

مكافئة الأحمال الكهربائية في شبكات التوزيع الشعاعية

الدكتور فؤاد جبل*

(تاريخ الإيداع 20 / 5 / 2007. قُبِلَ للنشر في 2 / 8 / 2007)

□ الملخص □

يهدف البحث بشكل أساسي لتقديم نموذج رياضي يمكننا (تحليلياً) من مكافئة الأحمال الكهربائية الموزعة ضمن شبكات التوزيع الكهربائية الشعاعية والمكونة من أنواع مختلفة من الأحمال التي تكون خصائصها معروفة عند الباربات الفرعية التي تربط إليه هذه الأحمال، إضافة إلى تحديد المعاملات المميزة للحمل المكافئ عند بار التغذية الرئيسي لنظام قدرة كهربائي شعاعي آخذين بعين الاعتبار تأثير عناصر النقل (المغذيات والمحولات).

يتم تطبيق الطريقة المعروضة ضمن البحث على الأحمال الساكنة، كما يمكن تطبيقها أيضاً لإيجاد التغيرات الحاصلة في الاستطاعة الردية والفعلية عند حدوث تغيرات بسيطة وضمن المجال المحدد لكل من التردد والجهد.

تم كتابة برنامج على الحاسب الآلي، يمكن من خلاله وبسهولة دراسة أداء شبكات التوزيع الشعاعية.

كلمات مفتاحية: مكافئة، أحمال كهربائية، المعاملات المميزة.

* أستاذ مساعد في قسم هندسة الطاقة الكهربائية - كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية.

Equivalence of Electric Loads in Radial Networks

Dr. Fouad Jabal*

(Received 20 / 5 / 2007. Accepted 2/8/2007)

□ ABSTRACT □

This paper aims at introducing a mathematical model to equate distributed load in radial networks which consist of different types of electric loads connected to individual busbars where characteristics are known. It also tries to determine the characteristic parameters of equivalent load at the main supply busbar of radial power system in relation to individual distributed loads in a power system taking into account the effect of transmission elements (feeders and transformers).

The suggested method is applied in the steady state, but it may also be applied to determine the changes in the active and reactive power due to changes within concern limits of power supply voltage and frequency. A computer program was set that can easily be used to study the performance of radial electric networks.

Key words: Equivalent, Electric load, Characteristic parameters.

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

مقدمة:

يعتبر تمثيل الأحمال الكهربائية في أنظمة القدرة الكهربائية من الأمور الهامة عند دراسة ونمذجة النظام. وتظهر الحاجة إلى مكافئة الأحمال عندما يوجد عدد كبير جدا من الأحمال الإفرادية (محركات) مغذاة عبر شبكة شعاعية كما هو الحال في مصافي النفط التي تحتوي على عدد كبير من المحركات التحريضية الموزعة ضمن المنشأة. تعتمد عملية تمثيل الأحمال الكهربائية على طبيعة هذه الأحمال والتي بشكل عام يجب أن تكون خصائصها معروفة.

أهمية البحث وأهدافه:

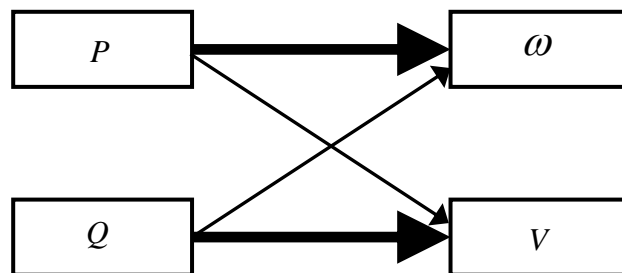
يهدف هذا البحث بشكل أساسي لتقديم نموذج رياضي يمكننا من مكافئة الأحمال الكهربائية عند البار الذي تربط إليه هذه الأحمال، إضافة إلى تحديد المعاملات المميزة للحمل المكافئ عند بار التغذية الرئيسي لنظام قدرة كهربائي شعاعي آخذين بعين الاعتبار تأثير عناصر النقل (المغذيات والمحولات).

طريقة البحث ومواده:

أنجز هذا البحث اعتمادا على المراجع العلمية التي تبحث في هذا المجال، حيث تم وضع نموذج رياضي وخوارزمية تم تنفيذها على الحاسب الآلي (برنامج على الحاسب بلغة Visual Basic) مما مكننا من تنفيذ هذا البحث واستخلاص النتائج.

1. علاقة الاستطاعة الردية والفعلية مع الجهد والتردد:

تتغير الاستطاعة المستجرة من قبل الحمل وفقا لتغيرات الجهد والتردد، فالاستطاعة الفعلية تتغير عندما يتغير التردد والجهد إلا أن حساسيتها تجاه التغير في التردد هو أكبر منه بالنسبة لتغير الجهد وعكس ذلك بالنسبة للاستطاعة الردية التي لها حساسية عالية تجاه التغيرات الحاصلة في الجهد. يوضح الشكل (1) العلاقة التي تربط بين الاستطاعة الفعلية والردية وكل من الجهد والتردد.



الشكل (1) يبين القوة الرابطة بين كل من الاستطاعة الفعلية والردية مع كل من الجهد والتردد

توضح العلاقة التالية الرابط بين تغيرات الاستطاعة الردية والفعلية مع الجهد والتردد [1]:

$$\begin{bmatrix} \Delta P \\ \Delta Q \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{dP}{dV} & \frac{dP}{d\omega} \\ \frac{dQ}{dV} & \frac{dQ}{d\omega} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta V \\ \Delta \omega \end{bmatrix} \quad (1)$$

حيث: ΔQ ; ΔP التغير في الاستطاعة الردية والفعلية المطلوبة من قبل الحمل نتيجة التغير في الجهد والتردد $(\Delta V ; \Delta \omega)$.

