

صياغة تابع الهدف لإيجاد الحلول المثلى
لشبكات الطاقة الكهربائية في المناطق

د. عبد الله سعيد

أستاذ مساعد في كلية الهندسة
الميكانيكية والكهربائية
جامعة تشرين

يهدف البحث إلى صياغة التابع المعياري لإيجاد الحل الأمثل لنظم شبكات الطاقة الكهربائية في المناطق . ولتحقيق هذا الهدف لابد من اعتماد الحسابات الاقتصادية على النموذج الرياضي الذي يأخذ بالاعتبار جميع العناصر الأساسية المكونة للشبكات . يتم الحصول على القيم المثلى للمقادير المميزة للشبكات الطاقة الكهربائية في المناطق من تعيين النهاية الصغرى لتابع الهدف مع مراعاة القيود الفنية .

ولقد تم في هذا البحث تشكيل التابع المعياري من مؤشر فعالية الاستثمار وذلك عن طريق التعبير عن التكاليف الاستثمارية وتكاليف الضياعات بدلالة المقادير المميزة .

ولتحقيق هذا الهدف يجب وضع نموذج يأخذ بالاعتبار جميع العناصر الأساسية للشبكات وتعتمد أبحاث الحلول المثلى بهذه الطريقة على التنقيب عن القيم الأكثر فائدة للمقادير المميزة للشبكات . ولتشكيل التابع المعياري يؤخذ مؤشر فعالية الاستثمار . ويتم الحصول على الصيغة العامة للتابع المعياري عن طريق التعبير عن التكاليف الاستثمارية وكذلك تكاليف ضياعات الاستطاعة والقدرة بدلالة تابع المقادير المميزة . ويتحدد الحل المثالي لنظام الشبكة بالاعتماد على الصياغة الخاصة للتابع المعياري آخذيـن بالاعتبار في نفس الوقت القيود الفنية .

١- مقدمة :
يمكن البحث عن الحلول المثالية لنظم شبكات الطاقة الكهربائية بطريقتين :
الطريقة الأولى :
المقارنة الاقتصادية لعدة حلول مختلفة لتصاميم نظم الشبكات أو عبر الحسابات الاقتصادية ، التي تعتمد على النماذج الرياضية . ولكن الأبحاث المنفذة بواسطة المقارنة الاقتصادية للحلول المختلفة لتكفي لتحديد الحلول المثالية لأن البحث يقتصر على عدد محدد من البدائل ومن هنا كانت
الطريقة الثانية :
التي تقوم على الحسابات الاقتصادية بالاعتماد على النموذج الرياضي للشبكة

٢- الافتراضات :

تشمل المسألة المطروحة للشبكة الريفية

العناصر التالية :

- شبكة التوتر العالي (H.V.) ٦٦ أو ٢٢٠

كيلو فولت .

- نقاط التغذية الرئيسية .

- شبكة التوتر المتوسط (M.V.) ٢٠

كيلو فولت .

حيث لم يؤخذ بالاعتبار كل من مراكز

التحويل (M.V./L.V.) وشبكة التوتر

المنخفض .

إن استطاعة تلك المراكز وعددها

وكذلك أطوال خطوط التوتر المنخفض (L.V.)

ومقاطعها ، تأتي بالدرجة الأولى من حجم

القرى وعددها وأماكن توضعها . ففي معظم

القرى يوجد مركز تحويل وحيد، يمكن

اعتباره نقطة حمولة لشبكة التوتر المتوسط .

ولهذا أيضا يمكن القول ، إن تأثير

شبكة التوتر المنخفض على شبكة

التوتر المتوسط أو العالي غير مهم

ويمكن إهماله .

شبكة التوتر العالي المعتبرة في

هذه الدراسة هي شبكة هوائية أحادية

الدارة . أما نقاط التغذية الرئيسية

فقد اعتبرت ثنائية المحولات (تحوي

محولتين) . ويبين الرسمان ١ و ٢

المخططين لنقطتي تغذية رئيسية

حيث يخرج من نقطة التغذية الرئيسية

الى الجوار مجموعة من الخطوط الرئيسية ذات

التوتر المتوسط ، ويبلغ عددها الوسطي n .

