مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (36) العدد (6) 2014
Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Engineering Sciences Series Vol. (36) No. (6) 2014

الخوارزمية الرياضية الناظمة لتصحيح عمل نظم القدرة الكهربائية في حالة نقص الاستطاعة الكهربائية

الدكتور المهندس زياد هرموش*

(تاريخ الإيداع 12 / 10 / 2014. قُبِل للنشر في 27/ 11 / 2014)

□ ملخّص □

إن عمل نظم القدرة الكهربائية في الشروط الطبيعية هو ما نسعى إلى تحقيقه دوماً، و هو ما يمكن أن يمثل الحالة المثالية لعمل نظام الطاقة الكهربائية، أما عمل نظم القدرة الكهربائية في حالة نقص الاستطاعة الكهربائية فهو ما نسعى إلى تجنبه لأن ذلك يقود إلى خسائر كبيرة في الاقتصاد الوطني، و قد تكون هذه الخسائر كبيرة جداً عندما نتحدث عن حدود الربط بين الأنظمة وفقاً لإطار زيادة التحميل، و ذلك بسبب الطلب غير الكافي للطاقة الكهربائية. إن فعالية العمل في هذه الشروط يمكن أن ترتفع بشكل ملحوظ عند الحد المعقول من الطلب على الاستطاعة الكهربائية، و كذلك عند إيجاد الحل الأفضل لعمل نظم الطاقة الكهربائية و خطوط الربط فيما بينها مع الأخذ بالحسبان خسائر آليات فصل المستهلكين التي تضمن لهم استقرار حمولاتهم، و في النهاية عند الاستخدام الكامل لميزات الطاقة الاحتياطية المعروفة و ذلك عند إجراء التصحيح اللحظي لنظام العمل. نعرض في هذا البحث الطرق الأساسية لحل مثل هذه المسائل و التي تدخل في إطار الموثوقية، كما نسعى لصياغة الخوارزمية الرياضية الناظمة لتصحيح عمل نظم القدرة الكهربائية في حالة نقص الاستطاعة الكهربائية.

الكلمات المفتاحية: الخوارزمية الرياضية– نظم القدرة الكهربائية– نقص الاستطاعة الكهربائية –الطاقة الاحتياطية – التصحيح اللحظي.

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

مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (36) العدد (6) 2014
Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Engineering Sciences Series Vol. (36) No. (6) 2014

Mathematical Algorithm Used for Controlling the Electrical Power Systems Works in Case of Shortage of Electrical Power

Dr. Ziad Harmoush*

(Received 12 / 10 / 2014. Accepted 27 / 11 / 2014)

□ ABSTRACT □

Operating the electrical power systems at normal conditions is our goal always. This is what represents the ideal state of electrical power system work. Hence, the electrical power system work in case of insufficient electrical power requires avoiding since it leads to big losses in national economy.

These losses could be huge when we talk about connection borders between systems as per overload frame, because of lack of electrical power request. The impact of these conditions could be noticeably decreased at a reasonable limit of electrical power request. When we find out the optimal solution of electrical power systems operation and the communication lines between them while considering the losses of consumers disconnecting that guarantee the stability of loads. Finally, it is so at full use of maneuver (available cases) spare power properties when applying the instant correction of regime. This paper studies the basic approach to solve these issues which imply the reliability definitions.

Keywords: Mathematical Algorithm; Electrical Power Systems; Lack of Electrical Power; Spare Power; Instant Correction.

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

مقدمة:

تحتوي أنظمة القدرة الكهربائية عدداً كبيراً ومتنوعاً من الأجهزة الكهربائية. مثلاً، في لحظة ما يمكن أن تكون الأجهزة الكهربائية المنزلية لدى المستهلكين (مصابيح، محركات... إلخ) موصلة أو غير موصلة إلى الشبكة وذلك كتابع لمجموعة من الحوادث العشوائية مثل: نظام حياة الأسرة، طريقة استعمالها للأجهزة الكهربائية المختلفة... إلخ. وبنتيجة تراكب مثل هذه الحوادث العشوائية يتحدد لدينا القيمة المتوفرة للاستطاعة المستهلكة في كل جزء من أجزاء الشبكة. يعد استعمال المميزات الاحتمالية للظواهر العشوائية هاماً جداً عند البحث عن الحل الأمثل في مرحلة تصميم نظام القدرة OPTIMIZATION.