يتضح من خلال العلاقة (1) أن الاستطاعة الردية والفعلية هي توابع تفاضلية للجهد والتردد، وبما أن هذا النموذج قابل للتطبيق بشكل أساسي ضمن مجال ضيق لتغيرات الجهد والتردد، لذلك يمكن تطبيق منشور تايلور على هذه التوابع مع إهمال الحدود العليا من هذا المنشور، حيث تظهر الحدود العليا من المنشور عند بعض الأحمال وليس عند جميعها.

يمكن تطبيق العلاقة (1) على عناصر الأحمال الإفرادية أو لأي حمل ممثل بالاستطاعة المتوسطة له. فمن أجل الأحمال الإفرادية (نوعية معينة من الأحمال)، تكون المشتقات المعطاة في العلاقة (1) لأنواع المعتادة من هذه الأحمال معروفة بمعاملات تعكس خصائص هذه الأحمال، حيث يمكن تحديد قيم هذه المعاملات من خلال الاعتبارات النظرية أو من خلال القياسات الفعلية المخبرية أو الميدانية.

من جهة أخرى إذا كانت الأحمال مكونة من خليط من أنواع مختلفة من الأحمال الموزعة ضمن النظام ولا توجد إمكانية لإجراء التجارب، يمكن عندها تحديد قيم هذه المعاملات تحليلياً.

2. النموذج الرياضي:

الافتراض الأساسي الذي يجب أن نأخذه بعين الاعتبار، هو أن الاستطاعة الردية والفعلية للأحمال (وضمن

المجالات المحددة للتردد والجهد) تتغير مع التردد والجهد وفقاً للعلاقات التالية [3] [2] :

$$P = P(V, \omega) = P_n \left(\frac{V}{V_n} \right)^{P_V} \left(\frac{\omega}{\omega_n} \right)^{P_\omega} \quad (2)$$

$$Q = Q(V, \omega) = Q_n \left(\frac{V}{V_n} \right)^{q_V} \left(\frac{\omega}{\omega_n} \right)^{q_\omega} \quad (3)$$

حيث يشير الدليل n إلى القيم الاسمية.

بمفاضلة العلاقتين (2) و (3) وإعادة ترتيبيهما نجد أن:

$$\left. \begin{array}{l} \frac{dP/P}{dV/V} = P_V \quad ; \quad \frac{dP/P}{d\omega/\omega} = P_\omega \\ \frac{dQ/Q}{dV/V} = q_V \quad ; \quad \frac{dQ/Q}{d\omega/\omega} = q_\omega \end{array} \right\} \quad (4)$$

حيث: q_ω ; q_V ; P_ω ; P_V تمثل المعاملات المميزة للحمل.

فمثلاً بالنسبة لحمل ذي مصابيح متوهجة، يكون: $p_V = p_\omega = q_\omega = 0$; $q_V \approx 1.6$

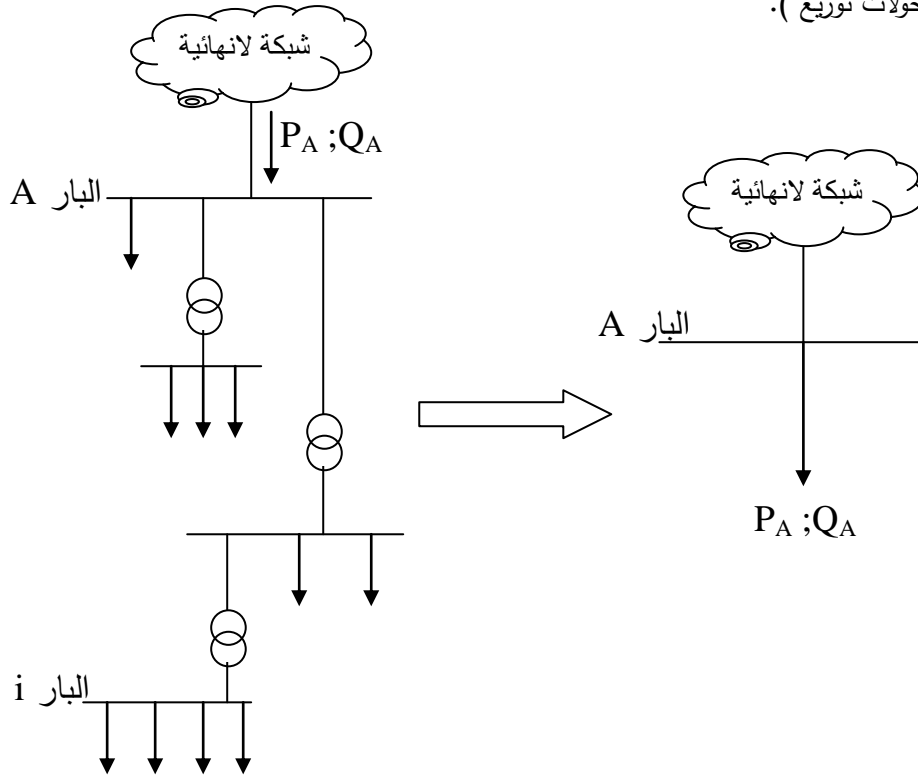
يمكن تحديد قيم المعاملات المميزة لأي حمل متجانس استناداً إلى القياسات التجريبية أو بتحليل الدارة المكافئة

لهذا الحمل.

غير أن السؤال الذي يطرح الآن، هو كيف يمكن تحديد الاستطاعة الردية المكافئة (Q_S) والاستطاعة الفعلية المكافئة (P_S) عند بار التغذية الرئيسي (نهاية الإرسال) بالنسبة لحمل غير متجانس أو مختلط آخذين بالاعتبار تأثير الشبكة المغذية متضمنة محولات التوزيع. لدراسة ذلك تم أخذ نظام القدرة الموضح بالشكل (2).

