

دراسة و تحليل الزمن الحقيقي في أنظمة الطاقة الكهربائية

الدكتور زياد هرموش*

(تاريخ الإيداع 1 / 7 / 2014. قَبِلَ للنشر في 17 / 9 / 2014)

المخلص

يهدف البحث إلى دراسة و تحليل الزمن الحقيقي في نظام الطاقة الكهربائية المؤلف من تجهيزات التوليد و النقل و التوزيع عن طريق إعادة توزيع الاستطاعة الفعلية للمولدات الكهربائية، بغية تقييد عمليات الإفراط في تحميل خطوط نقل الطاقة الكهربائية في الحالة التي يكون فيها حمولات المحطة الكهربائية الاحتياطية لا تغطي الأحمال الضرورية و الهامة عند العطل. تشير أغلب القوانين المتعلقة بتصميم نظم الطاقة الكهربائية إلى تناسب طردي للزمن الحقيقي لعمل تجهيزات نظام الطاقة الكهربائي مع الميزات التي تعطيها العلاقات الرياضية النازمة لتتابع التوزيع الاحتمالية بالإضافة للطرق الإحصائية، و التي تعطي إمكانية كبيرة لدراسة و تحليل زمن التحليل الرياضي الحقيقي عند حساب الحمولات المعتمدة، و هذا ما يستتبع الوصول إلى الحلول المنشودة في الحد من الأضرار الناجمة عن الأعطال التي يمكن أن تحدث في أي وقت من الأوقات.

كلمات مفتاحية: الزمن الحقيقي - نظرية الاحتمالات - الطرق الإحصائية - نظام الطاقة الكهربائية - تجهيزات التوليد و النقل و التوزيع.

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

Studying and Analyzing the real Time in Electrical Power Systems

Dr. Ziad Harmoush*

(Received 1 / 7 / 2014. Accepted 17 / 9 / 2014)

ABSTRACT

The study seeks to determine the real time in electrical power system, which consists of generating, transmitting and distributing equipment by using redistributing active power of electrical generators in order to organizing the overload operation of electrical power transmission line loading in such case that the spare loads of electrical station are not covering the important and necessary loads at failures.

The most of laws related to electrical power systems design indicated to proper ratio of real time of electrical power system equipment along with characteristics of probability distributed functions in addition to statistics methods which give a high possibility to reduce the real time of considered loads; so; this leads to the requested solutions which reduce the damage of failures at any time.

Key Words: Real time – Probability Theory – Statistics Methods – Electrical power system – generated, transmitted and distributed equipment.

*Assistant Professor , Electrical power department , Mechanical & Electrical Engineering Faculty , Tishreen University , Lattakia , Syria.

مقدمة:

نظام الطاقة الحديث عادة ما يكون موثوقاً و متيناً ضد الاضطرابات ، حتى الكبيرة منها ، بمعنى أن الحالات الطارئة البدائية هي متطلبات ذات أولوية عالية. و هذا يعود إلى مجموعة من العوامل نذكر منها على سبيل المثال لا الحصر تطبيق التخطيط المعتمد ، الامتداد المتزامن للنظام و الانجاز الواسع لنظام التحكم الواسع كمشروع نظام الحماية .

يطلب من نظام الطاقة الكهربائي الاستمرارية بالعمل بحيث لا تنقطع التغذية عن أية من المناطق عند حدوث حالات طارئة معقولة . يصمم نظام الطاقة ليكون متيناً بشكل كافٍ لتحديات الاضطرابات المعتمدة وذلك في مرحلة التخطيط . إن كل المولدات و المحولات و الخطوط يتم تغطيتهم بنظام حماية معقد و ممتد و أجهزة مراقبة . ويكون هنالك عمال مدربون مستمرين يراقبون حالتهم [1].

دخلت نظرية الاحتمالات Probability theory منذ زمن بعيد مجال التطبيق العملي في جميع فروع العلوم والتكنولوجيا، سواءً في مرحلة الدراسات والتصميم أو في مرحلة الاستثمار. فهي مثلاً تستعمل بشكل واسع في نظرية الموثوقية RELIABILITY ونظرية الاتصالات ونظرية المعلومات وفي كثير غيرها. إن اعتماد نظرية الاحتمالات على تحليل المعطيات الإحصائية Statistics Data جعل منها الأساس الرياضي المتين الذي يسمح بالانتقال من العلاقات التجريبية إلى تحديد قانونية الظواهر المختلفة بشكل علمي دقيق. ولعل أهم مجال تطبق فيه هذه النظرية هو التنبؤ بوقوع الظواهر والحوادث المختلفة [2].

