مجلة جامعة تشرين للدراسات والبحوث العلمية – سلسلة العلوم الهندسية – المجلد (16) العدد (2) 1414 هـ 1994 م

دراسة تأثير محددات (بارامترات) الشبكة والحمل على حسابات نوعية التوتر.

د. جـــورج اســـبر*

❐ ملخص ❐

تتعلق طريقة حساب مؤشر نوعية التوتر بالنموذج الرياضي لشبكة التغذية الكهربائية. أما نوعية التوتر في شبكات تغذية المصانع والمنشآت فتتعلق بالأحمال، وكذلك بالمقاومة الفعلية r والفاعلة X للشبكة.

تم في هذا المقالة إيجاد المجالات التي يمكن استخدام العلاقات الدقيقة فيها والعلاقات التقريبية اللازمة لحساب نوعية التوتر وقد تبين أن XB_c تلعب دوراً كبيراً في الحساب فعند زيادة هذه القيمة يزداد الضياع في التوتر وكذلك بالنسبة للمقدار $\alpha = G/B$ فكلما زادت قيمته كلما زاد الضياع في التوتر.

تم الحصول على نتيجة هامة وهي أنه عند قيمة $XB_c \leq 10^{-3}$ فإن تأثير α على قيمة الضياع في التوتر $/\Delta U_c/$ معدوم تقريباً.

* الدكتور جورج أسبر أستاذ مساعد في كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية بجامعة تشرين – اللاذقية – سورية.

تتعلق نوعية التوتر في شبكات المصانع والمنشآت بالأحمال الكهربائية للمستهلك، وكذلك بالمقاومة الفعلية r وبالمفاعلة x للشبكة لذلك عند حساب التأثير المتبادل لتلك الأحمال تستخدم دارة حسابية كما في الشكل (1) وهذه الدارة عبارة عن مصدر لتوليد الطاقة الكهربائية توتره الخطي ثابت U.

عند ذلك تكون ممانعة الشبكة كما يلي:

$$z = r + jx \quad (1)$$

تغذي هذ الشبكة مجموعة (n) من مستهلكي الطاقة الكهربائية وهذه الأحمال ذات منحني بياني فردي للمسايرة:

$$y = g - jb \quad (2)$$

حيث: g– الناقلية الفعلية للحمل.

b– السماحية الردية للحمل.

وللتحديد تستخدم فقط القيمة الوسطى Mathematical expectation والتشتت Variance لهبوط التوتر الناتج عن مقاومة الشبكة، ولكن كل النتائج التي يتم الحصول عليها يمكن تطبيقها على جميع العوامل التي تؤثر على نوعية التوتر.

لأجل مجموعة n من مستهلكي الطاقة الكهربائية تجمع المسايرات الفردية لكل مستهلك مع بعضها بعضاً بحيث تصبح كما يلي:

$$y = \sum^{n} g - \sum^{n} b = G - jB \quad (3)$$

حيث: G وB مجموع الناقليات والسماحيات للأحمال.

نحسب تيار الحمل بالواحدات النسبية:

$$I = \frac{U}{\sqrt{3}\left[Z + Y^{-1}\right]} = \frac{U.Y}{\sqrt{3}(1 + ZY)} \quad (4)$$

نحسب هبوط التوتر ΔU كما يلي:

$$\Delta U = \sqrt{3} Z \frac{\dot{I}}{U} = \frac{1}{A} \left[rG + xB + (rG + xB)^2 + J(xG - rB)\right] \quad (5)$$

حيث: $A = (1 + rG + xB)^2 + (xG - rB)^2$.