يبدأ التحليل بدءاً من المستهلكين الطرفيين (بارات التغذية الفرعية) باتجاه بار الشبكة الرئيسي (A). تتجسد عملية مكافئة أحمال الشبكة المدروسة بما يلي:

- مكافئة جميع الأحمال ذات الخصائص المختلفة والمعروفة والموصولة إلى قضيب تجميع مشترك.
- مكافئة الأحمال المحددة في (a) عند بار التغذية الرئيسي مع الأخذ بالاعتبار عناصر النقل (من مغذيات ومحولات توزيع).



الشكل (2) نظام توزيع شعاعي والدارة المكافئة له

3 - مكافئة الأحمال عند أحد البارات (i):

بفرض أن البار i في شبكة التوزيع الموضحة بالشكل (2) يغذي مجموعة من الأحمال المتجانسة والتي عددها n ، عندها فإن الحمل الكلي لقضيب التجميع هو:

$$P_i = \sum_{j=1}^n P_{ij} \quad (5)$$

$$Q_i = \sum_{j=1}^n Q_{ij} \quad (6)$$

حيث تتحدد الأحمال الإفرادية والمعاملات المميزة كما يلي [3] [2]:

$$P_{ij} = P_{ij,n} \left(\frac{V_i}{V_{n,i}} \right)^{P_{V,ij}} \cdot \left(\frac{\omega}{\omega_n} \right)^{P_{\omega,ij}} \quad (7)$$

$$Q_{ij} = Q_{ij,n} \left(\frac{V_i}{V_{n,i}} \right)^{q_{V,ij}} \cdot \left(\frac{\omega}{\omega_n} \right)^{q_{\omega,ij}}$$

بمفاضلة العلاقة (7) بالنسبة للجهد نجد:

$$\frac{dP_{ij}}{dV_i} = P_{V,ij} \frac{P_{ij}}{V_i} \quad (8)$$

والاستطاعة الفعلية الكلية للحمل باستخدام العلاقات (5) و (7):

$$\frac{dP_i}{dV_i} = \sum_{j=1}^n P_{V,ij} \frac{P_{ij}}{V_i}$$

وبالاستناد إلى العلاقة (4) نحصل على معامل الجهد المميز للاستطاعة الفعلية الكلية المطلوبة عند البار (i)

كما يلي:

$$P_{V,i} = \frac{dp_i}{\frac{P_i}{dV_i}} = \sum_{j=1}^n P_{V,ij} \frac{P_{ij}}{P_i} \quad (9)$$

يشكل مشابه نحصل على المعاملات المميزة الأخرى:

$$\begin{aligned} P_{\omega,i} &= \sum_{j=1}^n P_{\omega,ij} \frac{P_{ij}}{P_i} \\ q_{V,i} &= \sum_{j=1}^n q_{V,ij} \frac{Q_{ij}}{Q_i} \\ q_{\omega,i} &= \sum_{j=1}^n q_{\omega,ij} \frac{Q_{ij}}{Q_i} \end{aligned} \quad (10)$$

حيث:

$P_{\omega,i}$ معامل التردد المميز للاستطاعة الفعلية.

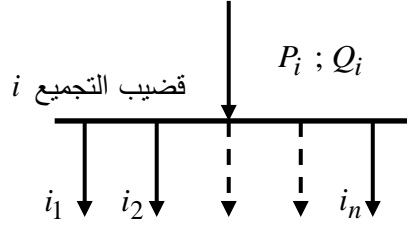
$P_{V,i}$ معامل الجهد المميز للاستطاعة الفعلية.

$q_{\omega,i}$ معامل التردد المميز للاستطاعة الردية.

$q_{V,i}$ معامل الجهد المميز للاستطاعة الردية.

إذا يمكن حساب المعاملات المميزة للحمل المركب عند البار (i) وفقا للعلاقة (10) وذلك من خلال معرفة

المعاملات المميزة للأحمال الإفرادية الموصولة إلى نفس البار.



الشكل (3) مجموعة من الأحمال الموصلة إلى قضيبي التجميع i

بالاستناد إلى قيم المعاملات المميزة المكافئة يمكن حساب الاستطاعة الردية والفعلية المكافئة للبار (i) وفقاً للعلاقات التالية:

$$P_i = P_{i,n} \left(\frac{V_i}{V_{n,i}} \right)^{P_{V,i}} \cdot \left(\frac{\omega_i}{\omega_{n,i}} \right)^{P_{\omega,i}}$$

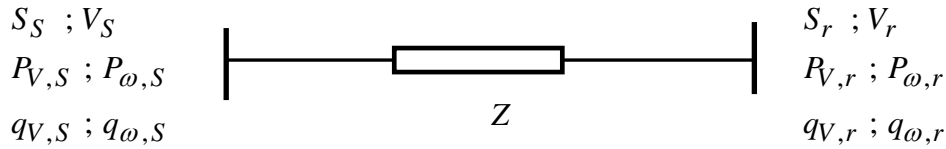
$$Q_i = Q_{i,n} \left(\frac{V_i}{V_{n,i}} \right)^{q_{V,i}} \cdot \left(\frac{\omega}{\omega_{n,i}} \right)^{q_{\omega,i}}$$

حيث تمثل:

- $Q_{i,n}$: مجموع الاستطاعات الردية الاسمية لجميع الأحمال المربوطة إلى البار (i).
- $P_{i,n}$: مجموع الاستطاعات الفعلية الاسمية لجميع الأحمال المربوطة إلى البار (i).
- $V_{n,i} ; \omega_{n,i}$: القيم الاسمية للتردد والجهد.
- $V_i ; \omega_i$: القيم الفعلية للتردد والجهد.

