# تخطيط شبكات التوزيع الكهربائية باستخدام الحاسوب

د. مصطفى حزوني
كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية
جامعة دمشق

د. هاني محمد
كلية الهندسة، جامعة التحدي، سرت

## 1- مقدمة:

إن الـتطور العـلمي السريع وما يرافقه من تطور صناعي يتطلب من المشرفين عـلى أنظمـة القـدرة الكهربائية البحث عن حلول سريعة ودقيقة لدفع استطاعة هذه الأنظمـة ورفع وتيرة أدائها بتخطيطها وتصميمها وفق أسس علمية للوصول إلى الحل الأمثل.

تعتـبر شـبكات توزيـع الطاقة الكهربائية من أهم أجزاء نظام القدرة الكهربائي والـذي بـتخطيطه وتصـمميه بشكل دقيق وصحيح يرتفع أداء ووثوقية الشبكة بشكل ملحوظ، بحيث يضمن المستهلك وإلى حد كبير عدم انقطاع التغذية الكهربائية عنه.

إن القـائمين على التخطيط المثالي لشبكات التوزيع وخاصة في المدن تواجههم صعوبات عدة من أهمها تحديد المسارات الجديدة لخطوط توزيع القدرة، وازدياد أطوال الكـابلات الذي ينجم عنه مشاكل تقنية تتعلق بطريقة مد الكابلات وكهربائية ناجمة عن ازديـاد طول الخط الكابلي وطريقة وصل الكابلات مع بعضها البعض. لذلك كان البحث مستمراً عن طرق لتخطيط الشبكات يمكن أن يعطي حلاً أمثلاً. إن أفضل الطرق المتبعة حاليـاً فـي تخطيط الشبكات تعتمد أساليب البرمجة الخطية في حلها، ويمكن بشكل عام تصـنيف هـذه الطـرق فـي مجموعـتين من حيث نوع الشبكات التي تعالجها وهما:

- طرق خاصة بتخطيط الشبكات الشعاعية.
- طرق خاصة بتخطيط الشبكات المغلقة.

إن المجموعـة الأولى مـن الطـرق تشـمل الخوارزميات التي تعتمد على طريقة التوزيع والتحديد [1] و[2] إلا أن عيـب هـذه الخوارزميـات إنهـا في الغالب تسـتخدم علاقـات تناسب خطية بالإضافة إلى أنها تحتاج لوقت طويل في الحسابات العلمية. إلا أنها يمكن أن تعطي حـلاً أمـثلاً. مـن أشـهر خوارزميـات هذه المجموعة الخوارزميـة [3] المستخدمة لتخطيط شبكات ثنائية التوتر والـتي يمكـن أيضـاً تبنيها لتخطيط شبكات أحادية التوتر (بدون محولات).

المجموعة الثانية من الطرق تشمل أيضاً عدة خوارزميات أشهرها المسماة خوارزمية "Cykliikar"[2] التي تستخدم لحل مسألة تخطيط شبكة ذات توترين وخلال زمن قصير جداً. وبشكل عام في السنوات الأخيرة تم التوجه نحو استخدام خوارزميات المجموعة الثانية عند تخطيط شبكات نقل وتوزيع القدرة الكهربائية، حيث أن شبكات التوزيع أصبحت تصمم بشكل حلقي ولكنها تعمل بشكل شعاعي وذلك من أجل تأمين وثوقية عالية في تغذية المستهلك. إن خوارزميات المجموعة الثانية يمكن استخدامها لتخطيط وتصميم شبكة توزيع حلقية من الدرجة الأولى. أما الطريقة الحديثة والتي هي موضوع هذا البحث فيمكن استخدامها لتخطيط وتصميم شبكات التوزيع متعددة الحلقات [5] وإقرار الشكل الشعاعي الأمثل الذي يجب أن تعمل وفقهُ شبكة التوزيع خلال المرحلة الزمنية المختارة دون الأخذ بعين الاعتبار تطور الشبكة.

## 2- تخطيط وتصميم الشبكات متعددة الحلقات:

تعتمد الطريقة المقترحة بشكل أساسي على منهج البرمجة الديناميكية لـ (Bellman) [6] و[7]، ويمكن لها أن تستخدم في تخطيط الشبكات الحلقية المغذاة من منبع واحد أو منبعين مستقلين.

أولاً: تخطيط شبكات التوزيع الحلقية المغذاة من منبع واحد:

وفق هذه الطريقة يتم ربط جميع الأحمال في الحلقة إلى المنبع الوحيد شريطة أن تكون جميع الشروط التقنية محققة بالإضافة إلى أن تابع التكاليف يجب أن يملك قيمة أصغرية. إن تابع التكاليف (التابع الهدف) يأخذ الصيغة العامة التالية:

$$K = \min \sum_{\delta.j=1}^{m} K_j \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (1)$$

حيث:

$K_j$: قيمة التكاليف للخطوط وتأخذ الشكل التفصيلي التالي:

$$K_j = (\alpha_j + \beta_j . P_j^2).\delta_j \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (2)$$

إن صيغة تابع الهدف السابقة تتكون من الحدين التاليين:

1- حد التكاليف الثابتة الناتجة عن بناء الخطوط وهو التالي:

$$\alpha = i_s . K_d . L \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (3)$$

حيث:

$i_s$: ثابت التكاليف الثابتة.