فمثلاً إن استمرار تغذية قسم من المستهلكين بالطاقة الكهربائية معتمد على مجموعة من الحوادث العشوائية. لذلك يجب عند التصميم تحديد مقدرة نظام القدرة على تحمل انقطاع التغذية أي حساب الخسارة المادية التي تنجم عند انقطاع التغذية عن المستهلك أو عن جزء من الشبكة. إن تحديد الخسارة هذه يمكن أن يتم من خلال استعمال مبادئ نظرية الاحتمالات.

إن عمل نظم القدرة الكهربائية في الشروط الطبيعية هو ما نسعى إلى تحقيقه دوماً، و هو ما يمكن أن يمثل الحالة المثالية لعمل نظام الطاقة الكهربائية، أما عمل نظم القدرة الكهربائية في حالة نقص الاستطاعة الكهربائية فهو ما نسعى إلى تجنبه دوماً لأن ذلك يقود إلى خسائر كبيرة في الاقتصاد الوطني، و قد تكون هذه الخسائر كبيرة جداً عندما نتحدث عن حدود الربط بين الأنظمة وفقاً لإطار زيادة التحميل، و ذلك بسبب الطلب غير الكافي للطاقة الكهربائية. ندرس في هذه الورقة الطرق الأساسية لحل مثل هذه المسائل و التي تدخل في إطار الموثوقية، فنظام الطاقة الحديث عادة ما يكون موثوقاً و متيناً ضد الاضطرابات ، بمعنى أن الحالات الطارئة الأولية هي حالات ذات خصوصية معينة في التعامل معها عند وقوعها.[1]

أهمية البحث و أهدافه:

إن أية خسائر ناجمة عن نقص في الاستطاعة الكهربائية يمكن أن تلحق بالاقتصاد الوطني أذى كبير، مما يستدعي ضرورة البحث في عمل نظم القدرة الكهربائية في حالة نقص الاستطاعة الكهربائية و من هنا تأتي أهمية هذا البحث، حيث يهدف بالدرجة الأولى إلى تجنب إلحاق الأذى بالاقتصاد الوطني لا بل و السعي لتوطيد بنيانه، و تثبيت أركانه ليقود الدولة و المجتمع نحو التقدم و الرفاه.

طرائق البحث و مواده:

نعرض في هذا البحث امكانية استخدام بعض العلاقات الاحتمالية الشهيرة و التي تدخل في صلب الطرق الأساسية المستخدمة في حل مسائل نقص الاستطاعة الكهربائية كما ترتبط بشكل وثيق بمفهوم موثوقية نظام القدرة الكهربائي، و نسعى في الأساس لصياغة الخوارزمية الرياضية الناظمة لتصحيح عمل نظم القدرة الكهربائية في حالة نقص الاستطاعة الكهربائية.

النتائج والمناقشة:

إنَّ الحدَّ من الطلب على الطاقة الكهربائية يجب أن يتحقق على أساس تقييم موثوقية ضمان مصادر الطاقة (أي الوقود التقليدي من أجل المحطات الكهروحرارية، و الماء من أجل المحطات الهيدروليكية). إنَّ التحكم بموثوقية ضمان الطلب على مصادر الطاقة بالنسبة إلى نظم الطاقة الكهربائية يمكن أن يتم من خلال توريد كميات الوقود المُصَمّمة و المناسبة و ذلك وفقاً لشروط نقص و عجز الطاقة الكهربائية بالنسبة إلى لمستهلكين قيد الدراسة و البحث. من حيث المبدأ يمكن حل هذه المسألة على أساس اعتبارها أنها مسألة من مسائل الأفضلية Optimal problem. أما إذا تطرقنا إلى إطار ما يسمى مفهوم التوابع الكلية فيمكن أن نعتبر هذه المسألة على أنها مسألة توابع متغيرة مؤلفة من مركبات التكاليف السنوية المُدرَجة في نظام الطاقة الكهربائية، و نرمز لتكاليف الوقود بالرمز Ex^F أي Fuel Expenses ونرمز لخسائر المستهلكين بالرمز L أي Consumer Losses (وسيتم استخدام هذه الرموز في كامل سياق البحث) و نعتبر هذه الخسائر أنها خسائر ناجمة عن عدم كفاية الطلب على الطاقة الكهربائية. و نكتب العلاقة (1) التي تربط بين الخسائر الكلية و مجموع خسائر المستهلكين مع الخسائر الناجمة عن عدم كفاية الطلب على الطاقة الكهربائية، أي:

$$Ex. = Ex^F + L \qquad (1)$$

يمكن تمثيل الخسارات في التوابع الكلية على شكل مركبتين هما المركبة التصميمية Planning Component و رمزها L^{pl} و المركبة اللحظية Instant Component و رمزها L^T (و ذلك تحت شرط الطلب اللحظي الطبيعي على الطاقة الكهربائية، و كذلك تحت شرط سريان المياه في المحطات الهيدروليكية). و نكتب العلاقة الآتية:

$$L = L^{pl} + L^T = \Delta E^{pl} . L_o^{pl} + \Delta E^T . L_o^T \qquad (2)$$

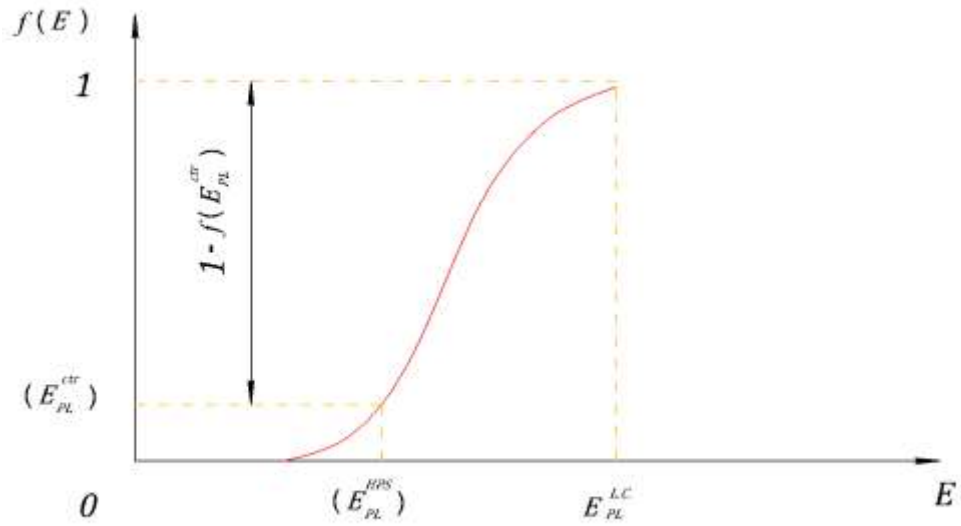
حيث : $\Delta E^{pl} . L_o^{pl}$: هي عبارة عن المستهلكين المحدودين و المُصَممين عند الحدود السنوية المتناسبة مع الخسارة النوعية.

$\Delta E^T \& L_o^T$: هي عبارة عن الطاقة الكهربائية غير المُسَلّمة (غير الحرة) في إطار الخطة و الحدود الموضوعة و المتناسبة مع الخسارة النوعية.

إذا كان حجم توريد الوقود التصميمي مثالياً، فإن التكاليف السنوية Annual costs المُدْرَجة في نظام القدرة الكهربائية و رمزها E_y^F تصبح ضمن حدود معينة و متناسبة مع الامكانيات الأعظمية لإنتاج الطاقة الكهربائية ضمن المحطات الكهروحرارية أو تصبح متناسبة مع إمكانيات الموردين. و هكذا فإنه ينتج عن المعادلة (2) ما يسمى الحجم المثالي لتوريد الطاقة الكهربائية المخطط لها للمستهلكين، أي $E_{pl.opt.}^{L.C.}$ (انظر الشكل 1 حيث يبين أنه من أجل الطلب البسيط على الطاقة الكهربائية فقد تم تبني قيمة محددة و تساوي $E^{L.C.}$).[3,2]. يمكن كتابة المعادلة (2) بالشكل:

$$E_{X.} = \left(E^{L.C.} - E_{pl.}^{L.C.} \right) L_O^{pl.} + L_O^T \int_{-\infty}^{E_{pl}^{L.C.}} \left(E_{pl.}^{l.c.} - E^{\Sigma} \right) f\left(E^{\Sigma}\right) dE^{\Sigma} \quad ,(3)$$

حيث: $f\left(E^{\Sigma}\right)$ – هي كثافة توزيع مجموع إمكانيات توريد الطاقة الكهربائية في النظام ككل.



