

معالجة تأريض النقطة الحيادية (النجمية) في نظم الطاقة الكهربائية

د. شعيب محمود*

(تاريخ الإيداع 12 / 10 / 2011. قُبِلَ للنشر في 28 / 11 / 2011)

□ ملخص □

تعرض هذه المقالة دراسة تحليلية للشروط المتمثلة بالأمن والسلامة من الخطر الهندسي في بناء الشبكات الكهربائية وعملها، ويوصف الخطر الهندسي محصلة لقيمتين مؤثرتين هما حجم الضرر واحتمالات الضرر، لذلك قمنا بتقليل القيمتين السابقتين من خلال اقتراح خطوات جديدة في بناء الشبكات الكهربائية وعملها.

تبين الإحصائيات أن 80% من مجموع الأعطال في الشبكات الكهربائية للتوترات أعلى من (1 KV) أعطال أحادية الطور (قصر لطور مع الأرض). انطلاقاً من هذا تم في هذه المقالة معالجة الأعطال الأرضية، وذلك من خلال الدراسة التحليلية لعاملين أساسيين تمثل العامل الأول بتحديد القيم المؤثرة على قيمة تيار العطل الأحادي الطور وتمثل العامل الثاني بتحديد القيم المؤثرة على قيمة عامل التأريض.

كما تبين الدراسة أن التأثير على القيمتين السابقتين يتم من خلال معالجة تأريض النقطة الحيادية في الشبكات الكهربائية حيث يمكن من خلال تغيير ممانعة التأريض للنقطة الحيادية (Z_{NE}) تغيير قيمة الممانعة الصفرية (Z_0) للشبكة دون تغيير الممانعة الموجبة والسالبة (Z_0, Z_1)، ولقد ناقشت تغييرها بين قيمتين حديتين ($Z_{NE}=0, Z_{NE}=\infty$).

وتم التعرض لكيفية التعامل مع الأنواع المختلفة لتأريض النقطة الحيادية، بهدف السيطرة على تيار العطل الأرضي والجهود الناشئة عنه وبالتالي التأثيرات والأخطار الناشئة عنها عبر معالجة تأريض النقطة الحيادية.

الكلمات المفتاحية: نظم الطاقة الكهربائية، العطل الكهربائي الأحادي الطور (قصر طور مع الأرض)، معالجة النقطة الحيادية، الخطر الهندسي.

* أستاذ مساعد - كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية.

Treating Neutral Point Earthing in Electrical Power Systems

Dr. Shoaib Mahmoud*

(Received 12 / 10 / 2011. Accepted 28 / 11 / 2011)

□ ABSTRACT □

This paper focuses on an analytical study of the safety conditions of engineering hazards during electrical network construction. Since engineering hazard can be a result of two effective values: the hazard volume and its probability, our aim is to reduce the effects of these two values by suggesting new steps for electrical network construction.

Statistics show that 80% of the total number of electrical network faults of voltage higher than (1 kV) is singular-phase-fault (earth-phase-shortness). This study analyses earth faults by studying two basic effects:

1. Determining the values affecting the amount of singular-fault-current.
2. Determining the values affecting the earth-parameter amounts.

Also, this research shows that the effects of these two parameters emerge from the singular-point-earth-analysis of electrical networks by changing earthing impedance (variation) of the neutral-point (Z_{NE}), and the zero-impedance value (Z_0) of the network without varying the positive and negative impedance (Z_0, Z_1). The critical values ($0 = Z_{NE} = \infty$) have also been discussed. We have also studied various kinds of neutral point earthing in order to be able to control the current's earthing fault, the resultant effects, and the hazardous effects produced by neutral point earthing.

Keywords: Electrical power system, Singular-phase-fault (earth-phase-shortness), Neutral Point Earthing Treatment, Hazardous Engineering.

* Associate Professor, Department of Electrical Power Engineering, Faculty of Mechanical and Electrical Engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria.

مقدمة:

للأطوار الثلاثة في شبكة ثلاثية الطور متناظرة نفس الجهد، أي أن الجهد في النقطة الحياضية يساوي الصفر، وبالتالي لا يمر تيار إلى الأرض عند تأريض النقطة النجمية ($\sum \bar{U} = 0$ و $\bar{U}_{NE} = 0$ و $\bar{I}_{NE} = 0$). أما في حالة عدم التناظر تنشأ حالة عدم توازن أي $\sum \bar{U} \neq 0$ و بالتالي $\bar{U}_{NE} \neq 0$ و $\bar{I}_{NE} \neq 0$. تنشأ حالة عدم التوازن هذه في أغلب الحالات نتيجة لحدوث الأعطال غير المتناظرة في شبكات نقل وتوزيع الطاقة الكهربائية. تبين الإحصائيات أن 80% من الأعطال في شبكات الطاقة الكهربائية ذات التوترات الأعلى من (1kV) هي أعطال أحادية الطور (قصر طور مع الأرض) [3]، والتي ينتج عنها تحميل زائد يؤدي إلى تأثيرات حرارية في تجهيزات التأريض، كما تقود إلى توترات تماس وخطوة خطيرة، وينتج إضافة إلى ذلك جهود في خطوط الاتصالات المنفذة بجوار خطوط نقل القدرة، وأيضاً في الأنابيب المعدنية المجاورة إذ تؤدي هذه الجهود إلى التأثير على أداء الوظيفة الطبيعية لهذه التجهيزات وتضررها.