إن فعالية حل المسائل المفروضة والتي تحلل مفهوم زمن التحليل الرياضي الحقيقي لنظم الطاقة الكهربائية تتحدد من خلال مجموعة واسعة من العلاقات الرياضية ذات الصبغة الاحتمالية و الاحصائية في إطار الحسابات الكهربائية ذات الصلة بالإضافة إلى طرق استخدام المعلومات و حركتها ضمن هذا النظام.

أهمية البحث و أهدافه:

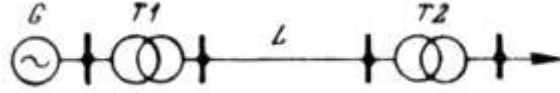
يهدف البحث إلى دراسة و تحليل الزمن الحقيقي في نظام الطاقة الكهربائية المؤلف من تجهيزات التوليد و النقل و التوزيع عن طريق إعادة توزيع الاستطاعة الفعلية للمولدات الكهربائية بغية تقييد عمليات الإفراط في تحميل خطوط نقل الطاقة الكهربائية في الحالة التي يكون فيها حمولات المحطة الكهربائية الاحتياطية لا تغطي الأحمال الضرورية و المهمة عند العطل، مما يؤدي إلى أقل قدر ممكن من الخسائر لدى المستهلكين عند حدوث العطل و من هنا تأتي أهمية هذا البحث حيث إن ذلك يعطي بعداً اقتصادياً بالإضافة إلى البعد الفني و التقني.

طرائق البحث و مواده:

إن فعالية حل المسائل المفروضة والتي تحلل مفهوم زمن التحليل الرياضي الحقيقي لنظم الطاقة الكهربائية Electrical power system تتحدد من خلال مجموعة واسعة من العلاقات الرياضية ذات الصبغة الاحتمالية و الإحصائية في إطار الحسابات الكهربائية ذات الصلة بالإضافة إلى طرق استخدام المعلومات و حركتها ضمن هذا النظام. وهكذا فإن هذه الحسابات تأخذ بالاعتبار ليس فقط منحنيات الحمولة ومنحنيات تغير الاستطاعة و حالات الأعطال بل وكذلك تأخذ بالحسبان جميع التحولات و التبدلات التي يمكن أن تطرأ على المنحنيات والمخططات الواصفة للشبكات الكهربائية Electrical Networks.

النتائج و المناقشة:

يبين الشكل (1) نظام قدرة كهربائية مؤلف من مولد G، ومحولة رافعة للجهد T_1 وخط نقل L ومحولة خافضة للجهد T_2 .



الشكل (1) نظام قدرة كهربائية مؤلف من مولد G، ومحولة رافعة للجهد T_1 وخط نقل L ومحولة خافضة للجهد T_2

فحساب زمن التحليل الرياضي المطلوب كمرحلة أولى نبدأ باختيار البارامترات التقنية التي تأخذ بالحسبان الخصائص الزمنية Time Characteristics لمستهلكي الطاقة الكهربائية وهكذا فإن هذه الحسابات تأخذ بالاعتبار ليس فقط منحنيات الحمولة ومنحنيات تغير الاستطاعة بل تأخذ بالحسبان جميع التحولات والتبدلات التي يمكن أن تطرأ على المنحنيات والمخططات الواصفة للشبكات الكهربائية.

و يمكن تبين ذلك من خلال الصيغ التحليلية المنهجية لمؤشر الفعالية Efficiency Factor حيث ننتقل بالحساب من خلال استخدام مفهوم زمن استمرار التحميل الأعظمي (الحمل الأعظمي) T_S وفق المعادلة التالية [3] :

$$T_S = \frac{\int_{t_1}^{t_2} P(t).dt}{P_S} \quad (1)$$

و لا بد هنا من إدخال عامل التحميل (اللحظي) في الحسابات Load Factor، و هو عبارة عن النسبة بين الحمولة (اللحظية) إلى أكبر قيمة للحمولة، أي الحمولة الأعظمية P_S ، و نعرّف بالتالي ما يسمى عامل ملاءة منحنيات الحمولة Load Charts Factor (رمزه m) كما يلي:

$$m = \frac{P(t)}{P_S} \quad (2)$$

أما زمن استمرار الضياعات الأعظمية τ فهو يساوي:

$$\tau = \frac{\int_{t_1}^{t_2} P(t).dt}{\Delta P_{\max}} = \frac{\Delta A}{\Delta P_{\max}} \quad (3)$$