الشكل (1) المنحني المعبر عن العلاقة بين التكاليف السنوية المدرجة في نظام الطاقة الكهربائية المجسدة بمحطة طاقة هيدروليكية

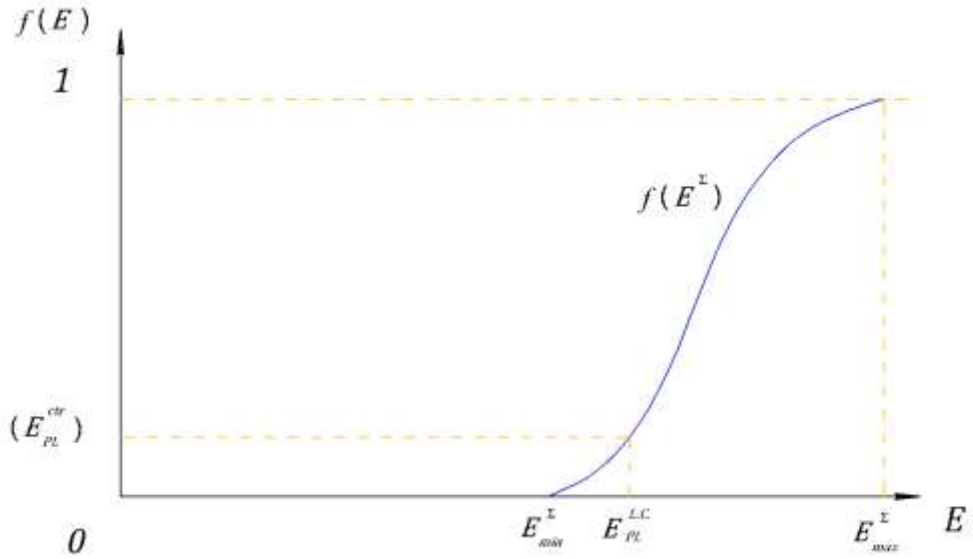
يمكن الحصول على القيمة المثلى للطاقة الكهربائية التصميمية من خلال العلاقة الآتية:

$$dE_x \Big/ dE_{pl}^{L.C.} = 0$$

بإجراء تفاضل المعادلة رقم (3)، و من ثم بمساواة الناتج مع الصفر فإننا نحصل على شروط الحل الأمثل، أي نحصل على المعادلة الآتية:

$$F\left(E^{\Sigma} = E_{pl.opt.}^{L..}\right) = L_o^{pl} \Big/ L_o^{l.c.} \qquad (4)$$

و هذا ما يمكن تجسيده من خلال الشكل (2) الذي يعبر عن التكاليف السنوية المدرجة في نظام الطاقة الكهربائية و الحجم المثالي لتوريد الطاقة الكهربائية للمستهلكين.



الشكل (2) المنحني المعبر عن العلاقة بين التكاليف السنوية المدرجة في نظام الطاقة الكهربائية و الحجم المثالي لتوريد الطاقة الكهربائية للمستهلكين

بتعبير آخر، فإن معيار الأفضلية Optimal criteria يُعَدُّ مساوياً لتابع توزيع الطاقة الكهربائية الممكنة في النقطة الموافقة للتصميم المرتبط بالضياعات الطولانية وفقاً للقيود التصميمية و الظرفية للمستهلكين الكهربائيين. و هذا سيكون مساوياً لاحتمال أن تصميم أحمال المستهلكين الكهربائيين سيكون غير محقق وفقاً للشروط الحدية. إن التوقع الحسابي Mathematical Expectation لعدم إمكانية الحصول على الطاقة الكهربائية عند هذه الشروط الحدية سيكون مساوياً للمعادلة الآتية:

$$)\Delta\ E^{l.c.} = \int_{-\infty}^{E_{pl}^{l.c.}} (\ E_{pl}^{l.c.} - \ E^{\Sigma})\ \mathrm{f}\ (E^{\Sigma})\mathrm{d}E^{\Sigma} \qquad (5)$$

و بهذا الشكل يكون احتمال تنفيذ مخطط أحمال الطاقة الكهربائية $E_{pl}^{l.c.}$ عن طريق المعادلة رقم (4) ممكناً وفق إطار الموثوقية التقليدية الموافِقَة لشروط النظام الوظيفي الأمثل عند نقص مصادر الطاقة، و يقصد هنا بالنظام الوظيفي، أي النظام الذي يضمن لكل الأجزاء المصممة للنظام القيام بوظيفتها بالشكل الأفضل.

إنَّ تحديد و تقييد الطلب على الاستطاعة الكهربائية ضروري إذا كان الاحتياط العملي الذي يتم الحصول عليه بعد إجراء الصيانة عليه (صيانة القضبان) غير كافي للضبط و التحكم بالتردد في حدود متطلبات النظام المتعلق بالطاقة الكهربائية وفقاً للاحتمالات المتوخاة.