وانطلاقاً مما ذكرنا ومن شروط بناء وعمل شبكات تأمين الطاقة الكهربائية والمتمثلة بشرطي تحقيق الجودة والموثوقية لتأمين الطاقة الكهربائية للمستهلكين وأيضاً شرط الأمن والسلامة لحماية الأشخاص والتجهيزات من الخطر الهندسي، والذي يعتبر محصلة لقيمتين مؤثرتين هما حجم الضرر واحتمالات حدوثه. سنقوم في هذا البحث بدراسة تحليلية لهذا الخطر بغية إدخالها في عملية تصميم الشبكات الكهربائية. تعتمد هذه الدراسة بصورة رئيسة على معالجة تيار العطل الأرضي، بهدف تحديد إمكانية تغيير القيمتين المؤثرتين للخطر الهندسي، وهذا يقود إلى تصاميم وميزات عمل مختلفة للشبكة.

أهمية البحث وأهدافه:

يلقي هذا البحث الضوء على مشكلة قائمة في شبكات تأمين الطاقة الكهربائية، هي الأعطال الأرضية أحادية الطور، وما ينتج عنها من خطر هندسي على الأشخاص والتجهيزات الكهربائية. يهدف البحث إلى وضع منهجية علمية يمكن الاعتماد عليها في تصاميم مختلفة لشبكات تأمين الطاقة الكهربائية بغية تقليل حجم الضرر الناتج عن الأعطال الأرضية الأحادية الطور واحتمالات حدوثه، لتأمين شرط الأمن والسلامة لحماية الأشخاص والتجهيزات من الخطر الهندسي.

طرائق البحث ومواده:

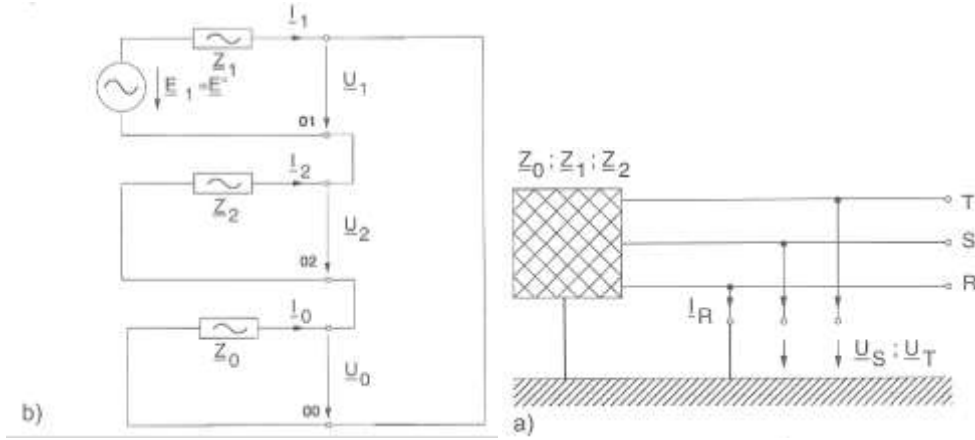
لقد تم في هذا البحث دراسة تأثير معالجة تأريض النقطة الحياضية على حالة العطل الأرضي. حيث أجريت المعالجة هنا وفقاً لدراسة تحليلية من خلال نموذج رياضي بناءً على عاملين أساسيين:

- 1- تحديد القيم المؤثرة على قيمة تيار العطل الأرضي أحادي الطور.
- 2- تحديد القيم المؤثرة على قيمة عامل التأريض.