حيث: ΔP - ضياعات الاستطاعة

ΔP_{\max} - ضياعات الاستطاعة الأعظمية

ΔA - ضياعات القدرة

τ - زمن استمرار الضياعات الأعظمية

T - محولة رافعة للجهد T_1 وخط نقل L ومحولة خافضة للجهد T_2

* تحليل البيانات الكهربائية وفقاً للعلاقات الرياضية الناظمة لتدفق هذه البيانات:

يمكن القول أن المرحلة الأولى للنمذجة الإحصائية Statistics Modeling يطلق عليها اسم مرحلة استنباط المعلومات، بينما تُعد طرق تحليل البارامترات المعتمدة على التوابع العكسية Reversible Functions من الطرق الإحصائية الأساسية لتقييم البارامترات التي تُعطينا إمكانية كبيرة لتحليل ودراسة مسائل الحسابات العملية للضياعات، فمن الضروري ملائمة هذه الطرق الإحصائية مع البيانات المتدفقة لبارامترات الشبكات ذات التصميم المنتمي إلى نظام العمل أي بتعبير آخر و بصورة أكثر شمولية التلاؤم مع نظام القدرة الكهربائي، و يمكن في مرحلة قادمة من البحث المتطور إدخال معلومات و معطيات عن بارامترات لا تقع تحت المراقبة المرئية و التي يعتبر أخذها بالحسبان أكثر دقة للحصول على النتائج المطلوبة بشكل تقريبي و لكن موثوق بنفس الوقت [3].

و بالاستناد إلى هذا التحليل فإنه يتم حل الكثير من مسائل حسابات نظم الطاقة الكهربائية في إطار ما يسمى التوقع الرياضي للحمولات بالإضافة إلى تقييم بارامترات النظام الكهربائي ذات المعطيات المرتبطة بالعناصر الكهربائي المنخرطة في إطار هذا النظام الكهربائي.

إنّ **أية** مسألة من مسائل "التحليل العكسي" مرتبطة بتقييم بعض البارامترات، و لنكن من الشكل $t_1, t_2, t_3, \dots, t_n$ هي عبارة عن القيم الاحتمالية التي تأخذ الشكل $i_1, i_2, i_3, \dots, i_n$ و هذه القيم تأخذ مدى يكون من مرتبة ذات الرمز K (السعة) و تكون جزءاً من الإجمالي العام للقيم الاحتمالية المذكورة The Mentioned Probability Values.

ثمة طريقتين عامتين لتقييم البارامترات الإحصائية - طريقة الاحتمالات الأعظمية و طريقة الترابيع الأصغرية. يمكن تبيان عملية التوافق بين كلا الطريقتين بحيث يتم توضيح معادلات البارامترات للطريقة الأولى و من ثمّ ننطلق إلى المعادلات التي تتطابق مع الطريقة الثانية مما يعطي إمكانية الوثوق بالنتائج الناجمة عن كلا الطريقتين بحيث تتطابق هذه النتائج مع بعضها البعض و هو ما يجسد الجهد المستحدث لهذه الورقة في عملية تقييم البارامترات الداخلة في دراسة زمن التحليل الرياضي الحقيقي لنظم الطاقة الكهربائية .

لتحديد مميزات و خصائص تقييم أو حساب البارامترات بطريقة التوافق الحقيقي الأعظمي ندرس و نعالج الخيارات المستقلة $i_1, i_2, i_3, \dots, i_n$ و التي تتعلق بالقيم الاحتمالية و المنسجمة بشكل كبير مع علاقات الاحتمالات التالية [4+5]:

$$K (i_1, i_2, i_3, \dots, i_n ; t_1, t_2, t_3, \dots, t_n) = \prod_{i=1}^N f(i, t_1, t_2, \dots, t_n) \quad (4)$$

هذه **الاحتمالات** متعلقة بقيم البارامترات $i_1, i_2, i_3, \dots, i_n$ المبيّنة في العلاقة أعلاه.

