مجلة جامعة تشرين للدراسات والبحوث العلمية سلسلة العلوم الهندسية المجلد 15 (العدد 1) 1413-1993.

تعيين عوامل عدم استمرار تغذية المستهلكين
باستخدام نموذج موثوقية شبكات التوزيع

الدكتور عبدالله سعيد
أستاذ في كلية الهندسة
الميكانيكية والكهربائية
جامعة تشرين

تستعرض المقالة باختصار مكثف نموذجا لموثوقية شبكات التوزيع.وتحدد القوانين الحسابية التي تسمح بتعين عوامل عدم استمرار تغذية العقد الشبكية بسبب الاعطال المختلفة.
تكمن أهمية تلك العوامل في أنها تمكننا من القيام بالتقدير الصحيح لخصائص وصفات شبكات الطاقة الكهربائية العاملة، وذلك من وجهة نظر وصول القدرة الى المستهلكين،بالاضافة الى الفائدة المقدمة أثناء تخطيط التوسع المستقبلي لشبكات التوزيع بالأسلوب الذي يؤمن المحافظة على بارامترات عدم استمرار تغذية المستهلكين بالقدرة الكهربائية،ضمن الحدود المسموحة والتقيد بها.

مقدمة

من الضروري استمرار وصول القدرة الكهربائية لمستهلكيها. حيث تزداد المتطلبات في هذا المجال نتيجة لتطور ظروف الحياة، بالاضافة الى ما تسببه الأنقطاعات في التغذية، وكذلك الخسائر الاقتصادية المعتبرة، مما يجعل لموثوقية عمل الشبكات الكهربائية قيمة خاصة، وذلك لما يرتبط بها من تحليل لعدم استمرارية تغذية العقد الشبكية، ويشمل ذلك المستهلكين الزراعيين الذين تزداد متطلباتهم باستمرار في مجال استمرار وصول القدرة الكهربائية. وفي معظم الحالات، فإن تعطل شبكات التوزع، يقرر عدم استمرارية تغذية المستهلكين، مما يؤدي بالنتيجة الى انقطاعات طويلة الأمد،وكذلك انقطاعات قصيرة الأمد (بالثواني) ناجمة عن العمل الفعال للجهاز اللألي المعروف بمعيد الاغلاق االألي، وكذلك االجهاز الأخر المسمى بقاطع وصل الأحتياط.

أما معايير عدم استمرار تغذية المستهلكين فهي ما تعرف بثوابت عدم استمرارالتغذية، وتوسم تلك العوامل بنوع، وكثافة وزمن استمرا ر الانقطاعات في التزويد بالقدرة الكهربائية.

يمكن اعتبار المقادير التالية بمثابة العوامل الأساسية لعدم استمرار تغذية عقد شبكة التوزيع:

- العدد السنوي المتوقع للانقطاعات الطويلة الأمد : $D_d[a^{-1}]$
- الزمن الوسطي لاستمرار الانقطاع الطويل الأمد $T_d[h]$:

وكعامل عام يستخدم:

- مؤشر عدم استمرار التغذية بسبب الانقطاعات الطويلة الأمد للتزويد بالقدرة.

$$Q = \frac{D_d \cdot T_d}{T} \qquad [-] \quad (1)$$

حيثT هي الزمن السنوي اللازم لعمل العقدة الشبكية، ومن أجل عقد الطاقة تؤخذ عادةT مساوية الى عدد الساعات في العام.

وفي العديد من المرات، ينظر الى مؤشر عدم استمرار التغذية Q كاحتمال لتواجد العقدة في وضع انعدام التوتر بسبب حوادث الفصل في عناصر الشبكة المغذية لتلك العقدة.

إن العوامل المحددة لعدم استمرار التغذية يجب أن تفسر بمثابة قيم يمكن توقعها عند العمل الطويل الأمد لمختلف العقد وعند المحافظة على بنى الشبكة المعتبرة في الحسابات تكون تلك البنى محددة بواسطة ما يعرف بالنظام الطبيعي لتغذية العقد الشبكية المدروسة وكذلك النظم التي تتعرض عناصرها المختلفة لحالات فصل مبرمجة مسبقا. كما هو معروف بأن حالات الفصل المبرمج تتم لتلبية احتياجات الصيانة أو توسيع الشبكةتعين العوامل المجهولة لعدم استمرار التغذية، عن طريق القيام بالحسابات

المتعلقة بالبنى الشبكية المشار اليها وبعدئذ يجري التوسيط المناسب للحسابات.