لاتؤخذ بالاعتبار الخطوط المغذية للأحمال

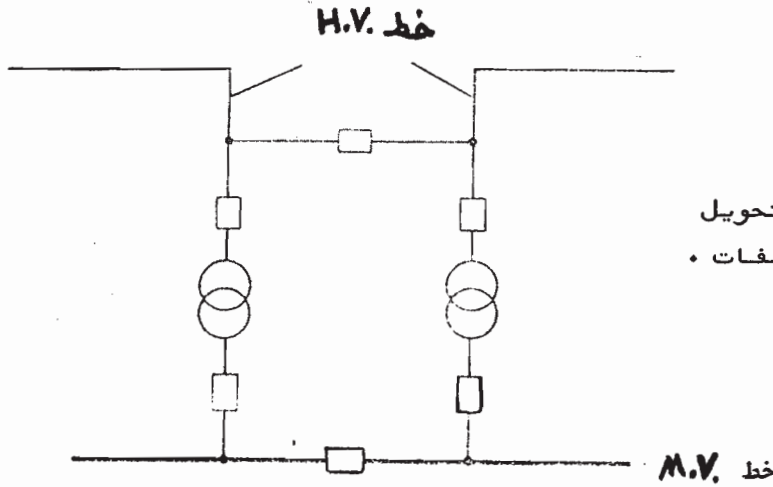
المركزة المتوضعة بالقرب من نقطة التغذية

الرئيسية مثل الخطوط التي تغذي مدينة

يتواجد فيها نقطة تغذية رئيسية . ويوضح

الرسم ٣ النموذج المعتبر في هذا البحث لشبكة

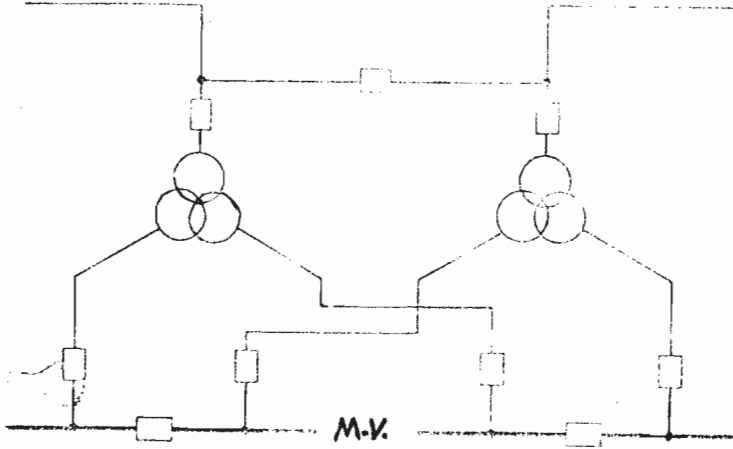
التوتر المتوسط .



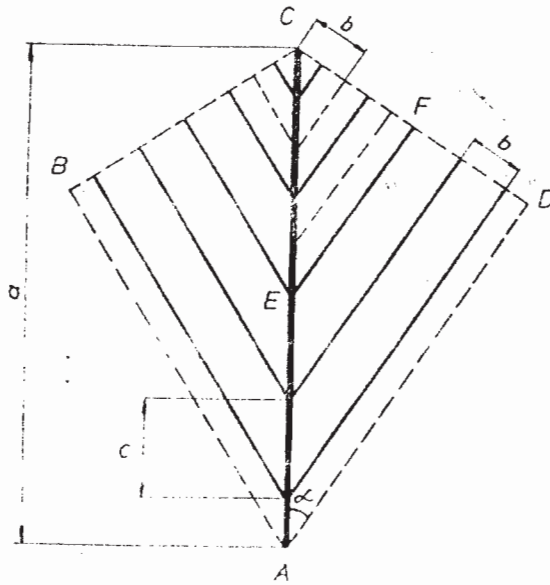
رسم ١ / المخطط الرمزي لمحطة تحويل

(HV/ MV) بمحولات ثنائية الملفات .

خط H.V.



رسم /٢/ : المخطط الرمزي لمحطة
تحويل (HV/MV) بمحولات مجزأة
الملفات



رسم /٣/ : نموذج شبكة التوتر المتوسط
خط رئيسي ذو توتر متوسط : AC
خط جانبي ذو توتر متوسط : EF

٣- المقادير المميزة لشبكات الطاقة

الكهربائية في المناطق :

يمكن توسيع شبكات المناطق بمساعدة

البارامترات التالية :

- عدد المحولات في نقطة التغذية الرئيسية .
- الاستطاعة الاسمية للمحولات (HV/LV) .
- عامل تحميل المحولات .
- عدد نقاط التغذية الرئيسية المغذاة
- بخط واحد ذي توتر عال .