الاحتمالات الكبيرة للخيارات تدعى في مفهوم الإحصاء الرياضي بالتوابع المتطابقة (التوابع المتطابقة). إنّ قيم البارامترات $i_1, i_2, i_3, \dots, i_n$ مجهولة و يجب أن تُحسب في أحسن الأحوال على أساس قيم $t_1, t_2, t_3, \dots, t_n$ الداخلة في حساب البارامترات ذات الحدود n بما يناسبها من التوابع المتطابقة عند حدود الترتيب الرياضي و التي تُطلق عليها اسم العلاقات الإحصائية أي:

$$f_1 (i_1, i_2, i_3, \dots, i_n); \dots; f_n (i_1, i_2, i_3, \dots, i_n) \quad (5)$$

أما بالنسبة إلى العلاقات المجسدة لمفهوم الترتيب الرياضي و المنسجمة مع ما ذكر أعلاه فيمكننا وضعها في الإطار التالي:

$$E(X) = \begin{cases} \sum_k x_k P(X=k) = \sum_k x_k P_k ; \text{ ل } X \text{ من فضاء } \mathcal{L} \\ \int_{-\infty}^{+\infty} x f(x) dx ; \text{ ل } X \text{ مستمر } \mathcal{R} \end{cases}$$

إنَّ طريقة الحصول على المعطيات الإحصائية و استقصاء هذه البارامترات الأساسية هي التي تحدد طريقة الحساب، و يتم استخدام التحويل من التوابع التتابعية K ضمن إطار طريقة التتابع الحقيقي الأعظمي و ذلك بالانطلاق من قيم $f_i (i_1, i_2, i_3, \dots, i_n)$ وفقاً للعلاقة التالية:

$$f_i (i_1, i_2, i_3, \dots, i_n) = \frac{\partial K (i_1, \dots, i_n, t_1, \dots, t_n)}{\partial t_i} = 0. \quad (6)$$

و إذا كانت التوابع K تملك الواحد المطلق فهذا هو المطلوب، وفقاً للشرط (6) فإنه يتناسب و التوابع التتابعية الأعظمية و ومن هنا تسمية هذه الطريقة بهذا الشكل.

و بدلاً من شرط التابع الأعظمي نكتب $K(i, t)$ بحيث يمكن الحصول على شرط متناسب مع توابع التزايد الانسيابي $F(K)$. يتم في طريقة التتابع الحقيقي الأعظمي و تبعاً لهذه التوابع التزايدية الانسيابية فقد تم استخدام التوابع من الشكل $c = \ln K$ و التي تسمح بالانتقال إلى المجاميع المتحولة و ذلك من أجل الخيارات المستقلة لحدود الترتيب الرياضي المعتمدة على نظرية الاحتمالات. و استطراداً نعالج أولاً المعادلات الشهيرة و الأكثر تداولاً في الأدبيات المرجعية لنظام العمل الطبيعي في جملة الطاقة الكهربائية و نكتب:

$$P_i = V_i \sum_{K=1}^n V_K (G_{iK} \cos \theta_{iK} + B_{iK} \sin \theta_{iK}); \quad (7)$$

$$Q_i = V_i \sum_{K=1}^n V_K (G_{iK} \sin \theta_{iK} + B_{iK} \cos \theta_{iK}),$$

حيث:

$$P_i (Q_i) - \text{توازن الاستطاعات الفعلية و الردية في العقد من المرتبة } i.$$

$$V_i, \theta_i - \text{الزاوية الطورية و التوتر في العقد ذات المرتبة } i.$$

n - عدد العقد.

$$Y_{iK} = G_{iK} + i B_{iK}, \theta_{iK} = \theta_i - \theta_K ;$$

نفترض الآن أن تغير حمولة الأجهزة الكهربائية المربوطة في العقد المدروسة لا يؤدي إلى تغير كبير في الجهد، كما نفترض أيضاً أن التغير في سريان الاستطاعة الردية ضئيل للغاية، و نستخدم هنا العلاقة التقريبية التالية:

$$\begin{aligned} \sin \theta_{iK} &\approx \theta_i - \theta_K \\ \cos \theta_{iK} &\approx 1 \end{aligned} \quad (8)$$

و كذلك نأخذ بالحسبان أن G_{iK} صغيرة نسبياً، و هذا يؤدي إلى الحصول على معادلة خطية لتوزيع سريان الاستطاعة ذات التيار المستمر، مما يقود إلى تصحيح نظام الطاقة الكهربائية المدروس وفقاً لدقة جيدة، أي:

$$\Delta P = H \Delta \theta$$

حيث:

$$H_{iK} = -V_i \cdot V_K \cdot B_{iK} ; i \neq k ; H_{ii} = - \sum_{K=1, K \neq i}^n H_{iK}$$

نأخذ بالحسبان نسبة سريان الاستطاعات في الفروع، و نكتب معادلة سريان الاستطاعة في عقد الاستطاعة و في الفروع:

$$\Delta P_L = M H^{-1} \Delta P = A \Delta P$$

حيث: $A = M H^{-1}$ ندعوها بالمصفوفة التوزيعية، أما $M H$ فهي تمثل عناصر هذه المصفوفة.