إن هذا العمل يوضح اسلوب تعيين عوامل عدم استمرار تغذية المستهلكين. بسبب فصل عناصر في شبكة التوزيع. وغالبا ما تنجز الحسابات بافتراض عمل موثوق لشبكة النقل، التي توصل القدرة الى شبكة التوزيع علماً بأنه لايؤخذ بالاعتبار فيها حوادث الفصل الناتجة عن الحمولات النهائية وكذلك تلك الحوادث الصعبة التوقع للأعطال البشرية. إن الأسلوب المعروض للحسابات يشمل الشبكات المفتوحة والمغلقة ضمن النظم التقليدية، أي الشبكات التي تكون خطوطها ومحولاتها وقضبان تجميعها مزودة بقواطع ألية وكذلك بحمايات زاجلية مناسبة.

يضم هذا البحث معلومات متعلقة بتعيين المعايير الفنية لعدم استمرار التغذية، والتي تسمح معرفتها بتقدير أزمنة وأعداد الانقطاعات الطويلة الأمد للتغذية عن المستهلكين من أجل البنى الشبكية الموجودة والمخططة. ويمكن أيضاً أن تستغل تلك المعطيات في التحديد المعلل اقتصادياً لحلول توسع الشبكة، بشرط معرفة التكاليف الواحدية للخسائر الاقتصادية، الحاصلة عند المستهلكين نتيجة لانواع مختلفة من انقطاعات التغذية.

2 - حساب عدم موثوقية العناصر الشبكية.

يتم تعين عوامل عدم استمرار تغذية عقد الحمولة استناداً إلى المعطيات المميزة لتعطل مختلف العناصر الشبكية والعوامل المحددة لتعطل تجهيزات الفصل وأتمتة الوصل وكذلك طبولوجيا الشبكة التي تغذي النظام المدروس للقضبان. وتشمل العناصر الشبكية، الخطوط الكهربائية، والمحولات، وقضبان التجميع مع محولات القياس، وقواطع العزل وقرون التفريغ، وعلب الكابلات والخوانق وغيرها من الأجهزة المساعدة اللازمة.

تتألف تجهيزات الفصل من القواطع الآلية وكذلك الحمايات الزاجلية المناسبة أو منصهرات الاستطاعة. يتسم تعطل الخطوط والمحولات وقضبان التجميع بالعوامل التالية:

- العدد المتوقع لحالات الفصل الطويل الأمد بسبب الأعطال في السنة $d[a^{-1}]$
- الزمن الوسطي لكل حالة فصل طويل الأمد بسبب الأعطال.$t[h]$
- مؤشر التعطل.$q[-]$

تمثل العناصر الشبكية بواسطة نموذج الموثوقية ثنائي النظام، وفيه يتم التميز بين نظام العمل ونظام العطل. ويفترض أن توزع أزمنةحدوث هذين النظامين له صفة أسية. إن القيم المتوقعة لتلك التوزعات هي الأزمنة

الوسطية لتواجد العنصر في نظام العمل وفي نظام العطل، ويمكن البرهنة على أن احتمال بقاء العنصر في نظام العطل في لحظة اختيارية t - حيث t أكبر من الصفر- بافتراض وجود حاجة دائمة لعمل ذلك العنصر، يحدد بالعلاقة:

$$q = \frac{t.d}{8760}$$

إن حقيقة كون مؤشر التعطل q ، هو احتمال العطل، يسمح بالاستفادة من قواعد حساب الاحتمالات في أثناء تعيين عوامل عدم استمرار تغذية العقد الشبكية. وتحسب المقادير q,t,d بناء على التكرارات الوسطية الواحدية لحوادث الفصل الناجمة عن الأعطال وكذلك الأزمنة الوسطية لها. تلك القيم هي عبارة عن معطيات احصائية ، تقتصر فقط على الفصل الذاتي للعناصر بسبب تعطلها.