يعتبر إيجاد القيمة الوسطى والتشتت لهبوط التوتر اللتين تطابقان القيمة الوسطى Gc وBc والتشتت Dg وBb الناقليات الفعلية والسماحيات الردية عملية صعبة، لذلك نفترض أن مجال تغير التوتر ΔU ليس كبيراً عند ذلك نقوم بتبسيط المسألة ونحولها إلى علاقة خطية [3] نحصل بعدها على ما يلي:

$$\Delta U \approx \varphi 1(Gc, Bc) - Gc\frac{\partial \varphi_1}{\partial G} - Bc\frac{\partial \varphi_1}{\partial B} + J\left[\varphi_2(Gc, Bc) - Gc\frac{\partial \varphi_2}{\varphi G} - Bc\frac{\partial \varphi_2}{\partial G}\right] + \quad (6)$$

$$+G\frac{\partial \varphi_1}{\partial G} + B\frac{\partial \varphi_1}{\partial B} + J\left[\frac{\partial \varphi_2}{\partial G} + B\frac{\partial \varphi_2}{\partial B}\right]$$

وهنا φ_1 (Gc,Bc) وφ_2 (Gc,Bc) القيم الحقيقية والوهمية للعلاقة (5) أما قيم الاشتقاق فتؤخذ لأجل G = Gc وB = Bc وللتسهيل نرمز $\gamma = r/x$ و$\alpha = G/B$ وعندها نحصل على العلاقة التالية بعد عملية الاشتقاق:

$$\frac{\partial \varphi 1}{\partial G} = C_1 = \frac{1}{C_2}\begin{Bmatrix} X\left[1+2XB_c\left(\gamma^2+1\right)\right]\left[1+2XB_c(\alpha\gamma+1)+C^2B_c^2\left(\alpha^2\gamma^2+\alpha^2+\gamma^2+1\right)\right] \\ -2C\left[XB_c(\alpha\gamma+1)+X^2B_c^2\left(\alpha^2\gamma^2+\alpha^2+1\right)\right]\left[1+XB_c\left(\gamma^2+1\right)\right] \end{Bmatrix}$$

$$\frac{\partial \varphi 1}{\partial B} = C_2 = \frac{1}{C_2}\begin{Bmatrix} X\left[\gamma+2XB_c\left(\gamma^2+1\right)\right]\left[1+2XB_c(\alpha\gamma+1)+X^2B^2\left(\alpha^2\gamma^2+\alpha^2+\gamma^2+1\right)\right] \\ -2C\left[XB_c(\alpha\gamma+1)+2X\left(\alpha^2\gamma^2+\alpha^2\gamma^2+1\right)\right]\left[\alpha+XB_c\left(\gamma^2+1\right)\right] \end{Bmatrix}$$

$$\frac{\partial \varphi 2}{\partial B} = C_3 = -\frac{1}{C^2}\begin{Bmatrix} X\gamma\left[1+2XB_c(\alpha\gamma+1)\right]\left[1+2XB_c^2\left(\alpha^2\gamma^2+\alpha^2+\gamma^2+1\right)\right] \\ -X\left[1+XB_c\left(\alpha^2+1\right)\right]\left[XB_c(\alpha-\gamma)\right]\left[XB_c(\alpha-\gamma)\right] \end{Bmatrix}$$

$$\frac{\partial \varphi 2}{\partial B} = C_4 = \frac{-1}{C^2}\begin{Bmatrix} X\left[1+2XB_c(\alpha\gamma+1)+X^2B_c^2\left(\alpha^2\gamma^2+\alpha^2+\gamma^2+1\right)\right] \\ -2X\left[\alpha+XB_c\left(\gamma^2+1\right)\right]\left[XB_c(\alpha-\gamma)\right]\left[XB_c(\alpha-\gamma)\right] \end{Bmatrix}$$

$$C = \left[1+XB_c(\alpha\gamma+1)\right]^2+\left[XB_c(\alpha-\gamma)^2\right]$$

وللحصول على القيمة الوسطى لهبوط التوتر يكفي فقط أن نضع في العلاقة الخطية المبسطة (6) بدلاً من G و B قيمتهما الوسطية، وبعد التحويل نحصل على العلاقة التالية:

$$\Delta U_c \cong \varphi_1(G_c,B_c)+J\varphi 2(G_c,B_c) \cong \frac{1}{C}XB_c[\\ \left[(\alpha\gamma+1)+XB_c(\alpha\gamma+1)^2+B_c(\alpha-\gamma)^2+J(\alpha-\gamma)\right]. \quad (7)$$

من الضروري عند حساب التشتت إدخال عامل الترابط K_{GB} أي عامل الترابط بين السماحات الفعلية والردية عندئذ نحصل على العلاقة التالية:

$$D[\Delta U] = \frac{1}{C^2}\left(C_1^2D_B+C_2^2D_G+2C_1C_2K_{GB}+JC_3^2D_B+C_4^2D_G+2C_3C_4K_{GB}\right). \quad (8)$$

تعطي المعادلة 7 و8 حلاً دقيقاً، وهذا الحل يسمح لنا بتحليل تأثير جميع العناصر على نوعية التوتر بالإضافة إلى معرفة مجال استخدام العلاقات المبسطة والعلاقات المعقدة.