$L$: طول الخط.

$K_d$: ثابت رفع التكلفة الذي يعتمد على طول الخط وهو خاص بالخطوط الكابلية.

2- حد التكاليف المتغيرة الناتجة عن ضياعات الاستطاعة والقدرة ويحدد بالعلاقة التالية:

$$K_{zm} = k_p (\Delta P_{max} + k_e . \Delta Q_{max}) + k_a \Delta A \quad .. (4)$$

حيث:

$\Delta P_{max}$: الضياعات الأعظمية للاستطاعة الفعلية في العام الواحد.

$\Delta Q_{max}$: الضياعات الأعظمية للاستطاعة الردية في العام الواحد.

$\Delta A$: ضياعات القدرة في العام الواحد.

$K_p$: التكاليف الواحدية لضياعات الاستطاعة الفعلية.

$K_a$: التكاليف الواحدية لضياعات القدرة.

$k_e$: معامل الاستطاعة الردية.

عـندما يكـون $\Delta Q_{max} < 0.6\ \Delta P_{max}$ فإن ضياعات الاسـتطاعة الـردية يمكن إهمالها. وعملياً غالباً ما يتحقق هـذا الشرط وبالتالي فإن حد التكاليف المتغيرة يأخذ الشكل التالي:

$$K_{zm} = k_p.\ \Delta P_{max} + k_a.\ \Delta A$$

$$= \Delta P_{max}\ (k_p + \tau.\ K_a.\ t_r/8760) \quad \ldots\ldots\ (5)$$

حيث:

$\tau$: زمن دوام الضياعات الأعظمية.

$\tau_r$: الزمن السنوي لعمل الأجهزة (للشبكات $t_r$ = 8760) وبالتالي:

$$K_{zm} = \Delta P_{max}\ (k_p + \tau.\ K_a) \quad \ldots\ldots\ (6)$$

حيث:

$$.L)r'\ \Delta P_{max} = P^2 / (U^2. \quad \ldots\ldots\ (7)$$

وبمقارنة العلاقات (2) و(6) و(7) نجد أن:

$$.\ L / U^2 r' \beta = (k_p + \tau\, k_a). \quad \ldots\ldots\ (8)$$

حيث:

$r'$: المقاومة الواحدية.

$\beta$: ثابت التكاليف المتغيرة.

إن أصـغر قيمة لعلاقة الهدف cel function يجب أن تحصل عند تحقيق الشروط التقنية المتعلقة بشكل الشبكة المخططة ومن هذه الشروط:

**1- قانون كيرشوف الأول:**

$$\sum_{j=1}^{m_{jv}} A_{i,j} P_j + P_i' = 0 \quad \ldots\ldots\ (9)$$

i = 1, 2, ... n

**2- قانون كيرشوف الثاني:**

$$\sum_{j=1}^{m_{jv}} G_{i,j} \Delta U_j + (P_j) = 0 \quad \ldots\ldots\ (10)$$

$$i = 1, 2, \ldots, R$$

**3- عدم تجاوز سعة الخطوط المسموح بها:**

$$|P_j| \le C_j\ \delta_j,\ j = 1,2, \ldots, m_w \quad \ldots\ldots\ (11)$$

**4- عدم تجاوز هبوطات التوتر المسموح بها:**

$$\sum_{j=1}^{m_w} B_{i,j} \Delta U_{dop,i} \quad \ldots\ldots\ (12)$$

$$i = 1, 2, \ldots, N_d$$

**5- المتطلبات الخاصة بأشكال الشبكات:**

أ ) شعاعية:

$$\sum_{j=1}^{m_w} |A_{i,j}|.\delta_j \ge 1 \quad \ldots\ldots\ (13)$$

$$i = 1, 2, \ldots, n_w$$

ب) حلقية:

$$\sum_{j=1}^{m_w} |A_{i,j}|.\delta_j \ge 2 \quad \ldots\ldots\ (14)$$

$$i = 1, 2, \ldots, n_w$$

**6- الشروط المميزة للمتغيرات:**

$$\delta_j = \begin{cases} 0 & i_j \in S_w \\ 1 & i_j \in S_w \end{cases} \quad j = 1,2,\ldots, m_w \quad \ldots\ldots\ (15)$$

حيث:

$n_w$: عدد العقد في الشبكة $S_w$.

$m_w$: عدد الخطوط في الشبكة $S_w$.

$N_d$: عدد الطرق في الشبكة $S_w$.

R: عدد الحلقات في الشبكة $S_w$.

$A_{ij}$: مصـفوفة تابعية بين العقد والخطوط في

الشبكة $S_w$.

$B_{i,j}$: مصفوفة تابعية بين الطرق والخطوط في الشبكة $S_w$.

$G_{r,j}$: مصفوفة تابعية بين الحلقات والخطوط في الشبكة $S_w$.

بعد أن حصلنا على الموديل الرياضي المؤلف من العلاقة الهدف والشروط التقنية الواجب تحقيقها نفترض أن مقاطع الخطوط متماثلة لكامل الحلقة بعدها نقوم بالخطوات التالية للخوارزمية:

1- اختيار مبدئي لمقطع الناقل.