في هذا النموذج ، نقطة التغذية

الرئيسية توجد في النقطة A ، ومنها

يخرج خط رئيس للتوتر المتوسط AC . ومن

الخط الرئيس AC تتفرع خطوط عرضانية

(جانبية) ذات توتر متوسط ، حيث

المسافات بينها هي C ، علماً بأنه

اعتبرت المسافة بين التفرعة الأولى

والنقطة A نصف ذلك التباعد أي : (0,5C) .

A_i - القدرة المزودة بواسطة العنصر خلال سنة .

هـ - التكاليف الاستثمارية :

يمكن حساب التكاليف الاستثمارية للخطوط من القانون :

$$I_i = 1 \cdot C_L \quad (2)$$

حيث :

1 - طول الخطوط مقدر بـ (Km) .

C_L - الكلفة الواحدية للخطوط وهي تتعلق بنوع الخط ومقطع نواقله مقدر بـ (S.P.10 / Km) .

ويمكن التعبير عن طول خطوط التوتير العالي الواقعة على واحدة من نقاط التغذية الرئيسية وسطياً بالعلاقة التالية :

$$l_1 = W_1 \sqrt{Q} \quad (3)$$

حيث :

W_1 - عامل زيادة طول خطوط التوتير العالي بسبب المعوقات الطبيعية (التضاريس مثلا) .

Q - مساحة المنطقة المغذاة من نقطة التغذية الرئيسية مقدر بـ (Km²) .
فإذا افترضنا وجود محولتين في نقطة التغذية الرئيسية ، يمكن تحديد مساحة المنطقة المغذاة من تلك النقطة بواسطة المعادلة :

$$Q = \frac{2 \cdot S_t \cdot K_t \cdot K_r}{G \cdot 10^{-3}} \quad (4)$$

حيث :

S_t - الاستطاعة الاسمية لمحولات

(HV/MV) مقدر بـ (MVA) .

G - الكثافة السطحية للحمولة الموزعة

مقدر بـ (KVA / Km²) .

K_t - عامل الاستفادة من استطاعة

المحولات عند ذروة تحميلها .

K_r - عامل يحدد مشاركة الحمولة الموزعة

- عدد الخطوط الرئيسية ذات التوتير المتوسط الخارجة من نقطة التغذية الرئيسية .

- عدد الفروع في الخطوط الرئيسية ذات التوتير المتوسط .

- مقاطع نواقل الخطوط .

من بين البارامترات المعدة آنفاً

اختيرت المقادير التالية كمتغيرات مستقلة (غير تابعة) :

t - عدد نقاط التغذية الرئيسية المغذاة من خط واحد (HV) ، أثناء نظام العمل الطبيعي .

S_t - الاستطاعة الاسمية لمحولات (HV/MV) .

K_t - عامل تحميل المحولات .

n - عدد الخطوط الرئيسية (MV) الخارجة

من نقطة التغذية الرئيسية .

S_1 - مقطع نواقل خطوط HV .

S_2 - مقطع نواقل الخطوط الرئيسية MV .

S_3 - مقطع نواقل الخطوط الجانبية MV .

أما بقية المقادير المميزة فقد

حددت في التابع المعتمد كمقادير غير

مستقلة أو اعتبرت بمثابة ثوابت (عدد

المحولات في نقطة التغذية الرئيسية) .

ع- معادلة التكاليف :

بغية الوصول إلى النموذج الأمثل

للشبكة فقد صيغ تابع الهدف كمؤشر الفعالية

الاستثمارية :

$$E = \sum_{i=1}^N \frac{I_i \cdot m_i + K_i}{A_i} \quad (1)$$

حيث :

I_i - الكلفة الاستثمارية لعنصر الشبكة .

K_i - كلفة ضياعات الاستطاعة والقدرة

في عنصر الشبكة .

m_i - الأقساط السنوية من التكاليف

الاستثمارية .