لحساب عامل القيمة الوسطى لهبوط التوتر تستعمل العلاقة التالية:

$$|\Delta U_c| = \sqrt{\left\{R_e[\Delta U_c]\right\}^2+\left\{J[\Delta U_c]\right\}^2}. \quad (9)$$

جرى حساب العلاقة المعقدة (8) على الحاسوب من نوع IBM حيث أُعطيت القيم التالية للبرنامج:

$0 \le \gamma \le 1$ والخطوة الحسابية من الصفر وحتى الواحد.

$0 \le \alpha \le 1$ والخطوة الحسابية من الصفر وحتى الواحد.

بعد إجراء الحسابات حصلنا على مجموعة منحنيات رسمها الحاسوب، وقد طابقت الرسم البياني شكل (2) حيث Xbc ثابتة لكل مجموعة.

يرينا تحليل النتائج أن المؤثر الأكبر على هبوط التوتر ΔU_c هو القيمة XB_c وكلما زادت XB_c ترتفع قيمة ΔU_c شكل (2) أما تأثير α على هبوط التوتر فهو موضح على الشكل (2) ويمكن أن

نستنتج من الحسابات أنه عندما تكون قيمة $Xbc \le 10^{-3}$ فإن تأثير α على قيمة ΔU_c يمكن إهماله ونلاحظ من الرسم (2) أن γ في المجال من الصفر وحتى 0.2 لا تؤثر على قيمة ΔU_c ولكن عندما تكون قيمة $\gamma > 0.2$ يبدأ المنحني بالصعود بشكل ملحوظ. وإذا قمنا بتقسيم الإحداثيات

$$|M| = XB_c\left[9.1 + 3.7\alpha^2 + \gamma^2\left(4{,}35 + 0{,}5\alpha^2\right)\right].10^{-2} \qquad (10)$$

حيث الخطأ النسبي لا يتجاوز 7% بالمقارنة مع استعمال العلاقة المعقدة، أما عندما نقوم بتخطيط وحساب نوعية التوتر في شبكات 6-20 ك. ف. فإن تلك الحسابات تتم فقط بالمنحني البياني للاستطاعة الردية أي أن $r=0$ ومنها $\alpha=\gamma=0$ عند ذلك نحسب هبوط التوتر ΔU بالعلاقة المبسطة التالية:

$$\Delta\tilde{U} = \frac{X}{1+XB_c}\left(B_c + \frac{B-B_c}{1+XB_c}\right) \qquad (11)$$

تطابق الدوائر المبينة في الرسوم 2 و3 قيمة العلاقة (11) لذلك فإن الخطأ الحاصل من جراء استخدام العلاقة (11) سيكون الفرق بين الخط الأفقي المنقط والخط الحقيقي المخبر، أما الخطأ النسبي فيحسب كما يلي:

$$\tilde{\delta} \cong \left(\frac{|\Delta\tilde{M}|}{|\Delta M|} - 1\right)100\% \qquad (12)$$

ومجال استعمال العلاقة (12) تحدده قيمة الخطأ المسموح به مثال:

عند حساب الأحمال يؤخذ الخطأ النسبي حتى $\pm 10\%$ وفي بعض المراجع العالمية وبخاصة الروسية منها تم ادخال المقاومة الفعلية والسماحية الفعلية في الحسابات وكذلك موضوع يسمى "الأحمال الوهمية" [7]، وبالنسبة لحالتنا أدخل مفهوم السماحية الوهمية.