2- اختيار مبدئي لنقطة الجريان Xs [البالوعة].

3- تقسيم مجموعة عقد التحميل إلى مجموعتين $X_1$ و$X_2$ بحيث أن كل مجموعة تحوي نقطة الجريان $X_s$.

التقسيم يتم بأسلوب معين بحيث يكون مجموع العزوم الكهربائية.

$$L_i * P_i$$

بالنسبة لعقدة التغذية $X_o$ [المنبع] في كلتا المجموعتين قريبة من بعضها.

4- يتم تخطيط الطريق الواصل بين المنبع ونقطة الجريان في كل مجموعة على أن يمرر في كافة العقد التابعة لهذه المجموعة وذلك وفق الخطوات التالية:

أ ) الخطوة الابتدائية [الصفرية]:

في هذه الخطوة يتم تحديد تكاليف الخطوط الواصلة مباشرة نقطة التغذية $X_o$ مع كل من العقد المتتالية الموجودة في المجموعة بفرض أن هذه الخطوط سوف تكون الأولى في العقد المتتالية، وبالتالي فإن الاستطاعة المارة في كل من هذه الخطوط:

$$P_o = \sum_{i=1}^{N} P_o, i$$

وهي مساوية لمجموعة الاستطاعات في كافة العقد.

علاقة التكاليف يمكن تمثيلها على الشكل التالي:

$$f_o(0,i) = \alpha_{oj} + \beta_{o,i} P_0^2, i \neq s \quad (17)$$

يتم حفظ هذه التكاليف في الذاكرة لكافة قيم $f_o$ (0, i) حيث: I = 1,2, …, N

ب) الخطوة الأولى:

في هذه الخطوة يتم تحديد تكاليف الخطوط المركبة والمؤلفة من خطين:

$$f_1 (0, i, r) = f_o (0, i) + k_{i,r} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (18)$$

$$i, r = 1, 2, \ldots, N_1 \qquad i \neq r$$

حيث:

$$P_{0.i,r}^2 k_{i,r} = \alpha_{i.r} + \beta_{i.r.} \quad \ldots\ldots\ldots (19)$$

$$P_{o.i.r} = P_o - P_{o.i}$$

لعقدة معينة r هناك طريق واحد فقط من عقدة التغذية إلى العقدة r ويمر خلال كافة عناصر المجموعة، يتم حذف كافة قيم $f_o$ (0, i) من الذاكرة ويحفظ بدلاً عنها قيم $f_1(0, i, r)$ ولكافة قيم $i = 1, 2, \ldots, N_1$.

ج ) الخطوة التالية ذات الرقم K: $2 \leq K \leq N_1 - 1$:

يتم تحديد تكاليف الطريق المؤدي من عقدة التغذية إلى العقدة $i_{k11}$ والمار خلال كافة عقد المجموعة:

$$f_k(0,i_1,i_2,\ldots,i_k,i_{k+1}) = \min\begin{Bmatrix} [f_{k-1}(0,i_2,\ldots,i_k,i_1) + k_{i_1},i_{k+1}] \\ [f_{k-1}(0,i_1,i_3,\ldots,i_k,i_2)k_{i_2},i_{k+1}] \\ [f_{k-1}(0,i_1,i_2,\ldots,i_{k+1}) + k_{i_k},i_{k+1}] \end{Bmatrix} \quad \ldots (21)$$

حيث:

$$k_{i_r},i_{k+1} = \alpha_{i_r},i_{k+1} + \beta_{i_r},i_{k+1}.P_{oj_r}^2,i_{k+1} \quad \ldots (22)$$

الاستطاعة الجارية في الخط $[i_r, i_{k+1}]$ هي $P_{o,i_r,i_{k+1}}$

كذلك يتم حذف كافة القيم السابقة من الذاكرة ويحفظ بدلاً عنها $f_k(i)$.

د ) الخطوة ذات الرقم N (الأخيرة):

فـــي هـــذه الخطـــوة يتم تحديد الطريق ذو التكاليف الأصـــغرية $f_{nI}$ الـــذي يصـــل المنـــبع مـــع نقطة الجريان (البالوعة) والمار خلال كافة العقد الموجودة في المجموعة $X_I$:

..... (23)

$$f_{nl}(0,i_1,i_2,\ldots,i_{n-1},x_s)=\min\left\{\begin{array}{l}\left[i_{n-1}(0,i_2,\ldots,i_{n-1},i_1)+k_{il,s}\right]\\ \left[f_{n-1}(0,i_1,i_3,\ldots,i_{n-1},i_1)+k_{i_2,s}\right]\\ \left[f_{n-1}(0,i_1,i_2,\ldots i_{n-1})+k_{ml,s}\right]\end{array}\right.$$

حيث:

$$k_{i_r,s}=\alpha_{i_r,s}+\beta_{i_r,s}.P^2_{0i_r,s} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (24)$$

حيث:

$P^2_{0i_r,s}$ : الاستطاعة الجارية في الخط $[i_r, s]$.

الطريق $\Pi_{nl}$ $(0,i_1,i_2, \ldots, i_{n-1}, x_s)$ الذي يملك أصغر قيمـــة لعلاقة التكاليف هو الطريق المثالي الذي يصل عقدة الـــتغذية مـــع عقـــدة الجريان والمار عبر كافة النقاط في المجموعة.