تغذية نقطة تغذية رئيسية واحدة، بالقانون :

$$l_3 = l_0 \cdot Q \quad (9)$$

حيث :

l_0 - الطول الواحد للخطوط الفرعية
 ذات التوتر المتوسط مقدراً
 بـ (Km / Km²)

وبعد اعتبار القانونين 4 و 9 ،
 فإن التكاليف الاستثمارية للخطوط الفرعية

ذات التوتر المتوسط ، تساوي :

$$I_{L3} = \frac{2S_t \cdot K_t \cdot K_r \cdot l_0 \cdot C_{L3}}{G} \cdot 10^3 \quad (10)$$

حيث :

C_{L3} - الكلفة الواحدة للخطوط الفرعية
 ذات التوتر المتوسط وتقدر
 بـ (S.P.10³ / Km)

وتتألف التكاليف الاستثمارية لنقطة
 التغذية الرئيسية من تكاليف المحولات
 وتكاليف تجهيزات التوزيع للتوترين العالي
 والمتوسط :

$$I_{GPZ} = 2C_t + C_{RHV} + (3C_w + 2C_p) \cdot d \quad (11)$$

حيث :

C_t - كلفة محولة واحدة بـ [S.P.10³]
 C_{RHV} - كلفة تجهيزات التوزيع ذات التوتر
 العالي بـ [S.P.10³]

C_w - كلفة خلية واحدة ذات توتر
 متوسط ، مجهزة بقاطع آلي .
 C_p - كلفة خلية قياس واحدة ذات توتر
 متوسط .

d - مؤشر متعلق بنوع المحولات وهو
 يقدر بواحد للمحولات الشنائية
 والملفات . وبأثنين للمحولات ذات
 الملفات المجزأة من جهة التوتر
 المتوسط .

والقانون التالي يحدد التكاليف
 الاستثمارية للخلايا الخطية في موزع التوتر

في المنطقة في حمولة نقطة
 التغذية الرئيسية .

وبالاعتماد على 3 و 4 فإن
 معادلة التكاليف الاستثمارية لخطوط
 التوتر العالي (HV) تأخذ الشكل :

$$I_{L1} = W_1 C_{L1} \sqrt{\frac{2S_t \cdot K_t \cdot K_r}{G} \cdot 10^3} \quad (5)$$

ويمكن التعبير عن طول الخطوط
 الرئيسية للتوتر المتوسط (MV) الواقعة
 على نقطة تغذية رئيسية واحدة وسطيّاً
 بالقانون :

$$l_2 = n \cdot a \cdot W_2 \quad (6)$$

حيث :

n - عدد الخطوط الرئيسية الصادرة عن
 نقطة تغذية رئيسية .

W_2 - عامل زيادة طول خطوط التوتر
 المتوسط (MV) ، الناتج عن
 الشروط الطبيعية .

a - الطول النظري لنصف قطر الخطوط
 الرئيس (MV) مقدراً بـ (Km)
 ومحدداً بالقانون :

$$a = \sqrt{\frac{2Q}{n \sin \frac{2\pi}{n}}} \quad (7)$$

وبعد ملاحظة القوانين 4 و 6 و 7
 فإن معادلة التكاليف الاستثمارية
 للخطوط الرئيسية (MV) ، تأخذ الشكل :

$$I_{L2} = 2n \cdot W_2 \cdot C_{L2} \sqrt{\frac{S_t \cdot K_t \cdot K_r \cdot 10^3}{n \cdot G \cdot \sin \frac{2\pi}{n}}} \quad (8)$$

حيث :

C_{L2} - الكلفة الواحدة للخطوط الرئيسية
 (MV) مقدرة بـ [SP.10³/Km]

ويمكن تحديد الطول الفعلي للخطوط الفرعية
 ذات التوتر المتوسط المنتشرة في منطقة

$$K_1 = 14,8 \cdot W_1 \cdot R_1' (K_{P_1} + \tau_1 K_{A_1})$$

$$\frac{S_t^5 \cdot K_t^5 \cdot K_r}{t} \sum_{i=1}^t i^2 \quad (15)$$

ويمكن التعبير عن ضياعات الاستطاعة في الخطوط الرئيسية ذات التوتر المتوسط ومن أجل النموذج المعطى في الرسم 3 بالقانون :

$$\Delta P_{L_2} = n \cdot C \cdot W_2 \cdot R_2' \frac{\sum_{i=1}^{Z-1} S_i^2 + \frac{1}{2} S_Z^2}{v^2} \cdot 10^3$$