تيار العطل الأرضي أحادي الطور:

استخرجت علاقة حساب تيار العطل الأرضي أحادي الطور ($\bar{I}_f = \bar{I}_{sc(1)}$) بدراسته كتيار عطل غير متناظر باستخدام المركبات المتناظرة [6]، وذلك من دارة التوصيل لنظام ثلاثي الطور عند قصر أحد الأطوار مع

الأرض، مع الأخذ بالحسبان ممانعة القصر ($\bar{Z}_f = 0$)، أي سلك مهمل المقاومة ومن دارة التوصيل المكافئة للمركبات المتناظرة - الشكل (1)، [2]، [3]. يمكن كتابة الشروط الحدية للعطل:



الشكل (1) دراسة عطل أرضي في جملعة ثلاثية الطور

-a دارة التوصيل لجملعة ثلاثية الطور -b الدارة المكافئة لمركبة دارة القصر أحادية الطور

$$\bar{U}_R = 0, \bar{I}_S, \bar{I}_T = 0 \quad (1)$$

حيث $\bar{I}_T, \bar{I}_S, \bar{I}_R$ التيارات الجارية في نقطة العطل، حيث يسري تيار في الطور (R) فقط (الطور المقصور). يتألف تيار العطل في هذه الحالة من تيارات موجبة وسالبة وصفرية. يمكن باستخدام المركبات المتناظرة حساب التيارات المتناظرة الآتية هذه:

$$\begin{bmatrix} \bar{I}_{R_0} \\ \bar{I}_{R_1} \\ \bar{I}_{R_2} \end{bmatrix} = \frac{1}{3} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & \bar{a} & \bar{a}^2 \\ 1 & \bar{a}^2 & \bar{a} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \bar{I}_R \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} \quad (2)$$

$$\bar{I}_{R_0} = \bar{I}_{R_1} = I_{R_2}^2 = \frac{1}{3} I_R = \frac{1}{3} I_f \quad (3)$$

وفقاً لشروط العطل في المعادلة (1) والتيارات المتناظرة في العلاقة (2) وقوانين كيرشوف في الدارة المكافئة للمركبات المتناظرة نجد:

$$\bar{U}_R = \bar{U}_{R_0} + \bar{U}_{R_1} + \bar{U}_{R_2} = \bar{E}_1 - (\bar{Z}_1 + \bar{Z}_2 + \bar{Z}_0) \bar{I}_{R_1} = 0 \quad (4)$$

وبالتالي:

$$\bar{I}_{R_1} = \frac{\bar{E}_1}{\bar{Z}_1 + \bar{Z}_2 + \bar{Z}_0}$$

وتيار العطل في الطور R يساوي:

$$\bar{I}_{sc(1)} = \bar{I}_f = \bar{I}_R = \frac{3\bar{E}_1}{\bar{Z}_1 + \bar{Z}_2 + \bar{Z}_0} = \frac{3\bar{E}_1}{2\bar{Z}_1 + \bar{Z}_0} \quad (5)$$

$\bar{E}_1 = \bar{E}''$: توتر تغذية العطل في الشبكة ويمثل التوتر الطوري قبل العطل.
 $\bar{Z}_1, \bar{Z}_2, \bar{Z}_0$: ممانعات النظام الموجب والسالب والصفري مع إدخال ممانعة النقطة الحيادية (\bar{Z}_{NE}) ضمن المركبة الصفريّة (\bar{Z}_0)، واعتبار $\bar{Z}_1 = \bar{Z}_2$.
 يتركز الاهتمام في هذه الحالة من الأعطال على جهود الأطوار السليمة \bar{U}_T, \bar{U}_S عند موقع العطل. ويمكن استخراج العلاقات الخاصة بحسابه باستخدام مصفوفة التحولات في المركبات المتناظرة (T) أو (T^{-1}) وفقاً للعلاقات:

$$\bar{U}_S = \bar{E}_1 \cdot \frac{(\bar{Z}_0(\bar{a}^2 - 1) + \bar{Z}_2(\bar{a} - \bar{a}^2))}{\bar{Z}_1 + \bar{Z}_2 + \bar{Z}_0} = \bar{E}_1 \cdot \frac{-j\sqrt{3}(\bar{Z}_2 - \bar{Z}_0)}{\bar{Z}_1 + \bar{Z}_2 + \bar{Z}_0}$$

$$\bar{U}_T = \bar{E}_1 \cdot \frac{(\bar{Z}_0(\bar{a} - 1) + \bar{Z}_2(\bar{a} - \bar{a}^2))}{\bar{Z}_1 + \bar{Z}_2 + \bar{Z}_0} = \bar{E}_1 \cdot \frac{j\sqrt{3}(\bar{Z}_2 - \bar{a}^2 \cdot \bar{Z}_0)}{\bar{Z}_1 + \bar{Z}_2 + \bar{Z}_0}$$

وبالتالي مع الأخذ بالحسبان $\bar{Z}_1 = \bar{Z}_2$ نستنتج العلاقة العامة التالية لحساب الجهد في الطور السليم:

$$\bar{U}_{LE max} = \left[\left(\frac{\bar{Z}_1 - \bar{Z}_0}{2\bar{Z}_1 + \bar{Z}_0} - \frac{1}{2} \right) \pm j \frac{1}{2} \sqrt{3} \right] \bar{E}_1 \quad (6)$$

عامل التأريض:

يعتبر عامل التأريض بمنزلة مؤشر لارتفاع التوتر في الأطوار السليمة عند حدوث عطل أرضي أحادي الطور. وبالتالي يمكن من خلاله تقييم ارتفاع التوتر في الأطوار السليمة وفعالية تأريض النقطة الحيادية. نعرف عامل التأريض بالعلاقة: [1, 2, 3]

$$C_f = \frac{\text{القيمة العظمى لتوتر الطور السليم عند العطل الأرضي } \bar{U}_{LE max}}{\text{توتر نفس الطور عند نفس النقطة قبل العطل } \bar{U}_{LE}} = \frac{\bar{U}_{LE max}}{\bar{U}/\sqrt{3}} \quad (7)$$

\bar{U} : توتر العمل للشبكة (طور، طور) في الحالة المتوازنة بدون العطل

1- $C_f \leq 1.4$ في كافة نقاط الشبكة ← تأريض النقطة الحيادية فعال

2- $C_f > 1.4$ في كافة نقاط الشبكة ← تأريض النقطة الحيادية غير فعال

لإيجاد علاقة عامل التأريض بالنسبة (\bar{Z}_0/\bar{Z}_1) نعوض قيمة $\bar{U}_{LE max}$ في حالة العطل بالعلاقة (7). أما قيمة التوتر في الأطوار السليمة $\bar{U}_{LE max}$ فتعطى بالعلاقة (6).

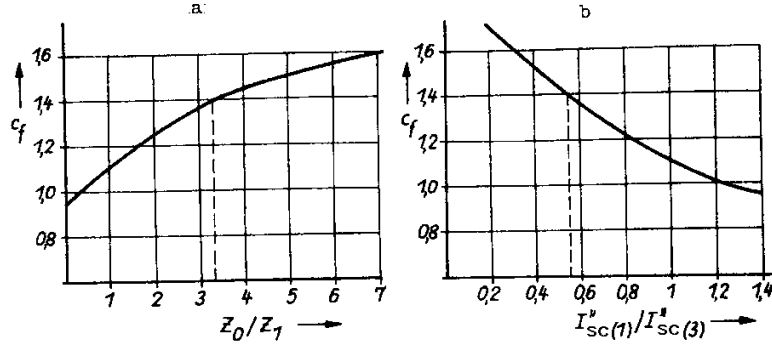
$$C_f = 1.1 \left[\frac{3\bar{Z}_0/\bar{Z}_1}{2(\bar{Z}_0/\bar{Z}_1 + 2)} + j0.866 \right] \quad (8)$$

يبين الشكل (2-a) المنحني البياني $C_f = f(\bar{Z}_0/\bar{Z}_1)$ ، إذ نجد أنه كلما كبرت النسبة (\bar{Z}_0/\bar{Z}_1) ازداد عامل التأريض C_f وارتفع التوتر في الأطوار السليمة وبالتالي قلت فعالية التأريض للنقطة الحيادية وقيمتها الحدية. عند $C_f = 1.4$ عندها يكون $\bar{Z}_0/\bar{Z}_1 = 3.35$

أيضاً يمكن إيجاد علاقة بين عامل التأريض (C_f) والنسبة $(\bar{I}_{sc(1)}/\bar{I}_{sc(3)})$

$$C_f = 1.1 \left[\frac{2}{3} - \frac{\bar{I}_{sc(1)}}{\bar{I}_{sc(3)}} + j \frac{\sqrt{3}}{2} \right] \quad (9)$$

وبين الشكل (2-b) هذه العلاقة حيث القيمة الحدية عند $C_f = 1.4$ هي $\bar{I}_{sc(1)}/\bar{I}_{sc(3)} = 0.56$ وتقل قيمة (C_f) كلما ازدادت النسبة المذكورة.



الشكل (2) علاقة عامل التأريض بالنسبة \bar{Z}_0/\bar{Z}_1 والنسبة $\bar{I}_{sc(1)}/\bar{I}_{sc(3)}$

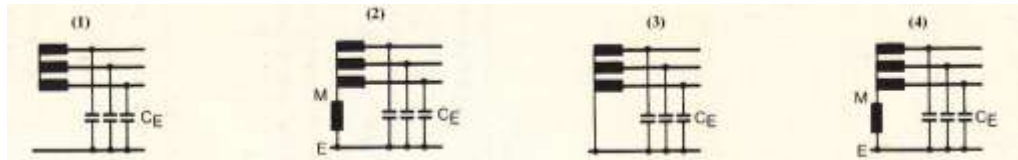
النتائج والمناقشة:

من مناقشة العلاقات (5) (7) (8) وفقاً للنسبة (\bar{Z}_0/\bar{Z}_1) ، نستنتج ما يلي:

- عند $\bar{Z}_0/\bar{Z}_1 = 1$ فإن توتر الأطوار السليمة ليس أكبر من توتر الشبكة المغذية وتيار العطل الأرضي $\bar{I}_{sc(1)}$ يساوي بالقيمة تيار العطل ثلاثي الطور $(\bar{I}_{sc(3)} = \bar{E}''/\bar{Z}_1)$.
- عند $\bar{Z}_0/\bar{Z}_1 \gg 1$ أي أن ممانعة التتابع الصفري أكبر بكثير من ممانعة التتابع المباشر في هذه الحالة يرتفع توتر الأطوار السليمة إلى التوتر \bar{E}_1 ويكون تيار القصر قريباً من الصفر.
- عند $\bar{Z}_0/\bar{Z}_1 < 1$ توتر الأطوار السليمة يصل إلى $0.866\bar{E}_1$ ويكون تيار القصر $(\bar{I}_{sc(1)})$ أكبر من تيار العطل المتوازن ثلاثي الطور.

نستنتج مما سبق أن الشرط الرئيسي لتخفيض الجهد في الأطوار السليمة وتقليل تيار العطل في موقع العطل هو: "عند حدوث عطل أحادي الطور مع تماس أرضي يمكن تقليل قيمة تيار العطل من خلال رفع قيمة الممانعة الصفريّة (\bar{Z}_0) ، وبنفس الوقت ترتفع الجهود في الأطوار السليمة."

إحدى الإمكانيات الفعالة لتغيير ممانعة التتابع الصفري (\bar{Z}_0) للشبكة دون تغيير ممانعة التتابع المباشر (\bar{Z}_1) هي تغيير ممانعة التأريض (\bar{Z}_{NE}) للنقطة الحياضية، سنناقش فيما يلي تأريض النقطة الحياضية (\bar{Z}_{NE}) بين قيمتين حديتين. $[Z_{NE} = 0, Z_{NE} = \infty]$ الشكل (3).

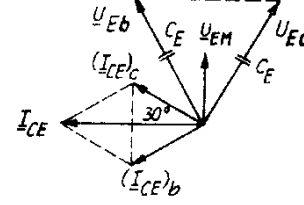


الشكل (3) الأنواع المختلفة لتأريض النقطة الحياضية

النقطة الحياضية معزولة: $Z_{NE} = \infty$

تسمى هذه الحالة بالتأريض المعزول للنقطة الحياضية، حيث تبقى النقطة (N) حرة بدون وصلها إلى الأرض وبالتالي نعالج شبكة مع نقطة حياضية حرة، الشكل (3-1).

- 1) $Z_{NE} = \infty$
- 2) $\bar{Z}_0 = \bar{Z}_C = -j X_{CE} = \frac{1}{j\omega C_E}$
- 3) $\bar{Z}_0 \gg \bar{Z}_1 + Z_2 \Rightarrow (\bar{Z}_1 + Z_2)$ يمكن إهمالها



الشكل (4) المخطط الشعاعي للجهود والتيارات

وفقاً للعلاقة (5):

$$\begin{aligned} \bar{I}_{sc(1)} = \bar{I}_f &= \frac{3\bar{E}_1}{1/j\omega C_E} = \\ \bar{I}_{sc(1)} &= j3\omega C_E \bar{U}_{LN} = j\sqrt{3} \omega C_E U_n \end{aligned} \quad (10)$$

عند حدوث قصر أرضي لشبكة ذات تأريض حر يسري تيار قصر سعوي. نسمي العطل هنا بالقصر الأرضي. تيار القصر السعوي يحدد من خلال السعات الأرضية (C_E) للأطوار في الشبكة. وترتفع توترات الأطوار السليمة إلى $\sqrt{3} V_{ph}$ ونظراً لوجود محارضة وسعة للنظام فقد تظهر توترات عابرة زائدة تصل إلى (2.5 V_{LE}) الشكل (4) [5]. أي المشاكل في هذه الحالة هي من الدرجة الأولى مشاكل توتر.

النقطة الحياضية مؤرضة بملف:

نعالج في هذه الحالة شبكة ذات تأريض طنيني أو ما يسمى شبكة ذات تعويض لتيار القصر (التأريض المعوض) الشكل (3-2). تؤرض النقطة الحياضية في هذه الحالة بممانعة تحريضية (معوضات القصر الأرضي) والتي يجب عند مطابقة التعديل أن تساوي ثلاثة أضعاف الممانعة السعوية للشبكة أي:

$$\begin{aligned} 3X_{NE} = X_C &= \frac{1}{\omega C_E} \quad (11) \\ \bar{Z}_0 &= \frac{j3X_{NE}(-jX_{CE})}{j(3X_{NE} - X_{CE})} = \infty \quad \text{وتصبح } \bar{Z}_0 : \end{aligned}$$

وبالتالي من العلاقة (5)

$$I_f = I_a \approx 0 \quad (12)$$

يسري في شبكة ذات تأريض بملفات تعويضية عند عطل أرضي في موقع العطل تيار قصر قريب من الصفر لكن بسبب عدم التطابق الطنيني يبقى تيار صغير جداً تُحدّد قيمته من خلال الضياع في ملفات التعويض.