وفي الحالة العامة، يكون العنصر الشبكي معرضاً للفصل الناتج ليس فقط عن عطله الذاتي، بل أيضا عن العطل المرتبط مع أعطال ما يجاوره من عناصر شبكية، هذا العطل الذي قد يكون نتيجة التقارب الانشائي، كذلك الأعمال غير الانتقائية للحمايات الزاجلية. ومن أجل العنصر الشبكي i ، فإن المقادير q,t,d (عوامل تعطل العناصر الشبكية) تحسب إذاً وفق العلاقات العامة التالية:

$$d_i = d_{io} + \sum_{p \in p} d_{ip}$$

$$q_i = q_{io} + \sum_{p \in p} q_{ip} \qquad (2)$$

$$t_i = \frac{q_i \cdot 8760}{d_i}$$

علما أنه:

q_{io},d_{io} - قيم ناتجة حصراً عن الأعطال الذاتية.

q_{ip},d_{ip} - قيم مشتركة للعناصر p,i ناتجة من الأعطال المتزامنة والمتعلقة ببعضها.

p - مجموعة أرقام العناصر الشبكية، التي يمكن لأعطالها أن تسبب فصل العنصر i.

وباستخدام قوانين مناسبة لها شكل العلاقات المعروضة (2) تعين عوامل تعطل مختلف عناصر الشبكة. في حالة الخطوط، تعكس العوامل q_{ip},d_{ip} امكانية حدوث الأعطال المرتبطة ببعضها بسبب التقاربات الانشائية وكذلك حوادث الفصل غير الانتقائية بواسطة حماية الخطوط المتوازية. في الحسابات الخاصة بالمحولات، فإنه يؤخذ بالاعتبار امكانية فصل المحولات العاملة على التوازي بسبب التأثيرات غير الانتقائية للحمايات الزاجلية. أما القواتين بالنسبة لقضبان التجميع فإنها تأخذ بالاعتبار أثار فشل تجهيزات الفصل، الموصولة الى تلك القضبان، وكذلك امكانية حصول الأعطال المرتبطة مع بعضها نتيجة التقاربات الانشائية.

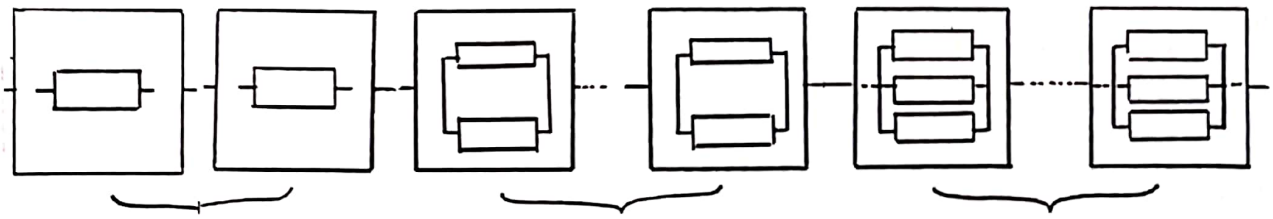
إن معرفة عوامل تعطل جميع عناصر الشبكة وكذلك بنية الشبكة المحللة يسمح بتعيين عوامل استمرار التغذية في عقدة اختيارية من عقد الاستقبال.

3 - المخطط المكافئ لعدم موثوقية الشبكة.

غالبا ما يكون من الصعب مباشرة أن نحول الشبكة المدروسة الى نظام تسلسلي أو تفرعي أو حتى انجاز تجزئة النظام الى أجزاء أبسط يمكن معها تعيين العلاقات المحددة لموثوقيتها بأسلوب سهل. وبالمقابل فإن المخطط المكافئ للشبكة المحللة، والمميز لخواصها في مجال الموثوقية، يمكن الحصول عليه عن طريق التحليل البنيوي للشبكة، الذي يعتمد على تعين عناصر شبكية فردية وكذلك مجموعات عنصرية، التي يسبب فصلها انقطاعاً في تغذية قضبان التجميع المدروسة.