4 - تأثير عناصر النقل (المغذيات والمحولات):

إذا تم تمثيل عناصر النقل بدارة مكافئة π أو L وتم الأخذ بالاعتبار أن العناصر التفرعية لهذه الدارة بمثابة عناصر حمل مجمعة عند البار، عندها تبسط المسألة إلى الأخذ بالاعتبار فقط تأثير الممانعة التسلسلية الواصلة بين البار المتجاورة.



الشكل (4) الدارة المكافئة لعناصر النقل وكمياتها المقابلة

يبين الشكل (4) الدارة المكافئة، حيث:

والممانعة التسلسلية للعناصر هي: $\bar{S} = P_r + j Q_r$ ؛ $\bar{V}_r = V_r$ ؛ $P_{V,r}$ و $P_{\omega,r}$ و $q_{V,r}$ و $q_{\omega,r}$ عند نهاية الاستقبال

$$\bar{Z} = R + j X \approx j X$$

والمطلوب هو إيجاد الاستطاعة الفعلية P_S والردية Q_S عند نهاية الإرسال:

$$\bar{S}_S = P_S + j Q_S = \bar{S}_r + \bar{Z} I_r^2$$

$$\bar{S}_r = V_r \bar{I}_r^*$$

$$\bar{V}_S = V_r + \bar{Z} \bar{I}_r$$

بحذف التيار من هذه العلاقات وبإهمال المقاومة الأومية نحصل على:

$$\bar{S}_S = \bar{S}_r + j \frac{X S_r^2}{V_r^2} \dots\dots\dots (a) \quad (11)$$

$$\bar{V}_S = \bar{V}_r + j \frac{X \bar{S}_r^*}{V_r} \dots\dots\dots (b)$$

حيث المطلوب هو إيجاد الجهد V_S الذي يعطى بشكل تقريبي بالعلاقة:

$$V_S = V_r + \frac{X Q}{V_r} \quad (12)$$

4 - 1: العلاقة مع الجهد:

يجب الملاحظة أن:

$$\frac{dV_S}{dV_r} \neq 0 \text{ شريطة أن } \frac{dS_S}{dV_S} = \frac{dS_S}{dV_r} \frac{dV_r}{dV_S} = \frac{dS_S}{dV_r} \left(\frac{dV_S}{dV_r} \right)^{-1} \quad (13)$$

بمفاضلة العلاقتين (11) و (12) وبالتعويض في العلاقة (13) ويفصل الحدود الحقيقية والتخيلية نحصل

على:

$$\frac{dP_S}{dV_S} = \frac{\frac{dP_r}{dV_r}}{1 + \frac{X}{V_r} \frac{dQ_r}{dV_r} - \frac{X Q}{V_r^2}} \quad (14)$$

$$\frac{dQ_S}{dV_S} = \frac{\frac{dQ_r}{dV_r} + \frac{2 X}{V_r^2} \left(Q_r \frac{dQ_r}{dV_r} - \frac{S_r^2}{V_r} \right)}{1 + \frac{X}{V_r} \frac{dQ_r}{dV_r} - \frac{X Q}{V_r^2}} \quad (15)$$

وبإدخال المعاملات المميزة $q_{V,S}$; $P_{V,S}$ عند نهاية الإرسال والمعاملات المميزة لنهاية الاستقبال

$q_{V,r}$; $P_{V,r}$ ويفرض أنه تم استخدام الصيغة الأسية لتمثيل العلاقة بين الجهد واستطاعة الحمل وباستخدام العلاقة

(8) نجد أن:

$$P_{V,S} = P_{V,r} \frac{\frac{V_S}{V_r}}{1 + \frac{X Q_r}{V_r^2} (q_{V,r} - 1)} \quad (16)$$

ويتعويض قيمة V_S من العلاقة (12) نجد أن:

$$P_{V,S} = P_{V,r} \frac{1 + \frac{X Q_r}{V_r^2}}{1 + \frac{X Q_r}{V_r^2} (q_{V,r} - 1)} \quad (17)$$

بالتعويض في العلاقة (15) مع ملاحظة أن:

$$\frac{Q_S}{Q_r} = 1 + \frac{X Q_r}{V_r^2} \left\{ 1 + \left(\frac{P_r}{Q_r} \right)^2 \right\} \quad (1-17)$$

نحصل على العلاقة التي تحدد قيمة $q_{V,S}$ كما يلي:

$$q_{V,S} = q_{V,r} \frac{1 + \frac{X Q_r}{V_r^2}}{1 + \frac{X Q_r}{V_r^2} \left\{ 1 + \left(\frac{P_r}{Q_r} \right)^2 \right\}} \cdot \frac{1 + \frac{2X Q_r}{V_r^2} \left\{ \frac{q_{V,r} - 1}{q_{V,r}} + \left(\frac{P_r}{Q_r} \right)^2 \frac{P_{V,r} - 1}{q_{V,r}} \right\}}{1 + \frac{X Q_r}{V_r^2} (Q_{V,r} - 1)} \quad (18)$$

4 - 2: العلاقة مع التردد:

المعاملات المميزة للتردد لنهاية الإرسال $q_{\omega,S}$; $P_{\omega,S}$ مرتبطة بالمعاملات المميزة لنهاية الاستقبال وبشروط التحميل التي يفترض أنها معلومة.