النقطة الحياضية ذات التأريض المباشر:

نؤرض في هذه الحالة النقطة الحياضية بشكل مباشر (سلك مهمل المقاومة) أي عملياً قصر الممانعات السعوية (\bar{Z}_C) ويمكن إهمالها كما في الشكل (3-3). يحسب تيار القصر الأرضي وفقاً للعلاقة التالية:

$$\bar{I}_{sc(1)} = \bar{I}_f = \frac{3\bar{E}_1}{2\bar{Z}_1 + \bar{Z}_0} \quad (13)$$

عند عطل أحادي الطور مع تماس أرضي يسري في شبكة ذات تأريض مباشر تيار قصر يحدد من خلال الممانعات المركبات المتناظرة ($\bar{Z}_1, \bar{Z}_2, \bar{Z}_0$). يستخدم هذا النوع من التأريض في شبكات التوتر العالي $U_n \geq 220 \text{ KV}$.

تأريض نقطة حيادية محدد بالتأريض أو التأريض الأومي القليل:

حالة خاصة أو حالة حدية للتأريض يتم فيها تحقيق ممانعة النقطة الحيادية من خلال مفاعلة تحريضية أو مقاومة فعالة، تختار بشكل رئيسي وفق العلاقة (14). بحيث يحدد تيار القصر المسموح به للشبكات تصميمياً

$$\bar{I}_{CE} < \bar{I}_{sc(1)zul} > \bar{I}_{sc(1)} \quad (14)$$

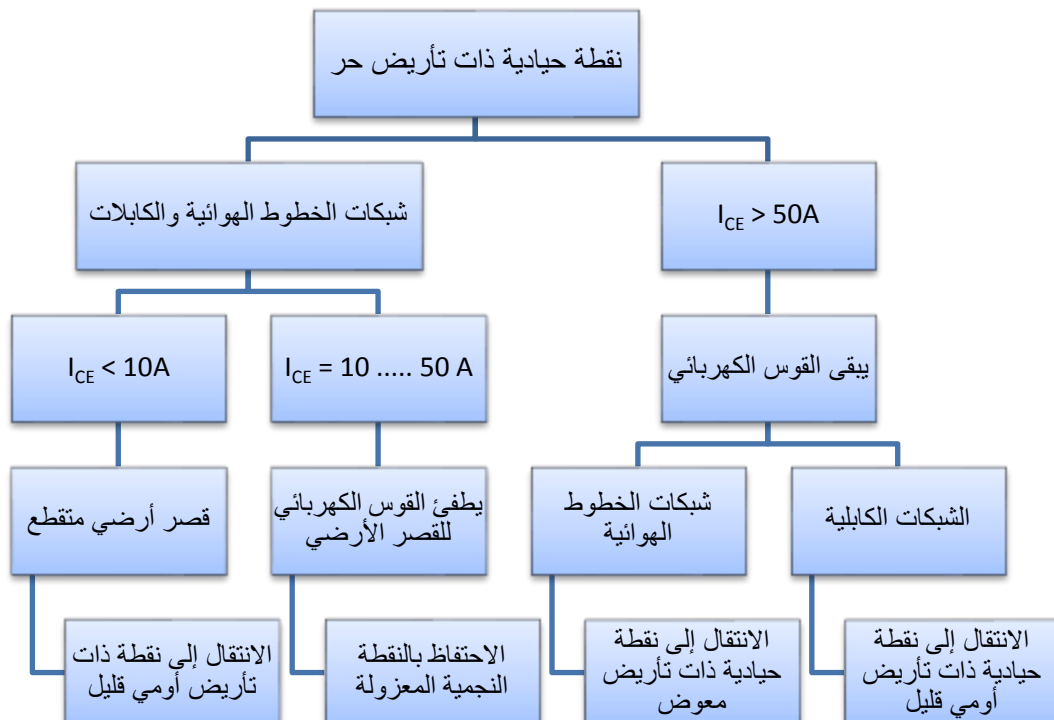
تحدد قيمة تيار القصر المسموح من 100A حتى 1500A لشبكات التوتر المتوسط - ولقيمة عظمى (5kA) في شبكات 110kV.

يبين الجدول التالي الخصائص الرئيسية لأنواع التأريض الأربعة [3]. تم التقييم لأنواع المختلفة لتأريض النقطة الحيادية بناءً على العلاقات (5) (7) (8).