حيث :

- R_2' - المقاومة الواحدية لنواقل خطوط التوتر المتوسط ، مقدره بـ (Ω / Km) .
- C - طول جزء الخط الرئيس ذي التوتر المتوسط بين نقاط التفريع مقدرأ بـ (Km) .
- Z - عدد أجزاء الخط الرئيس ذي الطول C .
- S_i - حمولة الجزء i من الخط الرئيس ذي التوتر المتوسط مبتدئين بالعدد من آخر نقطة تفريع ، مقدره بـ (MVA) .
- S_Z - حمولة الجزء Z

وبما أن :

$$S_i = S_1 \cdot i^2 = \frac{b^2 \cdot G \cdot i^2}{K_u \cdot t \cdot g \cdot \frac{\pi}{n}} \cdot 10^{-3} \quad (17)$$

وأن :

$$S_Z = S_1 \cdot Z^2 = \frac{b^2 \cdot Z^2 \cdot G}{K_u \cdot t \cdot g \cdot \frac{\pi}{n}} \cdot 10^{-3} \quad (18)$$

فإن :

$$\sum_{i=1}^{Z-1} S_i^2 + \frac{1}{2} S_Z^2 = \frac{b^4 \cdot G^2 \cdot 10^{-6}}{2 K_u^2 t^2 g \cdot \frac{\pi}{n}} (2 \sum_{i=1}^Z t^{4-Z^4}) \quad (19)$$

حيث :

- S_1 - حمولة الجزء الأول من الخط الرئيس

المتوسط لنقطة التغذية الرئيسة :

$$I_{RL} = n \cdot C_w \quad (12)$$

٦- تكاليف ضياعات الاستطاعة والقدرة :

تحدد التكاليف السنوية لضياعات

الاستطاعة والقدرة في الخطوط بالقانون :

$$K_L = \Delta P_L (K_P + \tau K_A) \quad (13)$$

حيث :

- P_L - الضياعات الأعظمية للاستطاعة في الخطوط مقدره بـ (KW)

- K_P - التكاليف الواحدية للاستطاعة مقدره بـ ($\text{S.P.} \cdot 10^3 / \text{KW}$) .

- K_A - التكاليف الواحدية للقدرة مقدره بـ ($\text{S.P.} \cdot 10^3 / \text{KWh}$) .

- τ - الزمن السنوي لاستمرار الضياعات

الأعظمية مقدرأ بـ (h./Year) .

ويمكن التعبير عن ضياعات الاستطاعة

في خطوط التوتر العالي الواقعة على

نقطة تغذية رئيسة واحدة بالقانون :

$$P_{L_1} = 3R_1' \cdot 1_1 \left(\frac{2S_t \cdot K_t}{\sqrt{3} V_{HV}} \right)^2 \cdot \frac{1}{t} \sum_{i=1}^t i^2 \cdot 10^3 \quad (14)$$

حيث :

- R_1' - المقاومة الواحدية لنواقل خطوط

التوتر العالي مقدره بـ (Ω / Km) .

- t - عدد نقاط التغذية الرئيسة المغذاة

شعاعياً من خط واحد للتوتر العالي

في نظام العمل الطبيعي .

- 1_1 - طول جزء خط التوتر العالي الواصل

بين نقطتي تغذية رئيسة

متتاليتين .

وبعد اعتبار القوانين 3 و 4 و 14

فإنه يمكن التعبير عن تكاليف ضياعات

الاستطاعة والقدرة في خطوط التوتر العالي

(HV) ، الواقعة على نقطة تغذية رئيسة

واحدة بالعلاقة :

حيث :

l_i - طول الجزء من الخط الجانبي مقدراً
بـ (Km) والمعين بالقانون :

$$l_i = \frac{b (2i - 1)}{2t_g \frac{\pi}{n}} \quad (25)$$

وكذلك :

S_i - حولة الجزء i من الخط الجانبي
مقدرة بـ (MVA) والمعينة بالقانون

$$S_i = \frac{b^2 G (2i-1) \cdot 10^{-3}}{2K_w t_g \frac{\pi}{n}} \quad (26)$$

وبعد مقارنة القوانين 21, 24, 25, 26 فإننا نحصل على الصيغة التالية لتكاليف ضياعات الاستطاعة والقدرة في الخطوط الجانبية للتوتر المتوسط .