بمفاضلة العلاقة (11) بالنسبة للتردد ω نجد أن:

$$\frac{d\bar{S}_S}{d\omega} = \frac{d\bar{S}_r}{d\omega} + j \left\{ \frac{L}{V_r^2} (P_r^2 + Q_r^2) + \frac{2\omega L}{V_r^2} \left(P_r \frac{dP_r}{d\omega} + Q_r \frac{dQ_r}{d\omega} \right) \right\} \quad (19)$$

$$\frac{dP_S}{d\omega} = \frac{dP_r}{d\omega} = P_{\omega,r} \frac{P_r}{\omega} = P_{\omega,S} \frac{P_S}{\omega} \quad \text{نرى من خلال العلاقة (19) أن:}$$

حيث:

$$P_{\omega,S} = P_{\omega,r} \quad (20)$$

كما هو متوقع عندما يتم إهمال المفاوئد. وبشكل مشابه نجد:

$$\frac{dQ_S}{d\omega} = q_{\omega,S} \frac{Q_S}{\omega}$$

$$\frac{dQ_r}{d\omega} = q_{\omega,r} \frac{Q_r}{\omega}$$

أما العلاقة بين $q_{\omega,S}$ و $P_{\omega,S}$ فيمكن الحصول عليها من خلال العلاقة (19) والتي يمكن التعبير عنها

كما يلي:

$$q_{\omega,S} = q_{\omega,r} \frac{1 + \frac{X Q_r}{V_r^2} \left\{ \frac{2q_{\omega,r} + 1}{q_{\omega,r}} + \left(\frac{P_r}{Q_r} \right)^2 \frac{2 P_{\omega,r} + 1}{q_{\omega,r}} \right\}}{1 + \frac{X Q_r}{V_r^2} \left\{ 1 + \left(\frac{P_r}{Q_r} \right)^2 \right\}} \quad (21)$$

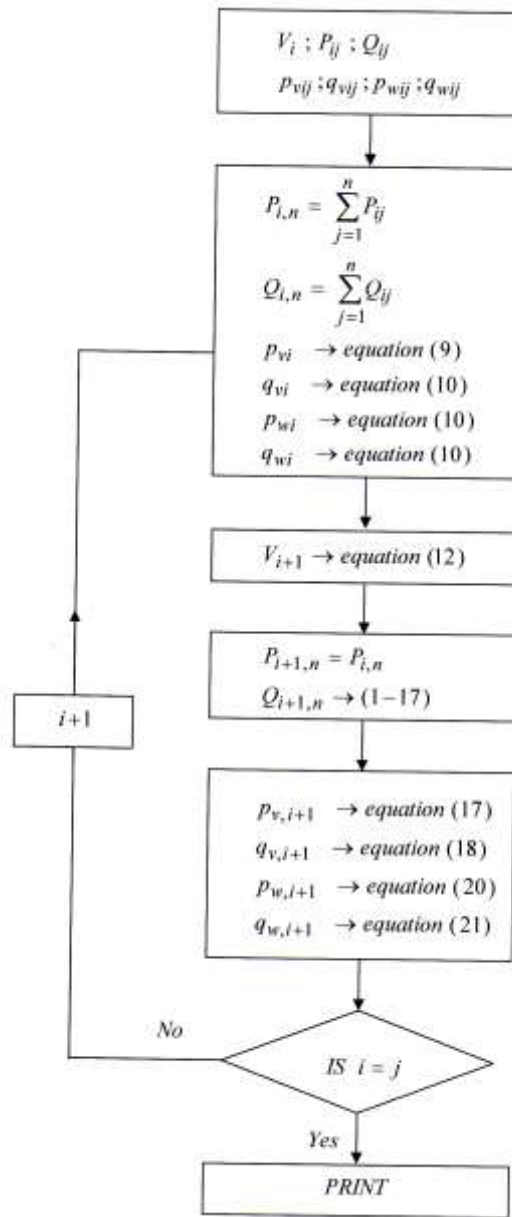
تؤثر مفاعلة المغذي على المعامل المميز للتردد بالنسبة للاستطاعة الردية، ما عدا الحالة التي يكون فيها الحمل

رددي بحت.

5 - البرنامج:

لقد تم وضع برنامج على الحاسب يقوم بحساب المعاملات المميزة للبارات والاستطاعات في الشبكات الشعاعية

وفق المخطط الانسيابي المبين في الشكل (5).



الشكل (5) المخطط الانسيابي

يمتاز هذا البرنامج بإمكانية الحساب لعدد من البارات (العقد) يصل إلى خمسين باراً. كما أنه سهل الاستخدام من حيث إدخال المعطيات والحصول على النتائج.

يقوم البرنامج أولاً بطلب إدخال المعطيات، التي تبدأ بإدخال عدد البارات للشبكة المدروسة من خلال نافذة كما

في الشكل التالي:

بعدها يطلب عدد الأحمال الموصلة إلى كل بار مع تحديد قيم المفاعلات الواصلة بين البارات وجهد العمل للبار الأخير، حيث يقوم البرنامج بحساب الجهود على البارات الأخرى .

ثم يطلب إدخال المعطيات الخاصة بكل حمل ضمن الشبكة وهي الاستطاعة الاسمية (الفعلية والرديئة والمعاملات المميزة لكل حمل كما يلي:

بعدها يعطي البرنامج المعاملات المميزة المكافئة للأحمال والاستطاعات الفعلية والردية والجهود عند كل بار .

