل
اتصال کوتاه سه قطبی 	$E_R = 0$ $E_S = 0$ $E_T = 0$		$N_{a0B}^{N^*} = \frac{N_{a0B}^{N^*}}{1.3 E_N}$ $N_{a0C}^{N^*} = \frac{N_{a0C}^{N^*}}{1.3 E_N}$ $N_{a0D}^{N^*} = \frac{N_{a0D}^{N^*}}{1.3 E_N}$		$I_{a0B} = I_{a0C} = I_{a0D} = \frac{1}{\sqrt{3}} I_{sc}$
اتصال کوتاه دو قطبی 	$E_R = 0$ $E_S = 0$ $E_T = 0$		$N_{a0B}^{N^*} = \frac{N_{a0B}^{N^*}}{1.3 E_N}$ $N_{a0C}^{N^*} = \frac{N_{a0C}^{N^*}}{1.3 E_N}$ $N_{a0D}^{N^*} = \frac{N_{a0D}^{N^*}}{1.3 E_N}$		$I_{a0B} = I_{a0C} = I_{a0D} = \frac{1}{\sqrt{3}} I_{sc}$
اتصال کوتاه یک قطبی 	$E_R = 0$ $E_S = 0$ $E_T = 0$		$N_{a0B}^{N^*} = \frac{N_{a0B}^{N^*}}{1.3 E_N}$ $N_{a0C}^{N^*} = \frac{N_{a0C}^{N^*}}{1.3 E_N}$ $N_{a0D}^{N^*} = \frac{N_{a0D}^{N^*}}{1.3 E_N}$		$I_{a0B} = I_{a0C} = I_{a0D} = \frac{1}{\sqrt{3}} I_{sc}$
اتصال کوتاه دو قطبی با تماس زمین 	$E_R = 0$ $E_S = 0$ $E_T = 0$		$N_{a0B}^{N^*} = \frac{N_{a0B}^{N^*}}{1.3 E_N}$ $N_{a0C}^{N^*} = \frac{N_{a0C}^{N^*}}{1.3 E_N}$ $N_{a0D}^{N^*} = \frac{N_{a0D}^{N^*}}{1.3 E_N}$		$I_{a0B} = I_{a0C} = I_{a0D} = \frac{1}{\sqrt{3}} I_{sc}$

از سطرهای باقیمانده ۴ و ۵،  $\beta_{p1} = -j 0.440$  و  $\beta_{p2} = -j 0.442$  نتیجه میشود. بنابراین برای نقطه اتصال کوتاه مقادیر مطلق زیر حاصل میگردد

$$N_{SWS}^* = 782 \text{ MVA}$$

$$I_{SWII} = 2700 \text{ KA}$$

### اتصال کوتاه یکقطبی

$$\begin{array}{l|l} 10 & \alpha_{p3} = -p^{\circ}_3 ; \\ 11 & \alpha N_{SW3}^* = 2 \cdot N^{\circ}_{SW3} \quad (\text{سطر } 3 = 9 \text{ ضرب در } 2) \\ 12 & \beta N_{SW3}^* = 0 ; \end{array}$$

از معادلات باقیمانده (۱، ۲، ۳، ۴، ۵، ۶، ۷، ۸ و ۱۰) چنین نتیجه میشود:

$$\alpha_{p1} = 0.7999 ; \alpha_{p2} = 0.800 ; \alpha_{p3} = 0.641 ;$$

$$p^{\circ}_1 = -0.073 ; p^{\circ}_2 = -0.071 ; p^{\circ}_3 = -0.641$$

بنابراین برای نقطه اتصال کوتاه مقادیر مطلق  $N_{SWR}^* = 4864 \text{ MVA}$  و  $I_{SWI} = 1228 \text{ KA}$  بدست میآید. برای فازهای سالم S و T تساوی  $P_S = P_T = 12294$  برقرار بوده و جریان زمین  $I^{\circ}_0 = 1228 \text{ KA}$  میگردد.

### اتصال کوتاه دوقطبی با تماس زمین

$$\begin{array}{l|l} 10 & \beta_{p3} = 0 ; \\ 11 & \alpha_{p3} = 2 \cdot p^{\circ}_3 ; \quad (\text{سطر } 3 \text{ دارای مقدار منفی سطر } 6 \text{ میباشد}) \\ 12 & \alpha N_{SW3}^* = -N^{\circ}_{SN3} \end{array}$$

### جدول ۵

$U_T$ KV	$U_S$ KV	$U_R$ KV	$I^{\circ}_0$ KA	$I_{SW}$ KA	نوع اختلال	
0	0	0	—	2737	سه قطبی	۱
6999	6999	13997	—	2700	دوقطبی	۲
18078	18078	0	1228	1228	یکقطبی	۳
0	0	18378	0787	2710	دوقطبی با تماس زمین	۴

از ۸ معادله (۱، ۲، ۳، ۴، ۵، ۶، ۷، ۸ و ۱۱) مقادیر زیر نتیجه میشود

$$\alpha_{p1} = 0.931 ; \alpha_{p2} = 0.932 ; \alpha_{p3} = 0.877 ;$$

$$\beta_{p1} = -j 0.440 ; \beta_{p2} = -j 0.442 ;$$

$$p^{\circ}_1 = 0.005 ; p^{\circ}_2 = 0.049 ; p^{\circ}_3 = 0.439 ;$$

بنابراین برای نقطه اتصال کوتاه مقادیر مطلق  $I_{SWS} = 210 \text{ KA}$  ،  $N^*_{SWS} = 799 \text{ MVA}$  ،  $I_{SWT} = 210 \text{ KA}$  و  $N^*_{SWT} = 799 \text{ MVA}$  برای فازهای T و S بدست میآید . جریان زمین —  $R = 1316 \text{ } \Omega$  ،  $I^{\circ} = 0.87 \text{ KA}$  و برای فاز سالم R ،  $p_R = 1316$  میگردد .

در جدول ۵ نتایج محاسبه قید گردیده و حل این مسئله از طریق روش مؤلفه‌های سیمتریک نیز بهمین نتایج منجر گردیده است بنابراین از نقطه نظر حجم محاسبه تفاوت محسوسی بین این دو روش موجود نیست .

بامقایسه این نتایج با جدول ۲ که در آن  $\hat{X} = \check{X}$  در نظر گرفته شده بود چنین حاصل میگردد که ماکزیمم تفاضل اعداد بدست آمده بیش از ۳٪ نیست .

### فهرست ماخذهای بکار رفته شده

- [1] Symmetrical Components C. F. Wagner and R. D. Evans Mc Graw-Hill Book Company 1961
- [2] Electrical Transmission and Distribution Reference Book Westinghouse, Pittsburg 1944
- [3] Clark, E. : Circuit Analysis of A—C Power Systems. John Wiley and Sons, Inc, New York 1968
- [4] Prine, H. : Das Komplexe N<sub>sw</sub>-Potentialverfahren Elektrizitaetswirtschaft Bd. 55 (1956)
- [5] Dommel, H. : Ermittlung der Netzverluste and deren Minimalisierung mit Hilfe des komplexen Nsw-Potentialverfahrens
- [6] Hochrainer, A. : Symmetrische komponenten in Drehstrom system . Springer-Verlag Berlin, Goettingen, Heidelberg (1967)