تتطلب مسائل التحكم Control Problems إدخال مفهوم العناصر القابلة للتغيير ضمن إطار المواصفات المعروفة لقيم توازن الاستطاعة الفعلية في العقد P_i ، حيث يمكن اعتبارها لحظية، و ذلك من خلال تحديد منطقة التغيرات المسموحة لكل متغير من المتغيرات المتوفرة و الداخلة في الإطار العام لنظم الطاقة الكهربائية (لكل عنصر تحكيمي)، أي: $\Delta P_i^{\min} \leq \Delta P_i \leq \Delta P_i^{\max}$ حيث إن تابع القيمة المتغيرة هو f_i و يتم تمثيله كما يلي: $f_i(0) = 0$ و f_i ، و هي ما يمكن اعتبارها المتغيرات التحكمية التي تتعلق بالاستطاعات السارية في الخطوط عند حدوث العطل [7+6].

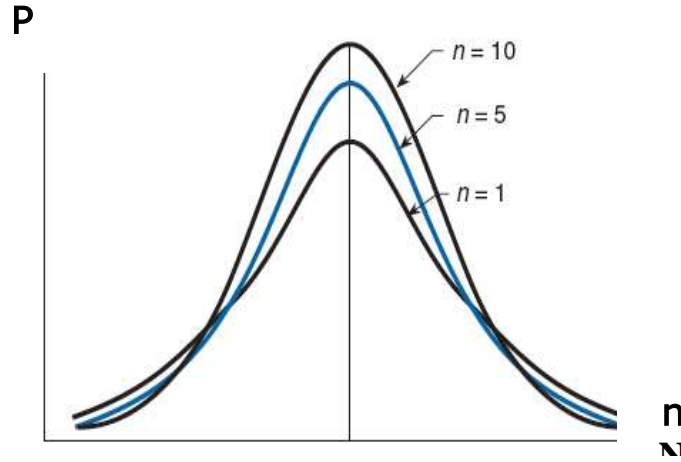
تُعدُّ الحملات الكهربائية Electrical Loads المفترض مرورها في الخطوط من أهم العناصر الخاضعة للدراسة و التحليل في الإطار الزمني و ذلك من أجل معرفة و من ثم دراسة و تحليل الزمن الحقيقي و الفعلي لتجهيزات نظام الطاقة الكهربائية للحصول على الاستقرار الديناميكي و الاستقرار الساكن للنظام **Dynamic & Static Stability**، قد تم إدخال مفهوم زيادة التحميل الناجمة عن العطل بواسطة تقليل مجموع الضياعات الأساسية الداخلة في التيارات السارية في الخطوط وفق الحدود التالية:

$$\min f (P_1, \dots, P_{n1}) = \min \sum_{i=1}^n f_i (P_i) ;$$

$$P_{iK}^{\min} \leq P_{iK} \leq P_{iK}^{\max} ;$$

$$P_i^{\min} \leq P_i \leq P_i^{\max} ;$$

حيث: n هو عبارة عن عدد المتغيرات التحكمية الداخلة في معادلات الاستطاعات. و يمكن من خلال تغيير هذا العدد الحصول على مجموعة من المنحنيات كما هو مبين بالشكل رقم (2):



الشكل (2) مجموعة المنحنيات المعبرة عن عدد المتغيرات التحكمية n الداخلة في معادلات الاستطاعات

سنتطرق الآن إلى دراسة النقطتين التاليتين: النقطة الأولى تتعلق باستخدام المؤثرات التحكمية فقط على استطاعة التجهيزات و الحصول من خلال هذه الدراسة على أهم مميزات الزمن الحقيقي المدروس، أما النقطة الثانية فيتم فيها استخدام المؤثرات التحكمية على استطاعة حمولة النظام المدروس و تكرار نفس الخطوة التي تطبق على النقطة الأولى أي الحصول على مميزات الزمن الحقيقي قيد الدراسة.