6 - تطبيق:

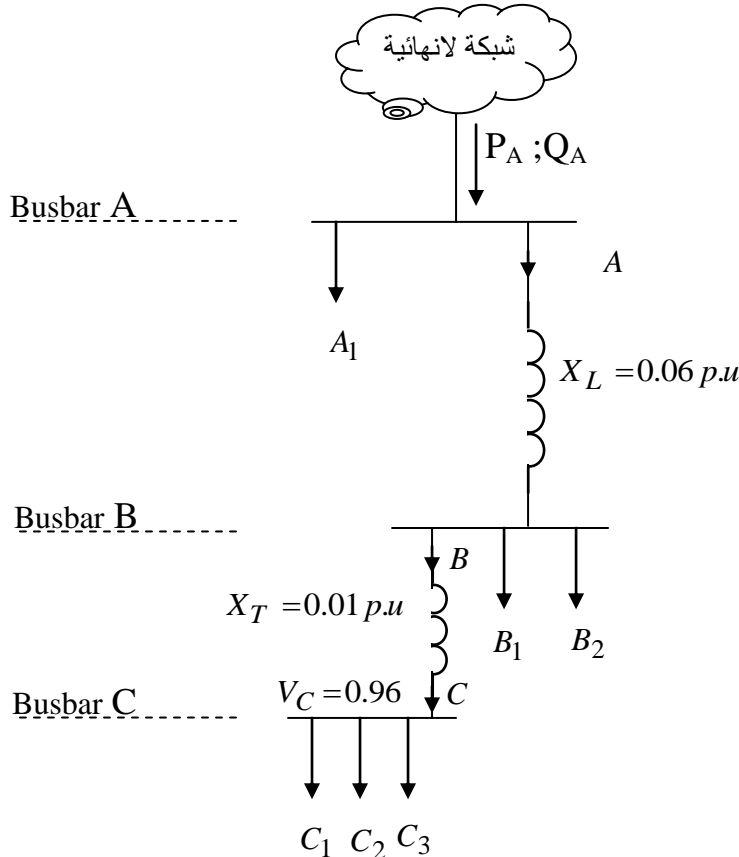
تتراوح عادة المعاملات المميزة للحمل ولأنواع الشائعة من الأحمال بين الصفر و 3، حيث يكون لـ q_V القيم الأعلى. كما أن إشارة p_V و q_V هي دوما موجبة، بينما p_ω و q_ω يمكن أن تأخذ الإشارة السالبة. بالنسبة للأحمال اللاخطية المدمج معها التأثير التحكيمي، فإن قيم المعاملات يمكن أن تختلف ويعتمد ذلك على الكيفية التي تتفد بها شروط التحكم. يبين الجدول (1) المعاملات المميزة لبعض أنواع الأحمال التي نصادفها بكثرة في الحياة العملية.

الجدول (1) القيم النموذجية للمعاملات المميزة لبعض الأحمال [5] [2] [4]

نوع الحمل	p_V	p_ω	q_V	q_ω
مصابيح متوهجة	1.6	0	0	0
أجهزة تسخين	1.2	-1	3	-2.8
مصابيح فلوريسانتيّة	2	-0.55	4.3	-2.73
محركات تحريضية	0.23	1.5	2.8	-1.9
أجهزة منزلية	0.3	0.1	1.8	-1.6
معمل الألمنيوم	1.8	-0.3	2.2	0.6
أفران قوسية	1.9	-0.5	2.1	0

وكتطبيق على النموذج المقدم والبرنامج الحاسوبي تم أخذ الشبكة الكهربائية المبينة في

الشكل (6)



الشكل (6) الشبكة المدروسة

كما يبين الجدول (2) قيم الأحمال والمعاملات المميزة لكل منها.

الجدول (2) المعطيات

A1	B2	B1	C3	C2	C1	المغذي
0.8	0	0.61	0.18	0.37	0.21	(p.u) P
0.5	0.02	0.42	0.13	0.22	0.15	(p.u) Q
1.1	2	1.4	1	1.2	1.8	P_V
1	-2	0.1	0.86	0.65	0.2	P_ω
1.2	2	3.3	0.9	2.5	2.2	q_V
-0.7	-1	-1	-0.6	-2.2	-0.91	q_ω

لقد تم أخذ الجهد عند البار C مساويا لـ $0.96pu$. وباستخدام العلاقة المشروحة سابقا تم حساب استطاعة الأحمال والمعاملات المميزة لها عند البارات C و B و A وللحالات المختلفة التالية.
 أولاً: دراسة أثر اختلاف الجهد على البار الأخير:

تم أخذ قيم مختلفة لجهد البار الأخير (C) ($v(1) = 1.1$; $v(1) = 0.85$; $v(1) = 0.96$) الموضح في الشكل (5) مع المحافظة على بقية المعطيات ثابتة وكانت النتائج الحسابية التي أعطاها البرنامج موضحة بالجدول (3). حيث نلاحظ من خلال هذا الجدول أن قيم المعاملات المميزة للبار الأخير لم تتغير عند تغير الجهد وذلك لعدم وجود تأثير للمفاعلات، بينما تغيرت المعاملات المميزة في بداية الإرسال للخطوط.

الجدول (3)

:Results =====	:Results =====	:Results =====
v (1)= 0.96 v (2)= 1.0120 v (3)= 1.0731	v (1)= 0.85 v (2)= 0.9088 v (3)= 0.9784	v (1)= 1.1 v (2)= 1.1454 v (3)= 1.1982
* End of Line (1) * Pn (1)= 0.76 Qn (1)= 0.5 pv (1)= 1.3184 pw (1)= 0.5753 qv (1)= 1.994 qw (1)= -1.397	* End of Line (1) * Pn (1)= 0.76 Qn (1)= 0.5 pv (1)= 1.3184 pw (1)= 0.5753 qv (1)= 1.994 qw (1)= -1.397	* End of Line (1) * Pn (1)= 0.76 Qn (1)= 0.5 pv (1)= 1.3184 pw (1)= 0.5753 qv (1)= 1.994 qw (1)= -1.397
* Send of Line (1) * Pn (2,0)= 0.76 Qn (2,0)= 0.5898 pv (2,0)= 1.3188 pw (2,0)= 0.5753 qv (2,0)= 1.8500 qw (2,0)= -1.0382	* Send of Line (1) * Pn (2,0)= 0.76 Qn (2,0)= 0.6145 pv (2,0)= 1.3189 pw (2,0)= 0.5753 qv (2,0)= 1.8178 qw (2,0)= -0.9578	* Send of Line (1) * Pn (2,0)= 0.76 Qn (2,0)= 0.5683 pv (2,0)= 1.3187 pw (2,0)= 0.5753 qv (2,0)= 1.8802 qw (2,0)= -1.1134
* End of Line (2) * Pn (2)= 1.37	* End of Line (2) * Pn (2)= 1.37	* End of Line (2) * Pn (2)= 1.37