ثمة طرق و برامج حاسوبية تسمح بحساب احتمال Probability عمل نظم الطاقة متعددة العقد و رمزها p(T) بوجود قيود على مميزات (خصائص) سريان التيارات بين هذه العقد المتعددة، أو بكلمات أخرى حساب احتمال عمل نظام القدرة الكهربائية بتردد أقل من التردد الاسمي.

لم يتم هنا الأخذ في الحسبان الصعوبات المبدئية و حساب احتمال عمل نظام القدرة الكهربائية عند انحراف التردد إلى مستوى أدنى من المستوى المنشود الذي يتم بلوغه، بمعنى المستوى الذي يسمح بالحد الأدنى للعمل الطبيعي لنظام القدرة، و هذا يتوافق مع احتمال نقص الاستطاعة أي:

$$p_{def.} > \Delta f \sum_{\substack{i=1 \\ i \neq j}} K_{Hi}\, p_{Hi} \qquad (6)$$

حيث:

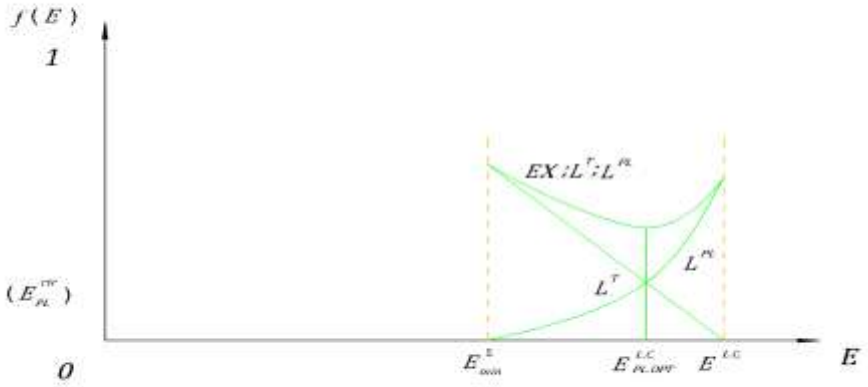
Δf – انخفاض التردد المنشود الذي يتم بلوغه (بالقيم الواحدية).

K_{Hi} – معامل انحراف التردد المتعلق بالحمولة الكهربائية.

p_{Hi} – مجموع حمولات العقد في نظام العمل المدروس و المتعلق بعمل نظام القدرة.

j – رقم العقدة التي لا يتم فيها حصول نقص للاستطاعة.

عند عدم الحصول على احتمال كبير للعمل بتردد منخفض، فإنه من الضروري تقييد استطاعة المستهلكين الكهربائيين في ساعات الحمل الأعظمي *Maximum loads*. يُحتاج هنا إلى استخدام طرق خاصة تتضمن خوارزميات و برامج حاسوبية لإجراء الحساب اللازم في عقد الحمولات الأعظمي و ذلك وفقاً لكل مرحلة زمنية مدروسة و التي تضمن الحصول على الاستطاعة المولدة لنظام الطاقة على أساس الموثوقية المطلوبة. و يبين الشكل (3) المنحنيات المعبرة عن العلاقة بين التكاليف السنوية المدرجة في نظام الطاقة الكهربائية و بين المنحنيات المعبرة عن المركبات التصميمية و اللحظية للخسائر مع الطلب البسيط للطاقة الكهربائية $E^{l.c.}$.



الشكل (3) المنحنيات المعبرة عن العلاقة بين التكاليف السنوية المدرجة في نظام الطاقة الكهربائية و بين المنحنيات المعبرة عن المركبات التصميمية و اللحظية للخسائر مع الطلب البسيط للطاقة الكهربائية $E^{l.c.}$

لقد تبين أنه عند ظروف نقص الاستطاعة *Lack of power* فمن المناسب دراسة الحل الأمثل لأنظمة الاتصال البينية على أساس أخذ بالحسبان الخسائر الناجمة عن التقييد المدروس و المصمم للمستهلكين، و كذلك الخسائر الناجمة عن الفصل القسري و المتعمد لهؤلاء المستهلكين الكهربائيين. و هنا يمكن الاستفادة من طرق التحكم الآلي لمنع حدوث الأعطال من أجل تجنب انهيار الاستقرار[5-4].