إنّ نظام العمل الطبيعي Normal System يغطي سلوك كلاً من النقطتين الأولى و الثانية المذكورتين أعلاه و ذلك بدون استخدام المؤثرات التحكمية (استطاعة التجهيزات و استطاعة حمولة النظام المدروس)، حيث يتم الربط هنا بين النظام الكلي و النظام الفرعي أي بتعبير آخر، يتم توصيف نظام المعادلات المبسط كآلاتي [8]:

$$F_S = \sum_y F_y \quad (10)$$

حيث: F_S - التابع الصحيح للنظام ككل.

F_y - التابع الصحيح للنظام الفرعي.

و يتحدد التابع الصحيح المشتق بالنسبة للبارامترات الداخلة في علاقة الاستقرار الديناميكي من خلال العلاقة

الآتية:

$$\frac{\partial F_S}{\partial X_j} = \sum_{y \subset y_i} \frac{\partial F_y}{\partial X_i} \quad (11)$$

و هكذا فقد تم إدخال علاقة ارتباط بين النظام S و النظام الفرعي i أو j على شكل متغيرات داخلية

Internal Variables و التي تملك الشكل الآتي:

$$\frac{\partial F_S}{\partial X_j} = \frac{\partial F_j}{\partial X_j} + \left[\frac{\partial X_B}{\partial X_j} \right]^T \left[\frac{\partial F_S}{\partial X_B} \right] \quad (12)$$

حيث: X_j - المتغيرات الداخلية في النظام الفرعي j ، وهذه المتغيرات هي جزء من البارامترات الداخلة في

علاقة الاستقرار الديناميكي.

العلاقة: $-\frac{\partial F_S}{\partial X_B}$ شعاع (مصفوفة) يملك مقياس هو عدد المتغيرات من أجل كل عنصر من العناصر وفق

$$\frac{\partial F_S}{\partial X_B} = \sum_{j=ji} \frac{\partial F_j}{\partial X_B} \quad (13)$$

بتطبيق الطريقة التدريجية على العلاقتين (10) و (11) و بالأخذ بالحسبان أن المتغيرات الخارجية هي عبارة عن الاستطاعة الفعلية و الاستطاعة الردية على حدود النظام الفرعي فإننا نحصل على مصفوفة المشتقات الخاصة للنظام الفرعي أي نحصل على العلاقة:

$$\left[\frac{\partial \Delta X_B}{\partial X_B} \right] \Delta X_B = \left[\frac{\partial V_B}{\partial X_B} \right] = B \Delta X_{ij} \quad (14)$$

حيث:

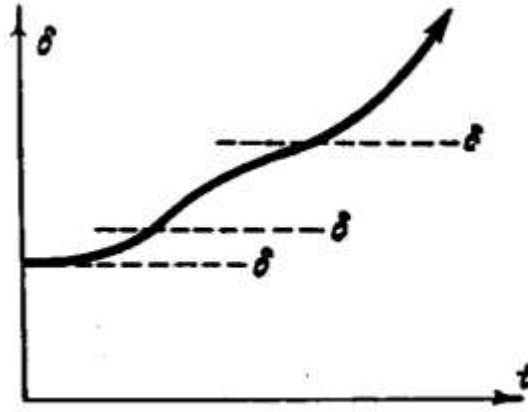
$$- \left[\frac{\partial V_B}{\partial X_B} \right] \text{ عبارة عن المشتقات الخاصة للنظام الفرعي } B .$$

B - شعاع يتضمن العناصر $\frac{\partial V_B}{\partial X_B}$ من أجل العقد المتجاورة مع النظام الفرعي B .

و هكذا فإن النظام الخاضع لهذه العلاقات الرياضية يسمح بالحساب المتكامل لجميع البارامترات و المؤثرات التحكمية المحيطة بالنظام المدروس، و التي توصف بشكل حقيقي كل بارامترات نظام الطاقة الكهربائي اللازمة لاستقراره الديناميكي Dynamic Stability في الزمن الفعلي [9].