$Q_n(2)= 1.0298$ $p_v(2)= 1.3549$ $p_w(2)= 0.3637$ $q_v(2)= 2.4443$ $q_w(2)= -1.0219$ * Send of Line (2) * $P_n(3,0)= 1.37$ $Q_n(3,0)= 1.2018$ $p_v(3,0)= 1.3215$ $p_w(3,0)= 0.3637$ $q_v(3,0)= 2.2517$ $q_w(3,0)= -0.7715$ *End of Line (3) * $P_n(3)= 2.17$ $Q_n(3)= 1.7018$ $p_v(3)= 1.2398$ $p_w(3)= 0.5982$ $q_v(3)= 1.9427$ $q_w(3)= -0.7505$ *****	$Q_n(2)= 1.0545$ $p_v(2)= 1.3550$ $p_w(2)= 0.3637$ $q_v(2)= 2.4115$ $q_w(2)= -0.9754$ * Send of Line (2) * $P_n(3,0)= 1.37$ $Q_n(3,0)= 1.2716$ $p_v(3,0)= 1.3164$ $p_w(3,0)= 0.3637$ $q_v(3,0)= 2.1911$ $q_w(3,0)= -0.6840$ * End of Line (3) * $P_n(3)= 2.17$ $Q_n(3)= 1.7716$ $p_v(3)= 1.2366$ $p_w(3)= 0.5982$ $q_v(3)= 1.9114$ $q_w(3)= -0.6885$ *****	$Q_n(2)= 1.0083$ $p_v(2)= 1.3549$ $p_w(2)= 0.3637$ $q_v(2)= 2.4739$ $q_w(2)= -1.0639$ * Send of Line (2) * $P_n(3,0)= 1.37$ $Q_n(3,0)= 1.1407$ $p_v(3,0)= 1.3271$ $p_w(3,0)= 0.3637$ $q_v(3,0)= 2.3122$ $q_w(3,0)= -0.8565$ *End of Line (3) * $P_n(3)= 2.17$ $Q_n(3)= 1.6407$ $p_v(3)= 1.2434$ $p_w(3)= 0.5982$ $q_v(3)= 1.9732$ $q_w(3)= -0.8088$ *****
--	---	--

ثانياً: دراسة أثر المفاعلات على قيم المعاملات المميزة:

تم تغيير قيم المفاعلة لخط النقل الواصل بين البارين الأخيرين ($X_{12}=0.05$; $X_{12}=0.1$; $X_{12}=0.15$) مع المحافظة على بقية المعطيات ثابتة وكانت النتائج الحسابية التي أعطاها البرنامج موضحة بالجدول (4). حيث نلاحظ من خلال هذا الجدول ازدياد هبوط الجهد بازدياد المفاعلة، وأن قيم p_w و p_v لم تتغير بينما تغيرت قيم q_w و q_v .

الجدول (4)

X12=0.05 :Results =====	X12=0.1 :Results =====	X12=0.15 :Results =====
$v(1)= 0.96$ $v(2)= 0.9860$ $v(3)= 1.0459$	$v(1)= 0.96$ $v(2)= 1.0120$ $v(3)= 1.0731$	$v(1)= 0.96$ $v(2)= 1.038125$ $v(3)= 1.1002$
* End of Line (1) * $P_n(1)= 0.76$ $Q_n(1)= 0.5$ $p_v(1)= 1.3184$ $p_w(1)= 0.5753$ $q_v(1)= 1.994$ $q_w(1)= -1.397$	* End of Line (1) * $P_n(1)= 0.76$ $Q_n(1)= 0.5$ $p_v(1)= 1.3184$ $p_w(1)= 0.5753$ $q_v(1)= 1.994$ $q_w(1)= -1.397$	* End of Line (1) * $P_n(1)= 0.76$ $Q_n(1)= 0.5$ $p_v(1)= 1.3184$ $p_w(1)= 0.5753$ $q_v(1)= 1.994$ $q_w(1)= -1.397$
* Send of Line (1) * $P_n(2,0)= 0.76$ $Q_n(2,0)= 0.5449$ $p_v(2,0)= 1.3186$ $p_w(2,0)= 0.5753$ $q_v(2,0)= 1.9161$	* Send of Line (1) * $P_n(2,0)= 0.76$ $Q_n(2,0)= 0.5898$ $p_v(2,0)= 1.3188$ $p_w(2,0)= 0.5753$ $q_v(2,0)= 1.8500$	* Send of Line (1) * $P_n(2,0)= 0.76$ $Q_n(2,0)= 0.6347$ $p_v(2,0)= 1.3190$ $p_w(2,0)= 0.5753$ $q_v(2,0)= 1.7934$