$$b_\phi(t) = \frac{r}{x}G(t) + B(t) \qquad (13)$$

العمودية في الرسم (2) على XB_c نحصل على مجموعة جديدة من المنحنيات كما في الشكل (3) ومن هذه المنحنيات يمكن إيجاد علاقة تحليلية للقيمة الوسطى لهبوط التوتر باستخدام طريقة المربعات الصغيرة:

نعوض في العلاقات المستخلصة سابقاً القيمتان $B_c=0$ $r=0$ بدلاً من D_B و B_c عندئذ نحصل على ما يلي:

$$D_\phi B = \frac{r^2}{X^2}D_G + D_B \qquad (14)$$

$$B_{C\phi} = \frac{r}{x}G_c + B_c$$

وقد أوضحت الحسابات أن استعمال السماحية الوهمية ترفع المتطلبات المرجوة من نوعية التوتر. من الشكل (4) نستطيع وضع علاقة الخطأ النسبي.

$$\delta_\phi = \left(\frac{|\Delta M_\phi|}{|\Delta M|} - 1\right)100\% \qquad (15)$$

لحساب التشتت بالعلاقة (8) استُخدِم الحاسوب، وقد اقترحنا تقييم تأثير السماحية باستعمال عناصر محول القوى ذي التوتر 6.3/20 ك. ف.

إن القيمة الحسابية العظمى لتبدل التيار I تحدد من العلاقة المشهورة من الرياضيات الستاتيكية [3].

$$\Delta I = \beta\sqrt{DI}, \qquad (16)$$

حيث DI: تشتت التيار، β: عامل استاتيكي.

إن التغير في التيار يؤدي إلى حدوث تذبذب في التوتر بمقدار:

$$\delta v = \Delta I\frac{Xn}{Un}100 \qquad (17)$$

حيث: Xn – المفاعلة الاسمية للمحول.

Un- التوتر الاسمي.

ΔI- تذبذب التيار.

من هنا نستنتج أن تشتت التيار:

$$DI = \frac{\delta V^2 U_n^2}{\beta^2 X_n^2} 10^{-4} \qquad (18)$$

ويكون تشتت الناقلية لفعلية والسماحية [2] كما يلي:

$$DG = \frac{3}{U^2} \cos^2 \varphi DI \qquad (19)$$

$$DB = \frac{3}{U^2} \sin^2 \varphi DI \qquad (20)$$

إن أكبر قيمة للتذبذب هي 2.5% كما في /6/ وحسب الدراسات التي أجريناها في هذا المجال اقترحنا أخذ $\beta \approx \sqrt{3}$ أما عامل الاستطاعة فيمكن أخذه مساوياً لقيمة 0.8، عند ذلك تعطي العلاقات السابقة نتائج تقريبية للتشتت. مثال لأجل محول قوي استطاعته 1600 ك. ف. آ. وتوتره 20/6.3 ك. ف. فإن حسابات التشتت أعطت النتائج التالية:

تشتت السماحية: $D_B=3.1.10^{-3}\ Sm^2$

تشتت الناقلية الفعلية: $D_G=6.10^{-3}\ Sm^2$

فالقيم المتغيرة في حساب تشتت هبوط التوتر هي α وγ وكذلك عامل الترابط بين الناقلية الفعلية والسماحية الردية K_{GB} وهذه القيم تتغير كما يلي:

γ- من الصفر وحتى الواحد.

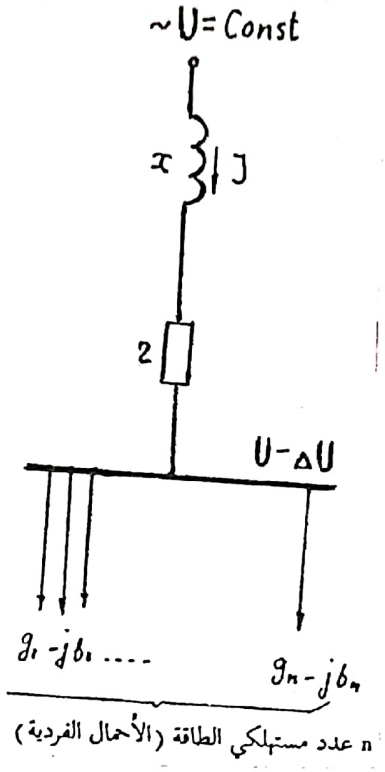
α- من الصفر وحتى الواحد.