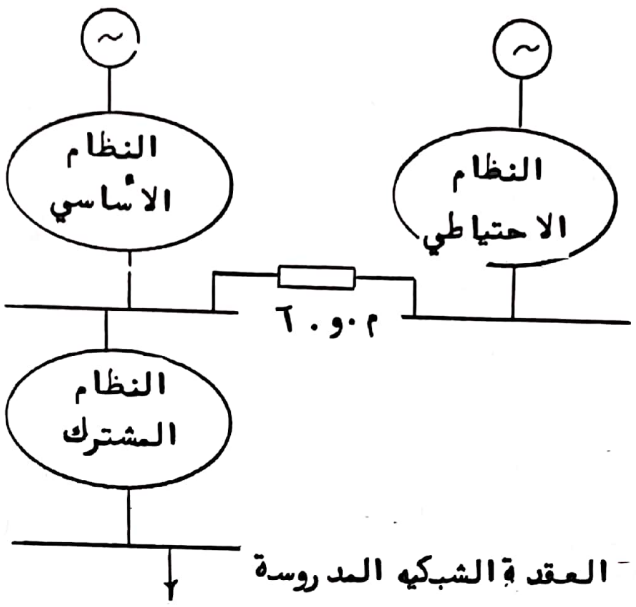
فالعناصر الفردية هي التجهيزات الموصولة على التسلسل بين العقد المحللة والعقد المغذية للشبكة المدروسة. والمجموعات العنصرية هي التجهيزات الموصولة على التفرع مثنى مثنى أوثلاثاً والتي تسبب أعطالها المتزامنة انعدام تغذية قضبان التجميع المدروسة. وفي الحسابات العملية غالبا ما تهمل حالات الأعطال فوق ثلاثة عناصر، نظراً لصغر احتمال ذلك النوع من الحوادث.

إن المخطط المكافئ للموثوقية من أجل عقدة شبكية ما، يمكن تمثيله وفقا للرسم (1).



ثلاثيات عنصرية (l,m,n)　　ثنائيات عنصرية (j,k)　　عناصر أحادية (i)

الرسم (1) المخطط المكافئ لموثوقية الشبكة



الرسم (2) : تجزئة شبكة توزيع مجهزة بمعيد وصل الاحتياط إلى نظم عدة.

ولتعيين عوامل عدم استمرار تغذية العقد الشبكية، فإنه يعتبر أن أعطال مختلف العناصر الاحادية وكذلك أعطال مختلف ثنائيات وثلاثيات عناصر الشبكة، لاتحدث في وقت واحد، كما تعتبر حوادث مستقلة عن بعضها. إذاً فإن العدد المتوقع لانقطاعات التغذية عن العقدة المدروسة بسبب الأعطال الطويلة الأمد يحدد بالعلاقة :

$$D_a = \sum_{i\in A} d_i + \sum_{(j,k)\in B} d_{jk} + \sum_{(l,m,n)\in C} d_{lmn}$$

علما بأنه:

d_i- عدد حوادث الفصل الطويل الأمد للعنصر الاحادي i.

d_{jk}- عدد حوادث الفصل الطويل الأمد للثنائية العنصرية(j,k) .

d_{lmn}- عدد حوادث الفصل الطويل الأمد للثلاثية العنصرية.(l,m,n)

A-مجموعة أرقام العناصر الاحادية.

B- مجموعة أرقام ثنائيات العناصر.

C-مجموعة أرقام ثلاثيات العناصر.

وبأسلوب مشابه يحدد العامل Q أي مؤشر عدم استمرار التغذية.

$$Q = \sum_{i\in A} q_i + \sum_{(j,k)\in B} q_{jk} + \sum_{(l,m,n)\in C} q_{lmn}$$

علما بأنه

q_{lmn}, q_{jk}, q_i - احتمالات الفصل الناتج عن الأعطال لعنصر أحادي (i) وثنائية عنصرية (j,k) وثلاثية عنصرية (l,m,n) .

ويعبر عن الزمن الوسطي لاستمرار الانقطاع الطويل الأمد للتغذية، بالقانون التالي، الناتج مباشرة من العلاقة (1):

$$T_a = \frac{Q.8760}{D_a}$$

إنه لمن السهولة بمكان تعيين المقدارين q,d من أجل الثنائية أو الثلاثية وذلك إذا افترضنا أن فصل العناصر التفرعية

يحدث بطريقة مستقلة على التبادل.عندئذ فإن المقدار q_{lmn}،q_{jk} يحسب وفقا لقواعد حسابات الاحتمالات وهذا يعني:

$$q_{jk} = q_j q_k$$
$$q_{lmn} = q_l q_m q_n \qquad (3)$$

ويمكن لكل من الخط،والمحولة، ونظامي قضبان تجميع في موزعين مختلفين أن تكون مثالا للعناصر غير المعرضة للفصل المترابط على التبادل. وينطبق الشيء ذاته على نظام قضبان التجميع وكذلك على خطين أحاديي الدارة غير موصولين من كلتا الجهتين الى نفس نظم القضبان.