qw (2,0)= -1.2028 * End of Line (2) * Pn (2)= 1.37 Qn (2)= 0.9849 pv (2)= 1.3548 pw (2)= 0.3637 qv (2)= 2.5079 qw (2)= -1.1122 * Send of Line (2) * Pn (3,0)= 1.37 Qn (3,0)= 1.1605 pv (3,0)= 1.3165 pw (3,0)= 0.3637 qv (3,0)= 2.2881 qw (3,0)= -0.8346 * End of Line (3) * Pn (3)= 2.17 Qn (3)= 1.6605 pv (3)= 1.2367 pw (3)= 0.5982 qv (3)= 1.9604 qw (3)= -0.7940 *****	qw (2,0)= -1.0382 * End of Line (2) * Pn (2)= 1.37 Qn (2)= 1.0298 pv (2)= 1.3549 pw (2)= 0.3637 qv (2)= 2.4443 qw (2)= -1.0219 * Send of Line (2) * Pn (3,0)= 1.37 Qn (3,0)= 1.2018 pv (3,0)= 1.3215 pw (3,0)= 0.3637 qv (3,0)= 2.2517 qw (3,0)= -0.7715 * End of Line (3) * Pn (3)= 2.17 Qn (3)= 1.7018 pv (3)= 1.2398 pw (3)= 0.5982 qv (3)= 1.9427 qw (3)= -0.7505 *****	qw (2,0)= -0.8969 * End of Line (2) * Pn (2)= 1.37 Qn (2)= 1.0747 pv (2)= 1.3550 pw (2)= 0.3637 qv (2)= 2.3860 qw (2)= -0.9391 * Send of Line (2) * Pn (3,0)= 1.37 Qn (3,0)= 1.2434 pv (3,0)= 1.3261 pw (3,0)= 0.3637 qv (3,0)= 2.2168 qw (3,0)= -0.7119 * End of Line (3) * Pn (3)= 2.17 Qn (3)= 1.7434 pv (3)= 1.2427 pw (3)= 0.5982 qv (3)= 1.9252 qw (3)= -0.7085 *****
---	---	---

ثالثاً: مكافئة الأحمال المتماثلة الموصلة إلى أحد البارات:

عند مكافئة الأحمال المتماثلة (مجموعة من المحركات المتماثلة) الموصلة إلى أحد البارات فإن قيم المعاملات المميزة المكافئة لهذا البار تكون مساوية إلى نفس قيم المعاملات المميزة لأحد هذه الأحمال وذلك بصرف النظر عن عدد هذه الأحمال ولا تتعلق قيم المعاملات المميزة المكافئة بجهد البار. وهذا ما يبينه الجدول (6) الناتج عن إدخال عدد من الأحمال المتماثلة إلى البرنامج.

الجدول (6)

:Results ===== v (1)= 0.96 * End of Line (1) * Pn (1)= 0.84 Qn (1)= 0.6 pv (1)= 1.8 pw (1)= 0.2 qv (1)= 2.2 qw (1)= -0.91 ***** *	:Results ===== v (1)= 0.8 * End of Line (1) * Pn (1)= 0.84 Qn (1)= 0.6 pv (1)= 1.8 pw (1)= 0.2 qv (1)= 2.2 qw (1)= -0.91 ***** *
--	---

بشكل عام يظهر من خلال النتائج أيضاً أن المعاملات المميزة للاستطاعة الفعلية تبدي تأثيراً أقل بمفاعله المغذي من ذلك التأثير الذي تظهره المعاملات المميزة للاستطاعة الرديئة.

الاستنتاجات والتوصيات:

يأخذ تمثيل الأحمال الكهربائية أهمية كبيرة، خاصة عند دراسة الاستقرار باستخدام النمذجة. يمكن استخدام النموذج المبين في هذا البحث في دراسة الشبكات الكهربائية الشعاعية التي تتم على الحاسب، حيث يمكن تطبيقها على جميع أنواع الأحمال في الحالة الساكنة، كما يمكن استخدامه لحساب استجابة الأحمال الديناميكية الناتجة عن التغيرات البسيطة في خصائص العزم والعتالة الداخلية للمحرك القائد للألة التوافقية. ومن خلال نتائج التطبيق ندون ما يلي:

- ✓ عدم تغير قيم المعاملات المميزة للبار الأخير عند تغير الجهد وذلك لعدم وجود تأثير للمفاعلات، بينما تغيرت المعاملات المميزة في بداية الإرسال للخطوط.
- ✓ عند تغير مفاعلة الخطوط لا تتغير قيم p_V و p_ω بينما تتغير قيم q_V و q_ω .
- ✓ تكون قيم المعاملات المميزة المكافئة لبار موصل إليه عدد من الأحمال المتماثلة مساوية إلى نفس قيم المعاملات المميزة لأحد هذه الأحمال وذلك بصرف النظر عن عدد هذه الأحمال ولا تتعلق قيم المعاملات المميزة المكافئة بجهد البار.
- ✓ قامت معظم الدول بإجراء قياسات فعلية على أنواع مختلفة من الأحمال سواء كانت أحمال افرادية (تجهيزات كهربائية، محركات كهربائية محولات وغير ذلك) أو أحمال ممثلة بمناطق استهلاك (مناطق سكنية - صناعية - تجارية...) وذلك بغية تحديد المعاملات المميزة لمثل هذه الأحمال، لذلك أقترح أن يتم إجراء مثل القياسات في بلدنا لتكون في متناول الباحثين الذين يتناولون مثل هذه المواضيع مستقبلا.

المراجع:

- 1.ZHU, S. Z; ZHENG, L H.; SHEN, S. D. and LUO, G. M. *Effect of Load Modeling on Voltage Stability*. IEEE/PES Summer Meeting, Vol. 1, 2000,395- 400.
- 2.MONGE, L. M.. *Effect of Distributed Energy Storage Systems In The Voltage Stability of Island Power System*. Master of Science in Elec. Engineering of University of Puerto Rico, 2006.
- 3.SIVANAGARAJU, S.; SREENIVASULU, N.; VIJAYAKUMAR, M., *Voltage Stability for Radial Distribution Networks*. IE(I) Journal-EL Vol. 84, December 2003,166- 172.
- 4.AREE, P., *Effects of Static and Dynamic Load Models on Power System Load Representation*. Thammasat Int J.ScTech.,Vol.7, No.3, Sept.-December, 2002,1-7.
5. IEEE Task Force, *Load Representation for Dynamic Performance Analysis*. IEEE PWRS, Vol. 8, No.2,1993, 472-482.