بالنسبة لعامل الارتباط K_{GB} فيعطى بالقيم التالية (1- و0.5-، 0.5، 1) والنتائج الحسابية لتشتت هبوط التوتر مبينة في الرسم التوضيحي البياني شكل (5).

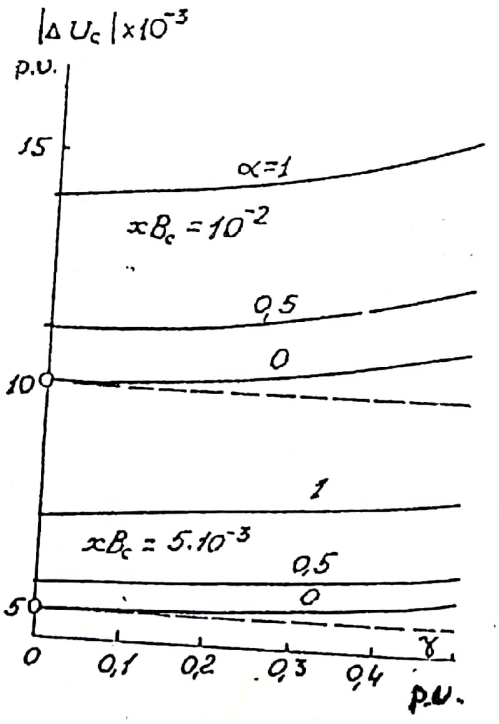
من الشكل (5) يمكن استنتاج النتائج التالية:

قيمة D(ΔU) عملياً لا تتعلق بالقيمة α، وإن إشارة عامل الارتباط K_{GB} السالبة أو الموجبة لا تؤثر على قيمة D(ΔU) ولكن رفع قيمته يؤدي إلى زيادة D(ΔU) أما بالنسبة للعلاقة بين γ وD(ΔU) فإنها تتناسب طرداً أي عند رفع قيمة γ تزداد قيمة D(ΔU).

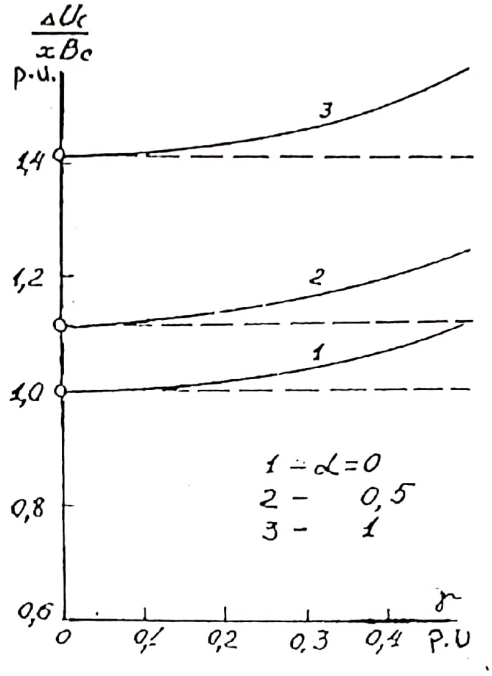
النتائج التي تم التوصل إليها تستخدم لإيجاد المجال الذي تطبق فيه العلاقات المعقدة والعلاقات المبسطة لحساب نوعية التوتر، فمن معرفة قيمة α وγ نستطيع معرفة العلاقات التي يمكن استخدامها.