إن إعادة توزيع استطاعات التجهيزات الكهربائية Power Redistribution ينضوي في الحيز المرتبط بالنقطتين المذكورتين أعلاه والتي يمكن أن تؤدي إلى الحد من الخسائر الناجمة عن زيادة التحميل، حيث يتم وضع معايير للمؤثرات التحكمية المثلى، و لكن يجب الإشارة إلى أن إعادة توزيع الاستطاعات يجب أن تطبق فقط في تلك المولدات التي تؤثر بشكل ملحوظ على الأداء الشامل للعطل (عند ظروف متشابهة فإن الفرضية تستتبع اعتبار المحطات الكهربائية التي تملك احتياطا أكبر من الطاقة و مرونة أكبر فإنه يجب إجراء التمثيل الفيزيائي لمؤثراتها التحكمية في غضون المقطع الزمني الأقل).

و يبين الشكل رقم (3) العلاقة بين الزمن المدروس في الإطار اللحظي الحقيقي و زاوية خرج المولدات التي تؤثر بشكل ملحوظ على الأداء الشامل للعطل وفق الفكرة المشروحة أعلاه.



الشكل رقم (3) يبين العلاقة بين الزمن المدروس في الإطار اللحظي الحقيقي و زاوية خرج المولدات التي تؤثر بشكل ملحوظ على الأداء الشامل للعطل وفق الفكرة المشروحة أعلاه (δ هي زاوية خرج المولدات)

إن وضع معيار عام لمقارنة نوعية المؤثرات التحكمية يُعد من المسائل الصعبة الحل، كما أن المتطلبات اللازمة لتجسيد هذه المؤثرات المدروسة في **غضون المقطع الزمن المعطى**، و هذا يستتبع المعالجة المبسطة التالية: إن كل عنصر تحكم (محطة كهربائية) يملك مواصفات ديناميكية ترتبط بالزمن $-t_i$ و هو الزمن اللازم لتغيير استطاعة التوليد أي ΔP_i (M.Watt) حيث إن هذه المميّزة تدخل في إطار التابع المعرف أعلاه f_i ، و نُدخل في الحساب أيضاً الزمن t_{DO} و هو الزمن الذي تستغرقه عملية تجسيد المؤثرات التحكمية.

تملك المعادلة $t_i(\Delta P_i) = t_{DO}$ جذرين حقيقيين في إطار التتابع f_i ، جذراً معطى في المستوى الأعلى High Level للتراتبية الحسابية، و جذراً آخر معطى في المستوى الأدنى Down Level بحيث يؤدي إلى تغيير التوليد المدروس عند تغيرات الاستطاعة المحددة في هذه المحطة الكهربائية.

إن خاصية التغيير السريع للاستطاعة اللحظية يُوصف Describe حالة المحطات الكهربائية الضخمة لذلك يُقترح استخدام التابع الزمني t_i المشروح أعلاه و ذلك بإدخاله في مسألة التحكم العملياتي لما بعد العطل في إطار القيم المدروسة لتتابع تغيير الاستطاعة في المحطات الكهربائية Electrical Power Stations.

إن تخفيض سرينات التيارات في الخطوط إلى المستوى المطلوب أي إلى الحالة المثلى، و ذلك من خلال الربط التسلسلي و المنطقي للخطوات المشروحة أعلاه يؤدي إلى 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 التأثير بزيادة الحمولة بحيث يتم استثناء المحطات الكهربائية ذات الاستطاعة القليلة نسبياً، بالإضافة إلى تغيير سرينات التيارات المفترضة في خطوط النقل. وإذا 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 المعترف وفقاً لأهمية المستهلكين بحيث يؤدي ذلك إلى تخفيض مستوى الأعطال إلى الحد الأدنى للخسائر المرتبطة بالمستهلكين الهامشين ضمن إطار عملية التحكم العملياتي في نفس عقدة المستهلكين

الذين 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 المرهلي (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 و الأحمال، و هذا في الواقع يؤدي إلى أن الخسائر الناجمة عن فصل المستهلكين تنقص إلى أدنى مستوى لها.

يتم تقييم زيادة الحمولة في المحطات الكهربائية من خلال افتراض عدم وجود حل للمسألة برمتها، و من ثم تقييد زيادة الحمولة في العناصر الأكثر أهمية، و نعرف هنا مفهوم معامل زيادة الحمولة الخطر الذي يتحدد بالعاملين التاليين:

1- الخسائر الناجمة عن العطل في الخطوط بالمقارنة مع زيادة الحمولة الكبيرة، و بالتحديد احتمال التعطل الناجم عن فصل خطوط النقل، و ضمن هذا الإطار فإنه يُقترح دراسة الزمن الواسطي للعمل المستقر للنظام الكهربائي وفقاً لزيادة الحمولة هذه.