بأسلوب مماثل تماماً يتم تخطيط الطريق المؤدي من Xo إلى Xs والمار عبر كافة النقاط في المجموعة $X_2$.

5– بعد تحديد هذه الطرق يجب التأكد فيما إذا كانت الشروط التقنية لمذكورة سابقاً محققة.

إذا كـــانت غير محققة فإنه يجب اختيار مقطع جديد للـــنواقل وإعـــادة العمـــلية من البند رقم [1]، أما إذا كانت محققـــة فإنـــه يجـــب التحقق فيما إذا كانت نقطة الجريان (بالبالوعة) نقطة حقيقية.

6– إذا كـــانت مخـــتارة بشكل صحيح عندئذ تعتبر المسألة منـــتهية والحل عبارة عن الشبكة التي تملك أقل قيمة للتكاليف، أما إذا كانت مختارة بشكل غير صحيح فإنه يجـــب اختيار نقطة أخرى وإعادة الحسابات من البند رقم [2].

كذلـــك يـــتم التأكد في هذه الخوارزمية فيا إذا كانت الخطـــوط المختارة في الحلقة التالية ممكنة التنفيذ وبالبناء، يـــتم ذلك من خلال التحدي المسبق لكافة هذه الخطوط غير المســـموحة عـــلى المخطـــوط الطـــبوغرافي وعند حساب الـــتكاليف يـــتم التأكد عندئذ من وجود الخط المدروس في لائحـــة الخطوط غير المسموحة. إذا كان موجوداً فإنه يتم الاستغناء عنه ودراسة خط آخر.

بهـــذا الأسلوب يتم الحصول على حلقة مغلقة تصل كافة عقد التحميل مع المنبع ومؤلفة فقط من خطوط ممكنة التنفيذ والبناء.

المخطط الصندوقي للخوارزمية المذكورة مبين على الشكل رقم [1].

عـــند الاســـتفادة من هذه الطريقة تم وضع برنامج حسابي على الحاسوب لشبكة أحادية الطور وذات الأشكال التالية:

أ ) شـــبكة مغذاة من منبع واحد، وكانت الحلقة المثالية كما هي مبينة على شكل رقم [1].

ب) شـــبكة مغذاة من منبعين: طريقة الإجراء مماثلة تماماً لـــلحالة الســـابقة إلا أنـــه هـــناك اخـــتلاف في تقسيم مجموعات العقد.

حيـــث أن عناصـــر المجموعة $X_1$ تقع بالقرب من المنـــبع الأول وعناصـــر المجموعـــة $X_2$ تقع بالقرب من المنبع الثاني كما هو مبين على الشكل رقم [3].

ج ) شـــبكة مغذاة من عدة منابع: طريقة الإجراء تتم على

الشكل التالي:

1- يـتم تشـكيل مجموعات الأحمال المجمعة بالقرب من عقد التغذية بأسلوب معين بحيث لا تحمل العقد بحمولة زائدة.

2- نقـاط التحميل المنظمة في البند الأول توصل إلى منبع آخر بحيث تصبح كل نقطة مغذاة من منبعين مستقلين.

3- يـتم تقسـيم كـل مجموعة إلى مجموعتين $X_1$ و$X_2$ وبعدها يتم تحديد الحلقة المثالية في كل مجموعة حسب الخوارزمية السابقة.

4- يستم حسـاب جريان الاستطاعة في الشبكة والتأكد من تحقيـق الشـروط التقـنية. إذا كان أحد الشروط غير محقق يتم الرجوع إلى البند الثلاث.

المخطـط الصندوقي لهذا الالفورتيم على الشكل رقم [4] والشبكة المثالية الناتجة عن استخدام هذه الطريقة مبينة على الشكل رقم [5].

تمت كتابة البرنامج لهذه الخوارزمية على الحاسوب بلغة Fortran 77 وكانت سعته حوالى 25 KB.

وكانت الحسابات على مرحلتين:

**مرحلة أولى:**

وفق نظام محاكاتي ثم تحديد ما يلي:

- هل الشبكة مغذاة من منبع واحد أو من منبعين.
- إدخال رقم نقطة الجريان [البالوعة].
- إدخـال أرقام العقد للمجموعة الأولى $X_1$ وأرقام العقد لـلمجموعة $X_2$. عـندها يـتم التأكد من تقارب مجموعة العـزوم الكهربائية في المجموعتين. لهذا الهدف أيضاً يتم إدخال المعطيات التالية:
- الأبعاد بين العقد.
- المحددات المتعلقة بمقطع الناقل.

المفاعلة الواحدية $X'$.

المقاومة الواحدية $r'$.

التيار العظمى المسموح $I_d$.

زمن دوام الضياعات الأعظمية t.

التكاليف الواحدية $k_i$.

**مرحلة ثانية:**

وفـق نظـام آلـي وبعد إدخال المعطيات المذكورة سـابقاً يتم تحديد الحلقة المثالية وسحاب جريان الاستطاعة فيها ثم التأكد من الشروط التقنية التالية:

- عدم تجاوز التحميل المسموح به للخطوط.
- عدم تجاوز قيم هبوطات التوتر المسموح بها.
- التحقق من أن نقطة الجريان هي نقطة حقيقة.