ويمكن أن نبرهن عن عدد حالات الفصل الطويل الأمد الناتج عن الأعطال للثلاثيات والثنائيات العنصرية غير المعرضة للفصل المترابط بالقانونين التاليين:

$$d_{jk} = q_j d_k + q_k d_j \qquad (4)$$
$$d_{lmn} = q_l q_m d_n + q_l q_n d_m + q_m q_n d_l$$

إن العوامل المحددة لتعطل العنصر الشبكي، يتعين وفقا للعلاقات(2) ، التي تأخذ بالاعتبار حالات الفصل بسبب الاعطال الذاتية، وكذلك الفصل الناتج عن الاعطال المترابطة. وفي النظام التفريعي لمخطط الموثوقية يمكن أن توجد علاقة تبادلية بين حوادث فصل مختلف العناصر. تتشكل ثنائية العناصر المعرضة لمثل ذلك الفصل المترابط مثلا عن دارتي الخط ثنائي الدارة، ومن نظامي قضبان تجميع لمحطة واحدة متوضعة بالجوار. إذاً فإن حالات فصل أمثال تلك العناصر ليست حوادث مستقلة وبالتالي فإن القوانين (3)، (4)تتطلب تعديلا مناسب، وفق القواعد التالية.

من أجل ثنائية العناصر(j,k) يمكن تحديد العلاقة :

$$q_j = q_{yx} + q'_{jk}$$
$$q_k = q_{kx} + q'_{jk}$$

علماً بأنه:

q_{yx}،q_{kx}-قيم تعكس حالات الفصل الناتجة عن الأعطال الذاتية للعناصر وكذلك حالات الفصل المترابط، المتعلقة بالعناصر من خارج النظام التفرعي.

q'_{jk}- قيمة مرتبطة بحالات الفصل المترابط للعناصرj كذلكk .

وعليه فإن احتمال فصل الثنائية (j,k)يساوي:

$$q_{jk} = q_{jx} q_{kx} + q'_{jk} = (q_j - q'_{jk})(q_k - q'_{jk}) + q'_{jk}$$

إن المخطط المعروض لموثوقية الشبكة زكذلك القوانين الحسابية المعطاة صحيحة أيضاً عندما لا تكون شبكة التوزيع مجهزة بمعيد وصل الاحتياط. في حالة وجود تلك الأتمتة فإن تغذية العقدة المدروسة يمكن أن تحصل:

-من النظام الشبكي القائم قبل تشغيل معيد وصل الاحتياط.

-من النظام المتكون بعد عمل معيد وصل الاحتياط.

ونلاحظ في الحالة العامة، أن معيد وصل الاحتياط، يقسم الشبكة المدروسة الى ثلاثة أجزاء اصطلاحية:

a- النظام المشترك للشبكة,

b-النظام الأساسي للشبكة.

c- النظام الاحتياط للشبكة.

طبيعياً تكون العقدة الشبكية المدروسة مغذاة عبر النظامين b,a وبالمقابل فإنه بعد عمل معيد وصل الاحتياط تصبح مغذاة عبر النظامين.c,a لقد تم تبيان تلك القسمة على الرسم.(2)

ويمكن تمثيل كل من النظم الشبكية المناقشة بواسطة مخطط الموثوقية وتمييزها بمساعدة المعايير المعطاة سابقاً وهي العوامل التالية لعدم استمرار التغذية:

- من أجل النظام المشترك، العوامل t_w, d_w, q_w.
- من أجل النظام الاساس، العوامل t_n, d_n, q_n.
- من أجل النظام الاحتياط، العوامل t_r, d_r, q_r.

يحدث انعدام تغذية العقدة الشبكية المدروسة نتيجة لواحدة من الحوادث التالية:

عطل النظام المشترك، وفي الوقت نفسه عطل النظام الأساس والاحتياط، وكذلك عطل النظام الأساس عند العمل غير الناجع لمعيد وصل الاحتياط. وإذا افترضنا أن احتمال العطل المتواقت للنظام الأساس وللنظام الاحتياط صغير جداً، فإننا نحصل على العلاقات المبسطة التالية، والتي تحدد عوامل عدم استمرار تغذية العقدة المدروسة:

$$D_d \cong d_w + d_p(1-\rho)$$

$$T_d \cong \frac{d_w t_w + d_p(1-\rho)t_z}{d_w + d_p(1-\rho)} \quad (5)$$

$$Q \cong \frac{D_d T_d}{T}$$

علماً بأنه:

ρ - ثابت فعالية عمل معيد وصل الاحتياط.

t_Z الزمن الوسطي للتوصيل اليدوي للتغذية الاحتياطية.