إن الشروط التي تحدد قيم انحراف الحمولات والمؤثرة في الواقع على انحراف حمولات الخطوط يمكن إجمالها في الخوارزميات الحسابية الآتية:

$$P_{off.l.}^{L} = P_{off.l.}^{(k-1)}, \qquad P_{L.C.}^{j(k-1)} \leq P^{j} < P_{L.C.}^{j(k)}$$

$$P_{off.l.}^{L} = \begin{cases} 0, & P^{j} < P_{l.c.}^{j(1)} \bigvee P^{s} < P_{l.c.}^{s(1)}; \\ P^{(1)} & P^{j} \geq P_{l.c.}^{j(1)} \bigwedge P^{s} < P_{l.c.}^{s(1)}; \end{cases}$$

$$P_{off.l.}^{L} = \begin{cases} 0, & P^{j} < P_{l.c.}^{j(1)} \bigvee P^{s} < P_{l.c.}^{s(1)}; \\ P^{(1)} & P^{j} \geq P_{l.c.}^{j(2)} \bigvee P^{j} \geq P_{l.c.}^{j(1)} \bigwedge P^{s} \geq P_{l.c.}^{s(1)}; \end{cases}$$

حيث:

$P_{off.l.}^{L}$ – الحمولات عند عطل فصل خطوط الطاقة الكهربائية

P^{j} و P^{s} – سريان الاستطاعة في كل من المقطعين j , s

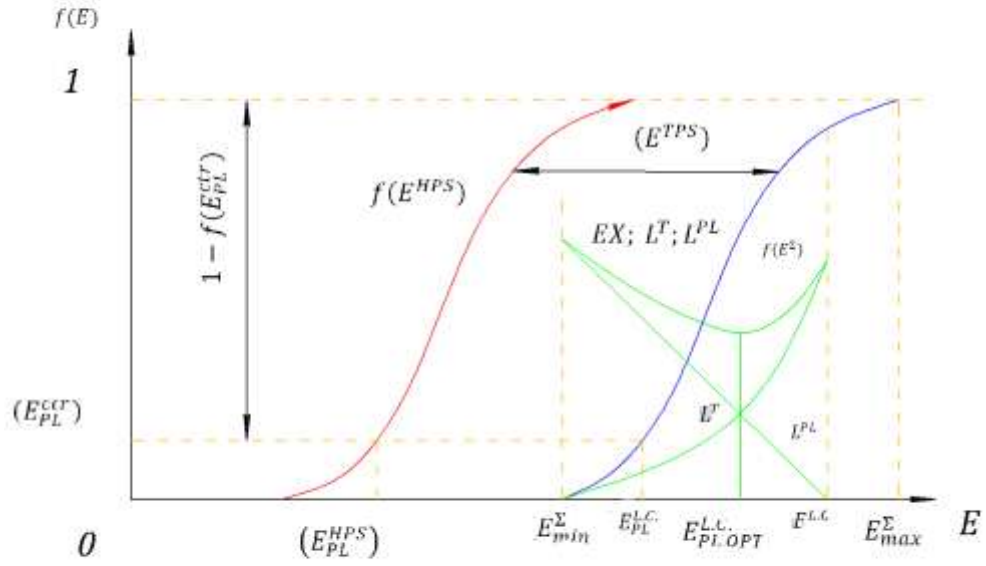
$P_{on}^{(k-1)}$– الحمولة المتعلقة بمستوى التحكم بنظام العمل الواقعي.

$(k-1)$ – عدد مستويات التحكم بنظام العمل الواقعي.

$P_{on}^{(k-1)}$– سريان الاستطاعة في المقطع j من دارة التحكم في إطار عمليات التحكم بنظام العمل الحالي.

لتصميم عمل نظام العطل عند الطلب على الاستطاعة، فمن الضروري تحديد علاقة ترددات الفصل من أجل كل خط بالنسبة لسريانات الاستطاعة. عند ذلك يجب الأخذ بالحسبان الانحرافات غير المنتظمة لسريان الاستطاعة و المؤدية لانحراف جريانات الاستطاعة عن الاستطاعة المخطط لها و المتعلقة بأخطاء

منحنيات الحمولة المتوقعة، و كذلك طلب الاستطاعة الناجم عن أعطال الفصل للحمولات أو الاستطاعات المولدة في نظام العمل المترابط ككل. و هذا ما يمكن تمثيله من خلال الشكل (4) الذي يبين حالة الجمع بين المنحنيات المبينة في الأشكال (1) و (2) و (3).