فـي حالة عدم تحقيق أحد هذه الشروط يظهر على الشاشـة تقريـراً مناسـباً يـبين سبب ومكان الشرط غير المحقق وبناءً عليه تتم إعادة الحسابات بشكل جزئي.

إن المعطيـات الضرورية للمرحلة الثانية يتم إدخالها إلى الذاكـرة وفق جداول تسمى المعلومات حسب التسلسل التالي.

**جدول1:**

$U_n$: التوتر الاسمي.

$\Delta U_{dop}$: هبوط التوتر المسموح به.

$K_p, K_a$: ثوابت تكاليف الاستطاعة م لقدرة.

$L_{imp}$: عدد الخطوط غير ممكنة التنفيذ.

كل خط من هذه الخطوط يمكن ترميزه بوساطة رقم عقدة البداية أو عقدة النهاية.

جدول2:

$I_w$: عدد العقد.

n(i): رقم العقد حسب الترقيم الأولي.

P(i): قيمة الاستطاعة الفعلية المأخوذة من العقدة المذكورة.

Q(i): قيمة الاستطاعة الردية المأخوذة من العقدة المذكورة.

L(i): بعد العقدة عن المنبع الأول.

K(i): بعد العقدة عن المنبع الثاني.

إذا كانت الشبكة مغذاة من منبع واحد فإن عناصر المصفوفة K(i) تكون مساوية للصفر. النتائج تظهر على الشاشة بشكل أرقام متسلسلة تبين الطريق المثالي لكل مجموعة جزئية بالإضافة إلى التكاليف الكلية لكل من هذه الطرق وكذلك التكاليف الكلية للشبكة.

يمكن أيضاً باستخدام أنظمة (CAD) أن نبين شكل الشبكة المثالية المخططة على الشاشة.

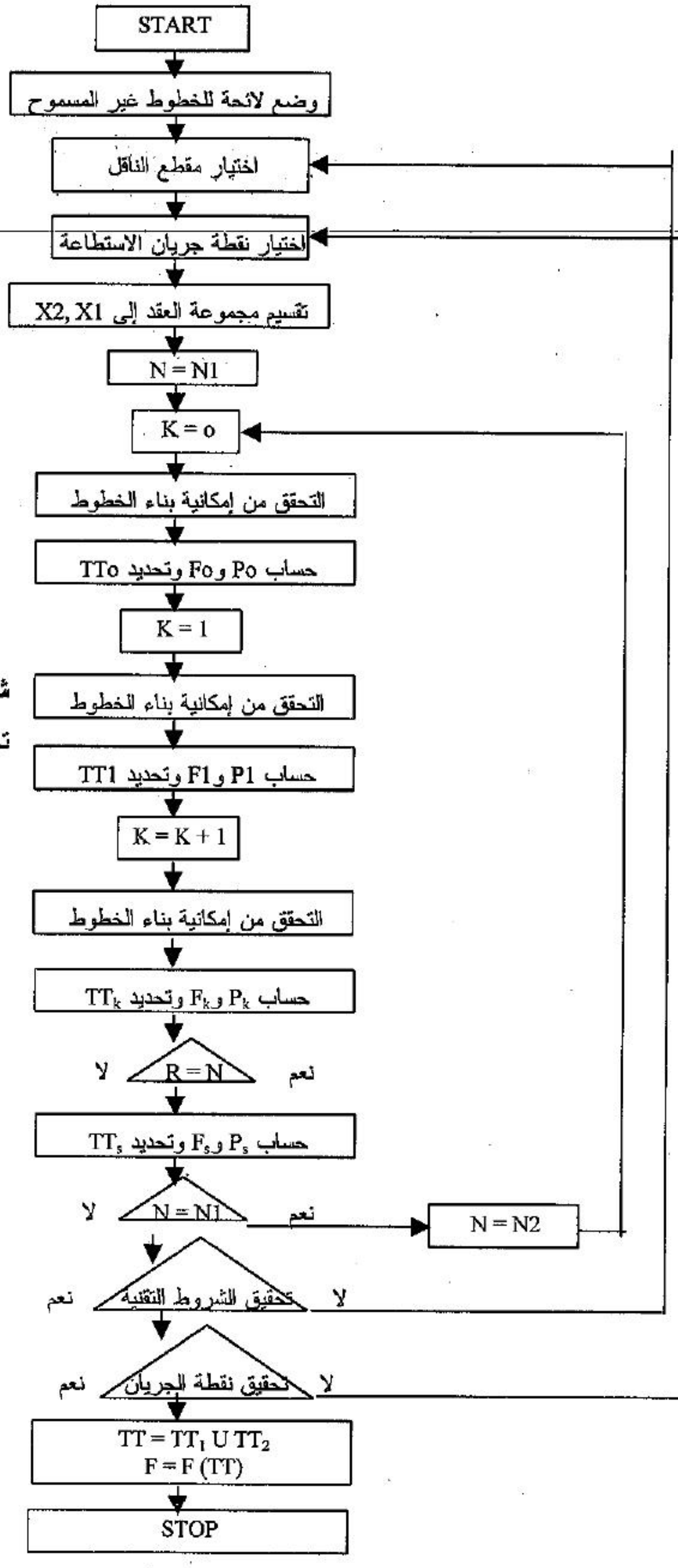
## 3- ملخص:

**إن المثال الحسابي المحلول لشبكة مغذاة من منبع واحد أعطى بنتيجة الحسابات حلقة مغلقة. إذا عملت هذه الحلقة بشكل مغلق فإن خروج أحد الخطوط من الخدمة لا يسبب انقطاع التغذية عن المستهلكين عند الحفاظ على هبوط التوتر المسموح به بينما عطل محطة التغذية بالتالي يمنع تمويل القدرة لكافة نقاط التحميل. لهذا السبب يوصى باستخدام هذا البرنامج لتخطيط شبكات التوتر المنخفض التي تغذي أحمال ذات درجة وثوقية منخفضة أو في الشبكات الكهربائية المزودة بمحطات تغذية يمكن أن تؤمن استطاعة احتياطية.**

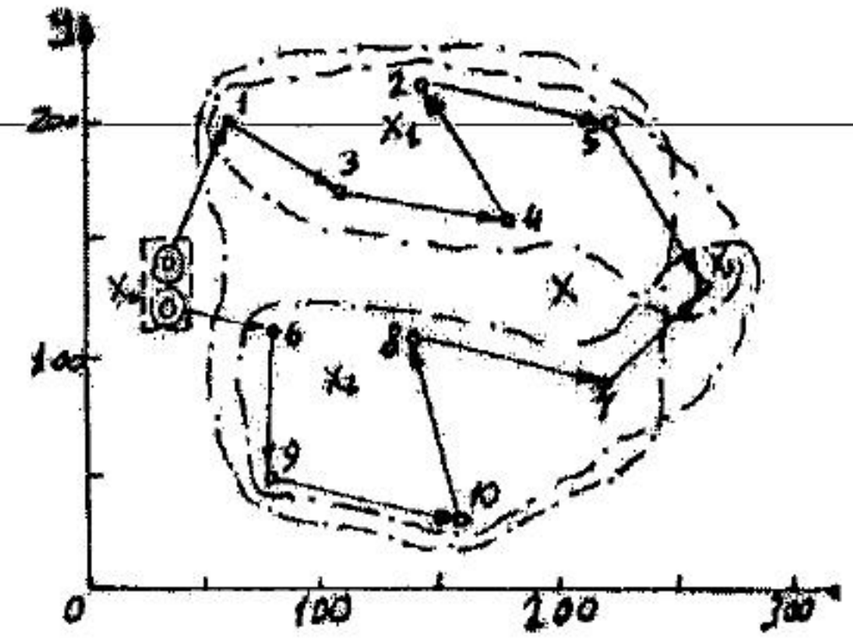
**إن شبكات التوتر المنخفض والمتوسط تعمل غالباً بشكل شعاعي وهذا يعني أن الشبكة المخططة بمساعدة هذه الطريقة تكون مفصولة بوساطة قاطع متواضع في نقطة الجريان وبالتالي فإن خروج أحد الخطوط من الخدمة سوف يؤدي إلى انقطاع التغذية عن بعض الأحمال لفترة زمنية قصيرة يمكن أن تعود بعد عملية إعادة الوصل في النقطة بوساطة مجموعة الطوارئ.**

**في المثال الحسابي المحلول لشبكة مغذاة من منبعين مستقلين هي عبارة عن خطين مفصولين عند نقطة الجريان، وبالتالي فإن عطل أحد الخطوط أو إحدى محطات التغذية لا يؤدي إلى القطاع التغذية عن المستهلكين ويمكن أن يستأصل خلال فترة زمنية قصيرة بوساطة ورش الطوارئ والصيانة وكذلك فإن هبوط التوتر في الشبكة في حالة العطل يجب ألا يتجاوز 5% والخطوط ستكون غير محملة زيادة عن الحد المسموح به.**

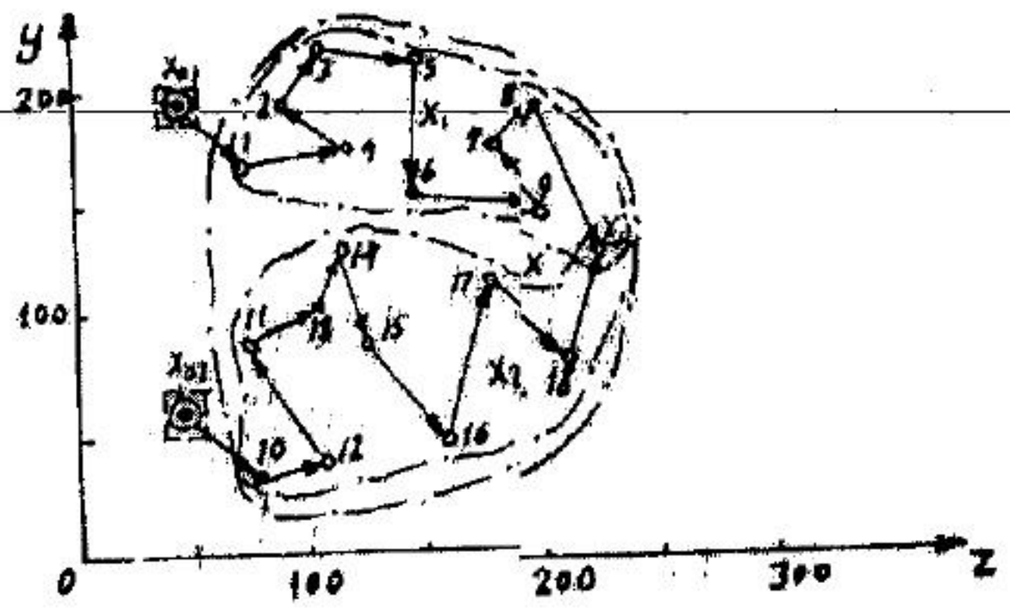
**إن الطريقة المقدمة يمكن أن تستخدم في مؤسسات الكهرباء ومكاتب تصميم وتخطيط شبكات التوزيع الكهربائية.**