4 - خاتمة.

إن ما تم استعراضه باختصار مكثف لنموذج موثوقية شبكات التوزيع وكذلك ما نتج عنه من قوانين حسابية، يسمح ذلك كله بتعين عوامل عدم استمرارية تغذية العقد الشبكية، أي العدد السنوي المتوقع لانقطاعات التغذية الطويلة الأمد بسبب الأعطال، وكذلك الأزمنة الوسطية لاستمرار تلك الانقطاعات.

إن معرفة تلك المعطيات، تمكن من انجاز التقدير السليم لخواص شبكات الطاقة الكهربائية القائمة، من وجهة نظر موثوقية وصول القدرة الى المستهلكين المربوطين مع مختلف العقد الشبكية. كما يمكن للاساليب الحسابية المقدمة أن تفيد في تخطيط توسع شبكات التوزيع بأسلوب يؤمن المحافظة على عوامل عدم استمرار التغذية للمستهلكين.

summary

This essay portrays very briefly a pattern of fact about distributing networks. It determines the equation that help giving parameters not to supply continously the knots of a network because of the various defects.

These parameters imply that they enable us to estimate the features and characteristics of the network for the activated electrical power. That is according to how far the consumptive power is conveyed in addition to the benefits introduced during the project of broadening the distributing network in the future in a method assures keeping parameters to prevent the progressing of consuming electric power to the tolerant extent and to be limited to this extent.

المراجع العربية

1- د. عبد الله سعيد اقتصاديات نظم القدرة الكهربائية. مطبوعات جامعة تشرين 1988/1987.

2- د. عبدالله سعيد نظم القدرة الكهربائية - الجزء الأول. وطبوعات جامعة تشرين 1986/1985.

3- د. عبدالله سعيد نظم القدرة الكهربائية - الجزء الثاني. مطبوعات جامعة تشرين 1986/1985.

المراجع الأجنبية

I.Хохлов В.Х.Экономика передачи электрической энергии . М.,I96I.

2.Поспелов Г.Е.Элементы технико - экономических расчётов систем электропередач.Минск,I967.

3.Основные методические положения технико - экономических расчётов в энергетике.М.,I959.

4.Поспелов Г.Е. ,Сыч Н.М. Об использовании вторичных критериев для оценки экономичности режимов систем электропередач.Сб."Электроэнергетика и автоматика".Кишинев,I974,Нр 8.

5,Поспелов Г.Е.,Сыч Н.М. К вопросу рациональных потерь напряжения в линиях электропередачи.Сб."Научные и прикладные проблемы энергетики".Минск,I975,№2.

6. Sozański Jerzy: "Niezawodność urządzeń i układów elektroenergetycznych", PWN, Warszawa 1974.

7. Bełdowski Tadeusz: "Stacje elektroenergetyczne",Politechnika Warszawska 1974.

8. Bełdowski Tadeusz: "Stacje elektroenergetyczne",Politechnika Białostocka, Białystok 1977.

9. Bechlert F.: Problemy niezawodności i odnowy urządzeń technicznych. Warszawa, WNT 1974.

10. Cramer H.: Metody matematyczne w statystyce. Warszawa, PWN 1958.

11. Kopociński B.: Zarys teorii odnowy i niezawodności. Warszawa, PWN 1973.

12. Matla R.: Gospodarka elektroenergetyczna. Warszawa, Wydawnictwa Politechniki Warszawskiej 1977.

13. Mejro C.: Podstawy gospodarki energetycznej. Warszawa, WNT 1981.

14. Kołodziej J., Metoda i algorytm obliczania wskaźników niezawodności zasilania stacji elektroenergetycznych 110.- 400kV. Materiały Międzynarod. Konf. Nauk.-Techn., Gliwice 1977, tom I, s. 61.

15. Guziński J., Kołodziej J., Metoda oceny niezawodności sieci przesyłowej. Oprac. Instytutu Energetyki nr 10599, Warszawa 1974.