$$K_{L3} = \frac{\sqrt{2} W_2 R_3' \cdot 10^3}{3U^2 K_u^2 Z^5} \sqrt{\frac{S_t^5 K_t^5 K_r^5 \cdot 10^3}{G n^3 t_g \frac{\pi}{n}}} \sum_{i=1}^Z ((2i-1)^3) (K_{P2} + \tau_2 K_{A2}) \quad (27)$$

ويمكن تحديد تكاليف ضياعات الاستطاعة والقدرة في المحولات بالقانون :

$$K_T = 2 \Delta P_o K_t^2 (K_{P3} + \tau_3 K_{A3}) + 2 \Delta P_j (K_{P3} + \tau_r \cdot K_{A3}) \quad (28)$$

حيث :

ΔP_o - الضياعات الاسمية للاستطاعة الفعلية

في ملفات المحولة مقدرة بـ (KW)

ΔP_j - ضياعات الاستطاعة الفعلية في نواة

المحولة مقدرة بـ (KW)

K_{P3} - التكاليف الواحدية للاستطاعة

بـ (S.P. 10^3 / KW)

K_{A3} - التكاليف الواحدية للقدرة بـ :
(S.P. 10^3 / KWh)

τ_3 - الزمن السنوي لاستمرار الضياعات
الأعظمية بـ (h./ year)

ذي التوتر المتوسط مقدرة بـ (MVA)

b - المسافة بين الخطوط الفرعية ذات

التوتر المتوسط مقدرة بـ (Km)

K_u - عامل مشاركة حمولة الذروة لخط

التوتر المتوسط في ذروة حمولة

نقطة التغذية الرئيسية .

وبما أن :

$$n \cdot (b \cdot Z)^2 \cdot C_t \frac{\pi}{n} = G \quad (20)$$

فإن المسافة بين الخطوط الجانبية

للتوتر المتوسط سوف تكون مساوية لـ :

$$b = \frac{1}{Z} \sqrt{\frac{G}{n} t_g \frac{\pi}{n}} \quad (21)$$

بينما تكون المسافة بين نقطتي تغريب

من الخط الرئيس مساوية لـ :

$$C = \frac{b}{\sin \frac{\pi}{2}} = \frac{1}{Z} \sqrt{\frac{2G}{n \sin \frac{2\pi}{n}}} \quad (22)$$

وبعد اعتبار القوانين 4 ، 16

19 ، 21 ، 22 فإن صياغة تكاليف

ضياعات الاستطاعة والقدرة في الخطوط

الرئيسية للتوتر المتوسط سوف تأخذ الشكل :

$$K_{L2} = \frac{4w_2 \cdot R_2' \cdot 10^3}{V^2 Z^5 K_u^2} \sqrt{\frac{S_t^5 K_t^5 K_r^5 \cdot 10^3}{n^3 G \sin \frac{2\pi}{n}}} \left(2 \sum_{i=1}^Z i^4 - Z \right) (K_{P2} + \tau_2 K_{A2}) \quad (23)$$

ويمكن التعبير عن ضياعات الاستطاعة

في الخطوط الجانبية للتوتر المتوسط

بافتراض التوزيع المستمر للحمولة وفق

أطوالها حسب النموذج المعتمد للشبكة

بالقانون :

$$\Delta P_{L3} = \frac{2nR_3'}{3V^2} \sum_{i=1}^Z S_i^2 \cdot l_i \cdot 10^3 \quad (24)$$

T_r - الزمن السنوي لعمل المحولات
ب (h./year) .

لقد تم تحديد مقدار الاستطاعة المغذاة خلال السنة عن طريق خطوط التوتير المتوسط في المنطقة بالقانون :

$$Ar = 2 \cdot S_{\tau} \cdot K_{\tau} \cdot K_r \cdot T \cdot \cos \varphi \quad (29)$$

بينما تم تحديده لبقية العناصر على النحو التالي :

$$A = 2 \cdot S_{\tau} \cdot K_{\tau} \cdot T \cdot \cos \varphi \quad (30)$$

علماً بأن :

T - الزمن السنوي لاستخدام استطاعة الذروة .