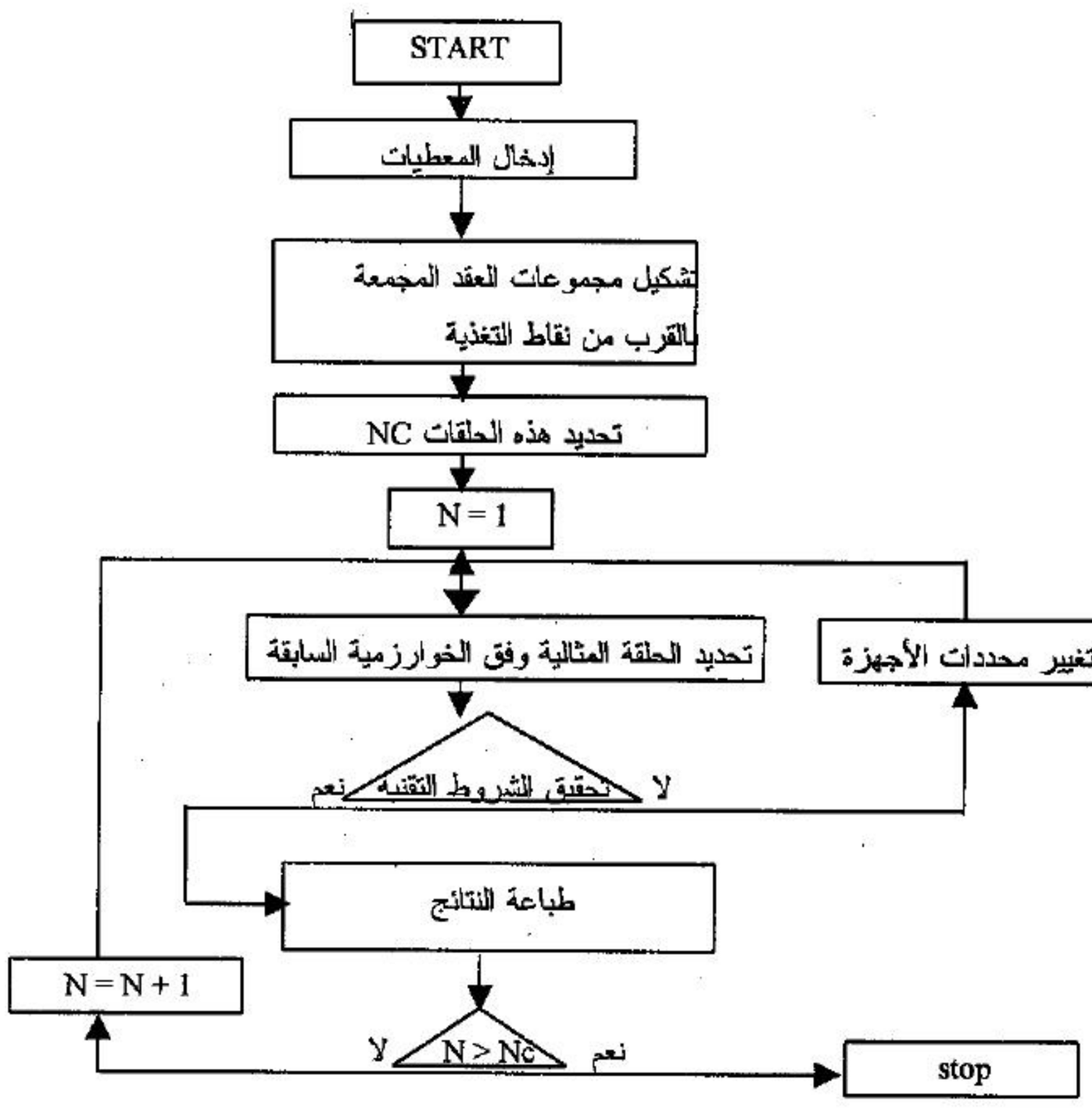

**شكل1** المخطط الصندوقي لخوارزمية تخطيط شبكة ذات حلقة واحدة



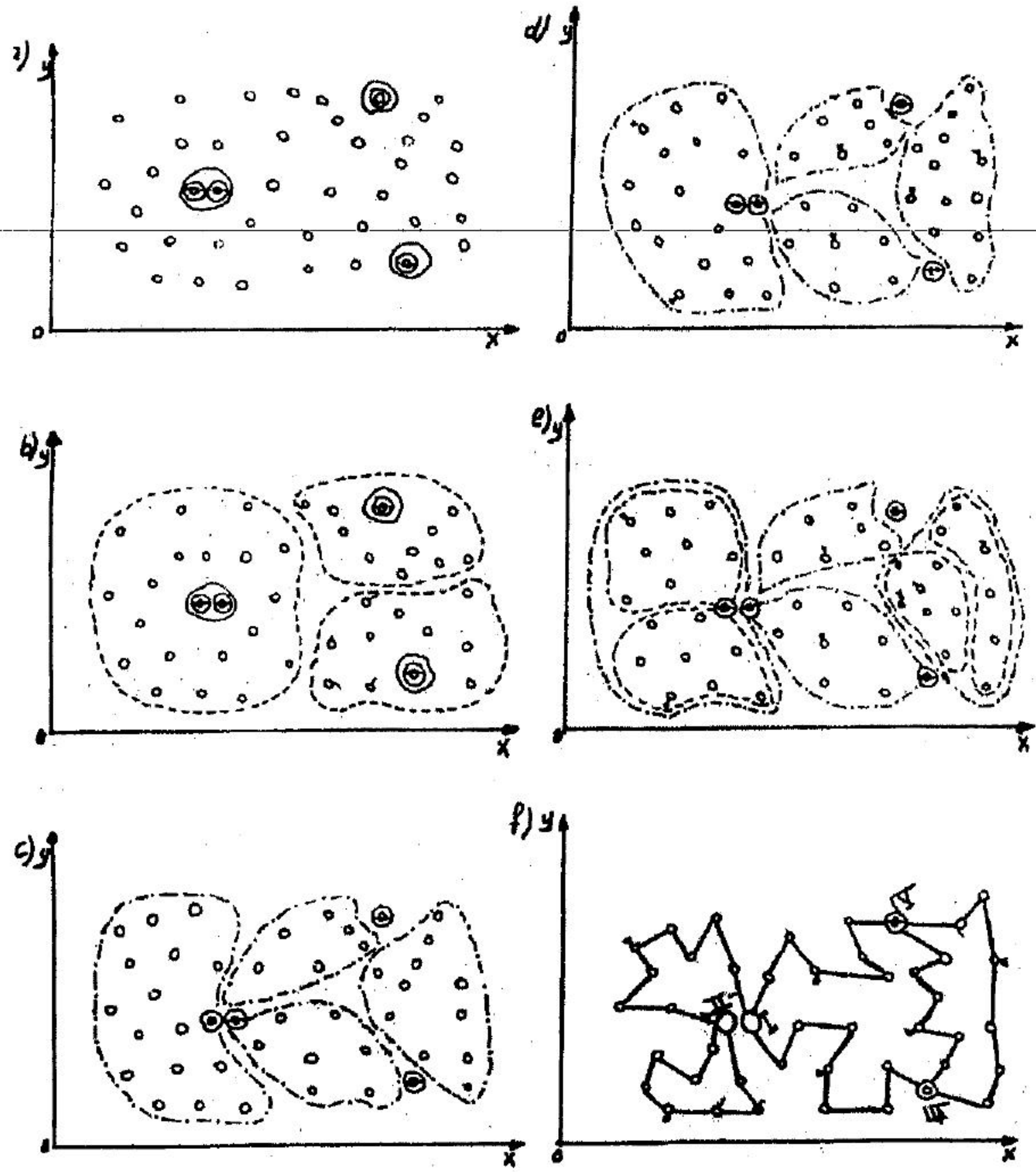
شكل2 شبكة مغذاة من منبع واحد



شكل3 شبكة مغذاة من منبعين مستقلين




شكل4 المخطط الصندوقي لخوارزمية تخطيط شبكة مغذاة من عدة منابع




**شكل5** شبكة مغذاة من عدة منابع ذات حلقات متعددة

a) توضع العقد ومنابع التغذية

b) توزيع العقد إلى مجموعات جزئية

c) تحديد التغذية لكل مجموعة جزئية

d) تحديد نقاط الجريان في كل مجموعة

e) توزيع العقد إلى مجموعتين $X_1$ و$X_2$

f) الشبكة المثالية الناتجة

## 4- المراجع:


1. Korbut A. A, inkelszteju J. J. programowanie dyskertene. Warszaw. Pwn, 1974.
2. Kujszczyksz. Nowoczesne metody obliczen elektroenergetycznych sieei rozdzielczych, warszawa, wnt 1984.
3. Kulczycki J. optymalizacja ukladow sieci rozdzielczych zakladow przemystowych metoda podzialowi ograniczen, zeszyty naukowe AGH nr. 77, 1976.
4. Kujszczk sz. Elektroenergetyczue cieci nzdzielcze TOM1, pwn, warszawa 1990.
5. Nadim makhol, metoda srednioterminowego blanowania rozwoju sieci rozdzielczych, rozprawa doktorska, wroctaw 1991.
6. Bellman R. dynamic programming treatment of the traveling salesman problem, I. ASSOC. compnt, march 1962, No. 1.
7. Bellnam R. programowanie dynamiczne. Waezawa, PWE, 1967.