الشكل (4) الذي يبين حالة الجمع بين المنحنيات المبينة في الأشكال (1) و(2) و(3) وهي مجموعة المنحنيات المعبرة عن مركبات التكاليف السنوية المدرجة في نظام الطاقة الكهربائية بالإضافة إلى منحنيات خسائر المستهلكين الناجمة عن عدم كفاية الطلب على الطاقة الكهربائية

لإنقاص الخسائر لدى المستهلكين فيجب فصل الحمولات الزائدة و منابعها بصورة سريعة و ذلك حسب الإمكانات المتاحة، من البديهي القول إنه يجب على الموزع الرئيس أن يكون مهيّأً و منظماً للنظام عند إجراء عملية فصل الحمولات، و ذلك لكي تتمكن المحطات الكهربائية من الربط مع التحكم الأوتوماتيكي بالحمولات المرتبطة بالشبكات ذات الاستطاعة التي لا تزيد عن الاستطاعات المسموح بها. من الضروري أيضاً إجراء تصحيح سريع لنظام العمل عند إدخال تجهيزات التوليد أو عناصر الخطوط الشبكية في حالة العطل.[7,6]

تسمح الخوارزمية المدروسة بتحديد تغير حمولة المحطة الكهربائية دون ربطها مع نظام التحكم الآلي الذي يضمن خلال زمن أصغري T تجهيز النظام و تحضيره بالتوافق مع الطلب الرئيس القادم من الموزع الرئيسي *Basic distribution*.

إن المسألة الرياضية لتصحيح نظام العمل من أجل التحضير لإدخال الحمولات المتموضعة في العقدة i و المُجَسَّدة بالقيمة ΔP_{lc} يمكن صياغتها وفقاً لأسس و مفاهيم البرمجة الخطية على الشكل الآتي:

$$max\{V_{in}, z\Delta P_{in}\} \leq V_{in} \leq min\{V_{in}, z\Delta P_{in}\}; i = \overline{1,I}, \quad n = \overline{1,N}; \quad (7)$$

(8)

$$max\left\{\Delta P_{\mu}, \Delta \underline{P_{\mu}} + k_{i\mu} i \Delta P_{ni}\right\} z \leq \sum_{i=1}^{I} k_{i\mu} \sum_{n=1}^{N_i} V_{in} \leq min\left\{\Delta \overline{P}_{\mu}, \Delta \underline{\overline{P}_{\mu}} + k_{i\mu} i \Delta P_{ni}\right\} z, \mu = \overline{1,M};$$

$$max\{-\Delta\overline{P}_A\Delta P_{ni} - \Delta\overline{P}_A\}z \leq \sum_{i=1}^{I}\sum_{n=1}^{N_i} V_{in} \leq min\{-\Delta\underline{P}_A, \Delta P_{ni} - \Delta\underline{P}_A\}z \quad (9)$$

حيث:

$Z = \frac{1}{T}$ – هي القيمة التصحيحية للزمن المتعلق بحل المتراجحات المبينة أعلاه.

I– عدد العقد في المكان قيد الدراسة.

N– عدد المحطات الكهربائية التابعة للعقدة i و الخاضعة لعملية التصحيح.

M/ – عدد المقاطع الخطرة.