٧- المحددات الفنية (القيود الفنية) :
وللتأكد من اختيار الحل الأمثل من الحلول المقبولة فنياً ، فإنه يكون من الضروري بالنسبة للمقادير المميزة إدخال القيود الناتجة عن المتطلبات الفنية . وتشمل تلك القيود مقاطع نواقل الخطوط والاستطاعات الاسمية للمحولات وكذلك بارامترات أجهزة الوصل والتوزيع . يجب اختيار مقاطع نواقل الخطوط من وجهة نظر سخونة بالتيارات العملية وتيارات القصر وفقاً للقواعد التالية :

$$S_Z \leq S_Z \text{ dop}$$

$$S_r \leq \frac{P_2}{r_Z} \text{ dop}$$

علماً بأن :

S_r - حمولة العمل الطبيعي للخط
ب [MV.A] .

S_Z - استطاعة القصر ب [MV.A] .

$S_r \text{ dop}$ - حمولة العمل الطبيعي المسموحة للخط ب [MV.A] .

$S_Z \text{ dop}$ - استطاعة القصر المسموحة ب [MV.A] .

P_2 - عامل التحميل الزائد للخط عند الأعطال .

r_Z - عامل الاحتياط عند الأعطال .
ويفترض بالاستطاعات الاسمية للمحولات أن تكون مختارة ، بحيث لا تتجاوز عوامل تحميل المحولات ، سواء في العمل الطبيعي أو عند الأعطال ، وأن لا تتجاوز العوامل المسموحة للتحميل الزائد .

$$K_{\tau} \leq K_{\tau} \text{ dop}$$

٨- خاتمة :

نحصل على الشكل الخاص لتابع الهدف ، عندما نعوض في القانون 1 العلاقات المستخرجة المعبرة عن التكاليف الاستثمارية وتكاليف ضياعات الاستطاعة والقدرة وكذلك الكمية السنوية للقدرة المزودة ، وفي الوقت نفسه نأخذ القيم الواحديّة للتكاليف الاستثمارية للتجهيزات والقيم الواحديّة لتكاليف ضياعات الاستطاعة والقدرة وكذلك قيم العوامل الثابتة .

نحصل على القيم المثلى للمقادير المميزة لشبكات الطاقة الكهربائية في المناطق من تعيين النهاية الصغرى لتابع الهدف ، مع مراعاة القيود الفنية . إن الطريقة المفروضة سابقاً والخاصة بالبحث عن الحل المثلى لشبكات الطاقة الكهربائية في المناطق ، تسمح بتقرير التوجهات العامة لتصميم الشبكات ، مع القبول بانحرافات غير كبيرة .

ومهما يكن من أمر فلن تكون الشبكة منفذة ومستثمرة بأسلوب اقتصادي مجدٍ إلا عندما تتم المحافظة على الأسس الناجمة عن تلك الحسابات .

SUMMARY

The aim of this research is to form the criterion function and to find out the ideal solution for the systems of networks of electrical power in the regions. To achieve this aim, you have to take into account the economical calculations using the mathematical model which takes into consideration all the basic elements which make the networks .

You can get the ideal values of the typical quantities for the networks of electrical power in the regions from the determined minimum value of object function taking into account the technical conditions .

This research has obtained the criterion function of activity indicator for investment through the investment's costs and the costs of the losses by the function of typical quantities .

المراجع العربية

- ١- د. عبد الله سعيد : اقتصاديات نظم القدرة الكهربائية ، مطبوعات جامعة تشرين ١٩٨٨/١٩٨٧ .
- ٢- د. عبد الله سعيد . نظم القدرة الكهربائية - الجزء الثاني. مطبوعات جامعة تشرين ١٩٨٦/١٩٨٥ .

المراجع الأجنبية

- 1 - Kahl T.: Sieci elektroenergetyczne. WNT, Warszawa 1984 .
Wyd . II .
- 2- Kujszczyk S.: Nowoczesne metody obliczen elektroenergetycznych sieci rozdzielczych. WNT, Warszawa 1984 .
- 3- Markiewicz H., Wokkowinski K.: Urzadzenia elektroenergetyczne. WNT, Warszawa 1980 .
- 4- Niestepski S., pasternakiewicz J., Wisniewski T.: sieci i instalacje elektroenergetyczne. Zagadnienia wybrane . WPW, Warszawa 1983 , Wyd. II .
- 5- Ocena ekonomioznej efekywnosci inwestycji i innych Zamierzen rozwojowych. Zbior przepisow. PWE, Warszawa 1975. Wyd. 2 .