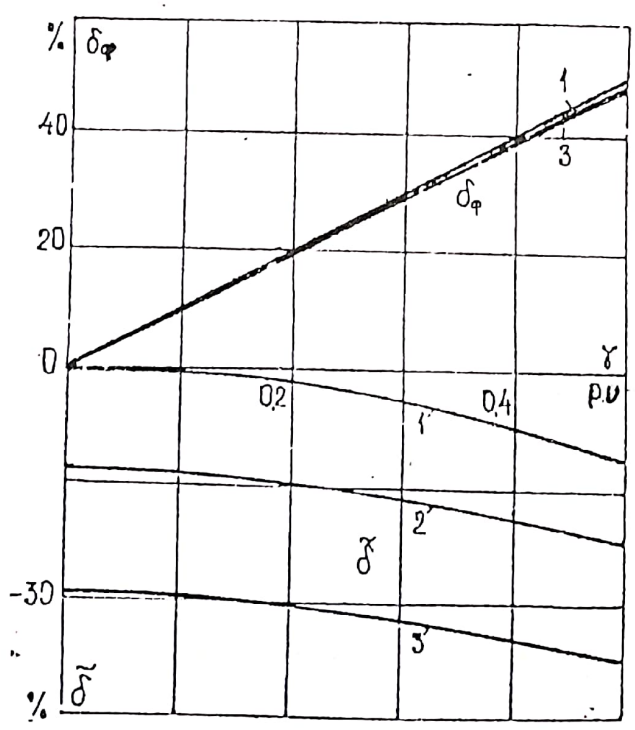
شكل (1) دارة حسابية لتحديد نوعية التوتر



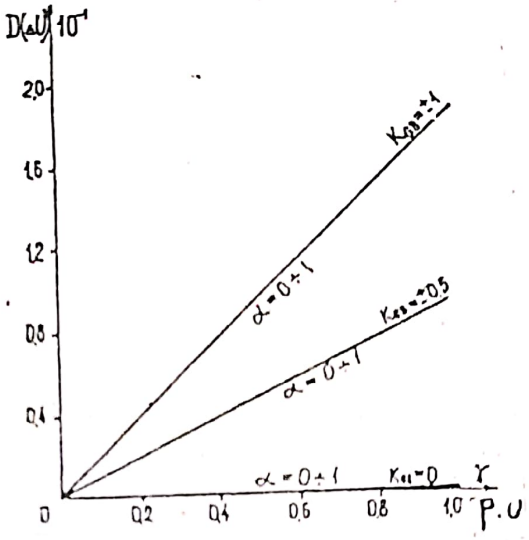
شكل (2) علاقة γ بالقيمة الوسطى لهبوط التوتر ΔUc



شكل (3) علاقة γ بالقيمة النسبية لهبوط التوتر



شكل (4) الخطأ النسبي $\tilde{\delta}$ و δ للحسابات بالأحمال الوهمية



شكل (5) علاقة α بتشتت هبوط التوتر، قيم α تتراوح بين 0 حتى 1

❐ ABSTRACT ❐

The method of accurate calculation (as guide for the specific voltage) is related to the mathematical model chosen for the electrical-power net work and to the reactive resistance r and resistance permissible X for net work.

In this paper we try to find the accurate relations required for the specific-voltage-guides-calculations, by consumer-line-load-effect, and compare it with a simple required relation. We prove that these parameters (XB_c) are the main effects on the voltage reduction. This reduction increases as those parameters increase, similarly the field that used for the specific voltage calculation using the simple and accurate relations for each case.

We reached an important result wich is at the amount $XB_c \leq 10^{-3}$ the influence of α at the amount of loss $/\Delta U_c/$ is almost nothing

المراجع

1. Sinchugov, F.I Raschet Nadezhnosty skhem electicheskikh Soedineny (calculation of electrical circuity reliability), Energia Publishers, 1971 Moscow.

2. الحساب المبسط لنوعية التوتر مجلة النقل والطاقة السوفيتية عدد 2 عام 1989، صفحة 85-93 الدكتورة في العلوم التقنية دميتريفا إيلينا نيكالايفا.

3. Ventsel, E.S., Teoriya veroyatnostey - theory of probabilities - Moscow, Nauka Publishers. 1969.
4. Matematicheskle zadachi electroeegetiki-Methmatical problems in power engineering- edit by V.A. Venikemy, Moscow, Vysshaya shkola-publishers, 1970.
5. Melnikov N.A., Electricheskie seti isistemy - electrical Networks and systems - Moscow, -energia-publishers, 1989.
6. Urmilov A.A., osnovi electrosnabgenia bromishlinnekh bredpriti. -M.: inergia, 1976.
7. Koialov G.M., kagdan A.i., kolvalev i.N., kurenni i.g., osnovi postroenia bromishlinnekh elektritcheskikh setie. -M.: inergia, 1978.