تأخذ المتراجحة رقم (7) بالحسبان القيود الموضوعة على المحطات الكهربائية من ناحية المميزات الديناميكية. بينما تأخذ المتراجحتين (8) و (9) القيود من ناحية الخاصية التمريرية بين الأنظمة و ربطها في جميع المقاطع المتحكم بها، و كذلك في أنظمة المحطات الكهربائية ذات الفواصل المنتظمة. إن الحصول على الحل الأفضل يعني تخفيض سريانات التيارات في الخطوط إلى المستوى المطلوب أي إلى الحالة المثلى، لأن غير ذلك يعني أن الحل ناقص، بمعنى أن المجال المنشود يكون ناقصاً. نستنتج من خلال الربط التسلسلي و المنطقي للخطوات المشروحة أعلاه النتائج التحليلية لمسألة الحل الأفضل بشكل عام بحيث نعتبر هذا الحل هو حلاً نهائياً Final Solution يتم وفقه صياغة شروط واضحة و جديدة تماماً على حساب الزيادة المدروسة للزمن الذي تستغرقه عملية تجسيد المؤثرات التحكمية t_{DO}، أي أنه يتم تغيير مجالات تنظيم الاستطاعة للمحطات الكهربائية، و يُقصد بهذا التغيير ضمناً عدم التأثر بزيادة الحمولة بحيث يتم استثناء المحطات الكهربائية ذات الاستطاعة القليلة نسبياً، بالإضافة إلى تغيير سريانات التيارات المفترضة في خطوط النقل. فإذا لم تتوفر إمكانية تقييد زيادة الحمولة في الخطوط من خلال الإجراء المذكور أعلاه (أي بتغيير استطاعات المحطات الكهربائية وفقاً للزمن المفترض)، فإنه يمكن اللجوء إلى فصل الحمولات، لكن و حتى لا يبدو هذا الإجراء عشوائياً Random، فإنه يتم إتباع الفصل المعتبر وفقاً لأهمية المستهلكين بحيث يؤدي ذلك إلى تخفيض مستوى الأعطال إلى الحد الأدنى للخسائر المرتبطة بالمستهلكين الهامشيين ضمن إطار عملية التحكم العملياتي في نفس عقدة المستهلكين اللذين يتم الحديث عنهم. و في حقيقة الأمر فإنه يجب الاعتراف هنا بأن ثمة خسائر نسبية مرتبطة بهذا الفصل الاضطراري، (و لكن يدخل في إطار الحل المنشود)، و هناك إمكانية لصياغة توابع التقييم الخطي المرحلي (على مراحل) بقطع أو فصل الاستطاعة في كل عقدة. إن صياغة هذه التوابع تدخل في إطار مسألة الحل الأفضل بحيث يتم تغيير الاستطاعة في العقد من خلال إدخال مفهوم الزمن الموحد في عقد المولدات والأحمال، وهذا في الواقع يؤدي إلى أن الخسائر الناجمة عن فصل المستهلكين تنقص إلى أدنى مستوى لها.

الاستنتاجات والتوصيات:

1– تم الحصول بناءً على النتائج التحليلية على الحل الأمثل بحيث نعتبر هذا الحل هو حلاً نهائياً Final Solution يتم وفقه صياغة شروط واضحة و جديدة تماماً على حساب الزيادة المدروسة للزمن t_{DO}، أي أنه يتم تغيير مجالات تنظيم الاستطاعة للمحطات الكهربائية.

2- تمت صياغة الخوارزمية الرياضية الناظمة لتصحيح عمل نظم القدرة الكهربائية في حالة نقص الاستطاعة الكهربائية و المجسدة وفق العلاقات الرياضية من (1) حتى (8).

3- إن المسألة الرياضية لتصحيح نظام العمل من أجل التحضير لإدخال الحمولات المتموضعة في العقدة i و المُجَسَّدة بالقيمة ΔP_{lc} يمكن صياغتها وفقاً لأسس و مفاهيم البرمجة الخطية و المجسدة حسب العلاقات الرياضية (7) ،(8) و (9).

4- لقد تبين أنه عند ظروف نقص الاستطاعة فمن المناسب دراسة الحل الأمثل لأنظمة الاتصال البينية على أساس أخذ بالحسبان الخسائر الناجمة عن التقييد المدروس و المصمم للمستهلكين، و كذلك الخسائر الناجمة عن الفصل القسري و المتعمد لهؤلاء المستهلكين الكهربائيين.

5- تسمح الخوارزمية المدروسة بتحديد تغير حمولة المحطة الكهربائية دون ربطها مع نظام التحكم الآلي الذي يضمن خلال زمن أصغري T تجهيز النظام و تحضيره بالتوافق مع الطلب الرئيسي القادم من الموزع الرئيس.

6- يوصى بمتابعة إجراء البحث في إطار التوزيعات الاحتمالية المنفصلة و المستقلة على غرار التوزيعات الثنائية و توزيع بواسون إضافة إلى التوزيع الأسي و التوزيع الطبيعي.

المراجع:

1. M.N. Rozanov., Investment assessment of reliability for basic electrical power systems. Moscow, 1979.
2. M.N. Rozanov., Investment assessment of reliability for systematic networks of power system// systematic questions of reliability for huge power systems. Omsk.1979 . Pub.19, p.11-21.
3. M.A. Dobitsky., M.N. Rozanov., Design of automatic and against failure system for calculation of reliability net// design of electrical power systems. Baco.1992, p.223-224.
4. G.A. Dobitsky., Procedures for fast correction of active electrical power systems. Ircotsk, 1989, p.65-67.
5. B.B. Mogurev., V.G. Oranov., C.A.Kvaluve., Complex problems of reliability. Novoceebersk. 2001. P.32-34.
6. O. Zaetoni. , H. Armala ., Mathematics (3), Tishreen University,2011.
7. R. R. Billinton ., R. A. Wood., Power system reliability calculation. MIT press . U.S.A. 2006.p. 173.