الجدول (1) الخصائص لأنواع المختلفة لتأريض النقطة الحيادية

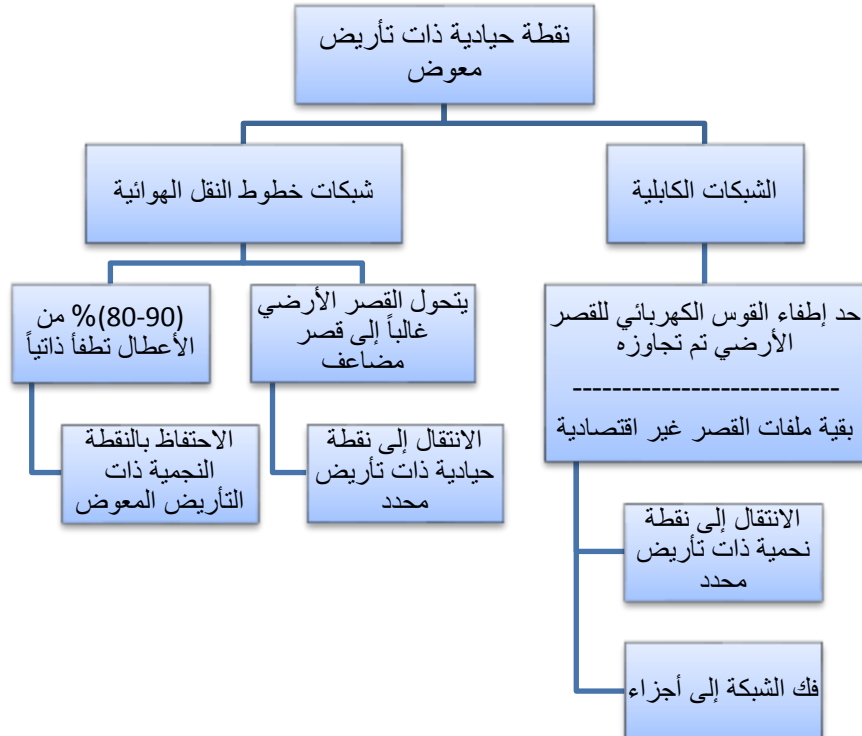
التأريض المحدد	التأريض المباشر	التأريض المعوض	التأريض الحر
$\bar{I}_{sc(1)} = \frac{3\bar{E}_1}{(2\bar{Z}_1 + \bar{Z}_0)}$	$\bar{I}_{sc(1)} = \frac{3\bar{E}_1}{(2\bar{Z}_1 + \bar{Z}_0)}$	$I_f \approx 0$ تيار متبقي	علاقة حساب تيار العطل الأحادي الطور
> 4	2 ... 4	$\rightarrow \infty$	النسبة \bar{Z}_0/\bar{Z}_1
$1.4 \dots \sqrt{3}$	$\approx 0.0 \dots 0.3$	≈ 0.6	ارتفاع التوتر في الأطوار السليمة $\bar{U}_{LE max}/\bar{U}$
$1.4 \dots \sqrt{3}$	1	$\sqrt{3} \dots 1.1\sqrt{3}$	عامل التأريض
مسموح $> 125 \text{ V}$	مسموح $> 125 \text{ V}$	$\leq 125 \text{ V}$	توتر الخطوة U_E
مسموح $\leq 65 \text{ V}$	$\leq 65 \text{ V}$	مسموح $\leq 65 \text{ V}$	توتر التماس U_B

يمكن من خلال تقييم الأنواع المختلفة لتأريض النقطة الحيادية، الذي يبحث ظواهر القصر الأرضي في الشبكات الكهربائية مع الأخذ بالحسبان تطورها، وضع الأسس المبينة في الشكل (5) حول اختيار نوعية التأريض.