2- قيم العناصر السارية و التي توصف مرحلة ما بعد العطل (مرحلة الانتهاء من العطل) كما تُدخل في الحسابات إمكانيات التطور المستقبلي للعطل عند فصل العناصر التي يتعرض لها هذا العطل. إن المواقف التي يمكن أن تبرز عند فصل أي مستهلك بحيث تُحسب من خلال معامل الموثوقية Reliability Coefficient يمكن أن تمثل موقفاً حرجاً Critical Situation مما يستتبع اعتبارها نوعاً من أنواع الأعطال و يُقترح دراسة مستمرة لها. و يمكن الذهاب إلى أبعد من ذلك إذا أخذنا بالحسبان قيم معامل الموثوقية العابر التي تحدد القيم الخطية لبارامترات نظام الطاقة Electrical Power System Parameters عند فصل خط النقل و خاصة إذا كان لهذا الخط مميزة تناسبية، أو مستوى توتر عالٍ، و هذا يقود إلى القول إن معامل الخطورة لزيادة الحمولة يجب أن يزداد عند زيادة القيم المذكورة أعلاه، كما أنه ينقص عند انخفاض الزمن الواسطي لاستقرار العمل في النظام الكهربائي.

الاستنتاجات و التوصيات؛

1 - إن استخدام علاقات تغيير الاستطاعة الفعلية للمحطات الكهربائية و فصل المستهلكين وفقاً لأولوية منظمة لنظم الطاقة الكهربائية ساعد في التحكم بزيادة الحمولات في خطوط النقل من خلال معرفة الزمن الحقيقي لعمل التجهيزات قيد الاستخدام. [انظر الأشكال (2) و (3)].

2- إن تخفيض زمن التحليل الرياضي لنظام الطاقة الكهربائي يعطى إمكانية الاستفادة من برامج التحكم الرئيسي ضمن إطار الزمن الحقيقي، مع التنويه بأن هذه البرامج هي برامج أساسية ضخمة و تتطلب أبحاث إضافية مكتملة لهذا البحث.

3- الاعتماد على المعادلات الشهيرة و الأكثر تداولاً في الأدبيات المرجعية لنظام العمل الطبيعي في جملة الطاقة الكهربائية يساهم بشكل فعال في تحقيق موثوقية في النتائج المرجوة و المتعلقة بإطار نظام الطاقة الكهربائية (انظر النتيجة 2 أعلاه).

- 4- إن خاصية التغيير السريع للاستطاعة اللحظية يُوصَف Describe حالة المحطات الكهربائية الضخمة لذلك يُقترح استخدام التابع الزمني t_i المشروح أعلاه و ذلك بإدخاله في مسألة التحكم العملياتي لما بعد العطل في إطار القيم المدروسة لتتابع تغيير الاستطاعة في المحطات الكهربائية Electrical Power Stations.
- 5- يوصى بمتابعة البحث من خلال إنجازة على عمل تطبيقي متكامل يوضح العمل و يغني الموضوع بإدخال مفاهيم و مبادئ نظرية الاحتمالات و الطرق الإحصائية في دراسة نظم الطاقة الكهربائية.

المراجع :

- 1- GNEDENKO B., *Probability Theory in Arabic language* , MER Publisher, Moscow,1990,591.
- 2- NERC, *Planning Standard*, (Date accessed: September 1, 2003).
<<http://www.nerc.com/~filez/pss-psg.html>>
- 3- CIGRE, task Force 38.02.19, *System protection schemes in power networks*, CIGRE SCTF 38.02.19, 2000.
- 4- ALWASSOUF, A.,JADEED A., NAZEEHA K., *Entrance In Probability and Statistics (1)* , Tishreen University , 2007-2008, 441.
- 5- HARMOUSH Z., *Probability Theory. Third class*, Tishreen University , 2012-2013, 413.
- 6- VENEKOV V.A., STROEV V.A., ONGER A.B., and Others, *Control algorithm building in after fault systems of electrical power systems by using computers*.1992, 41.
- 7- VENEKOV V.A., *Power evaluating as complicated system*, Moscow, 1985, 516.
- 8- HARMOUSH Z., *Development Adapting Control Algorithm In Electrical Power As per Dynamic Stability Conditions for Electrical Networks*, Tishreen University , 2007-2008, 14.
- 9- ISBER G., *Analyze Electrical Networks*, Tishreen University Pub, 1994,615.