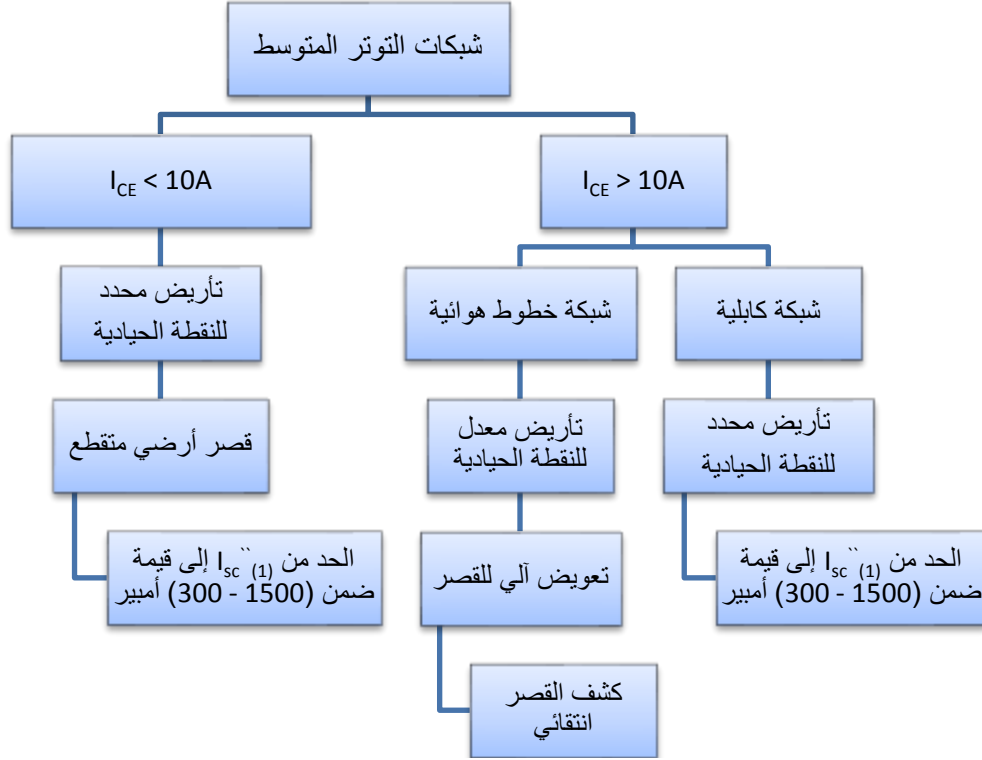
الشكل (5) يبين معالجة شبكات التوتر المنخفض القائمة والنقطة الحيادية المعزولة

ويبين الشكل (6) معالجة شبكات التوتر المتوسط القائمة ذات التأريض المعوض للنقطة الحيادية



الشكل (6) يبين معالجة شبكات التوتر المتوسط القائمة ذات التأريض المعوض للنقطة الحيادية

يبين الشكل (7) طرق تأريض النقطة الحياضية في شبكات التوتر المتوسط المعدة للتصميم



الشكل (7) اختيار نوعية التأريض للنقطة الحياضية في شبكات التوتر المتوسط

في شبكات التوتر العالي (220 – 380)kV تؤرض النقطة الحياضية بشكل مباشر لكامل الشبكة أو لجزء منها بحيث يبقى عامل التأريض ($C_f < 1.4$) وذلك للمحافظة على تيار القصر الأرضي ($I_{sc(1)}$) قليل قدر الإمكان.

الاستنتاجات والتوصيات:

- 1- يقدم هذا البحث دراسة لتأثير معالجة تأريض النقطة الحياضية في الشبكات الكهربائية على حالة العطل الأرضي وبالتالي تحديد العوامل المؤثرة على قيمة هذا التيار وأيضاً على قيمة عامل التأريض (ارتفاع التوتر في الأطوار السليمة). ويقدم البحث اقتراحات لإدخالها في عملية تصميم الشبكات الكهربائية.
- 2- عند حدوث عطل أحادي الطور يمكن تقليل قيمة تيار العطل من خلال رفع قيمة الممانعة الصفيرية (Z_0)، وينفس الوقت ترتفع الجهود في الأطوار السليمة.
- 3- يمكن تكبير الممانعة الصفيرية (Z_0) من خلال تكبير ممانعة التأريض للنقطة الحياضية للشبكة (Z_{NE}).
- 4- يتم السيطرة على ارتفاع التوتر في الأطوار السليمة عند حدوث عطل أرضي من خلال الحفاظ على القيمة المسموح بها لعامل التأريض ($C_f \leq 1.4$) في كافة نقاط الشبكة. ويتم الحفاظ على القيمة الحدية لعامل التأريض المسموح بها من خلال المحافظة على القيمة الحدية للنسبة ($Z_0/Z_1 \leq 3.35$) وذلك من خلال (Z_0).
- 5- يمكن من خلال السيطرة على تيار العطل الأرضي والجهود العالية في الأطوار السليمة تجنب الخطر الهندسي لإصابة الأشخاص والتجهيزات الكهربائية وتحقيق شرط الأمن والسلامة في الشبكات الكهربائية.

المراجع:

1. Prof. Dr.-Ing. HEUCK, K. *Elektrische Energieversorgung*. 5 Auflage, Vieweg, Frieder, 2002, 639.
2. Dr. Ing. habil: OSWALD, B. *Elektrische Kraftwerke und Netze*. 6 Auflage, Springer Verlag, Berlin, 2004, 968.
3. Prof. Dr.-Ing PUNDT, H. *Elektroenergiesysteme*. Dresden, 1982, 69.
4. Prof. Dr.-Ing WEßING, K. *Kraftwerktechnik*. Vde-Verlag gmbh, Berlin, 1993, 597.
5. أ. د. جيل، فؤاد. نظم القدرة الكهربائية /1/. الطبعة الأولى، منشورات جامعة تشرين، 2001-2000،
.524
6. أ. د. إسبر، جورج. تحليل الشبكات الكهربائية. الطبعة الثانية، منشورات جامعة تشرين، 2006-2007،
.612