دراسة وثوقية نظم التوليد ذات الاحتياط الساخن والاحتياط البارد في وحدات محطات توليد القدرة الكهربائية ومقارنتها

A study and comparison the reliability of power generating systems with hot- and cold-reserves

أحمد الحسن الناصر، أستاذ مساعد في قسم هندسة الطاقة الكهربائية، كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية، جامعة البعث

عبد الرحمن عمر الحسن، أستاذ مساعد قسم هندسة نظم القدرة الكهربائية، كلية الهندسة الكهربائية والإلكترونية، جامعة حلب

الملخص

يطلب من نظم التغذية الكهربائية أن تؤمن القدرة الكهربائية اللازمة لتغطية متطلبات الأحمال الكهربائية بشكل دائم وموثوق وبجودة عالية، لذلك تشكل وثوقية تغذية المحطات الكهربائية قضية هامة دوماً، وخصوصاً أن أهميتها قد تزايدت في الوقت الحاضر نظراً لحساسية الأحمال تجاه انقطاعات التغذية والخسائر الاقتصادية العالية التي ترافق عملية الانقطاع أو خروج الشبكة العامة عن الاستقرار.

يقدم البحث مقارنة بين وثوقية نظم التوليد باستخدام كل من احتياطي الدوار الساخن والاحتياط البارد hot- and cold-reserves، ثم يبيّن الفرق بين مستويات الوثوقية للحالتين، كما يظهر أهمية عمليات الصيانة الدورية اللازمة لرفع مستوى وثوقية نظم التوليد ذات الاحتياطي البارد ليقترب من مستوى وثوقية نظم التوليد ذات الاحتياطي الساخن.

الكلمات المفتاحية: وثوقية، احتياط بارد، احتياط ساخن

1- المقدمة:

تتواجد في محطات توليد القدرة الكهربائية وحدات توليد تعمل باستطاعات أحمال دنيا أو بدون أحمال في الأوقات الموافقة لفترات الاستهلاك الأصغر وفقاً لمنحني أحمال القدرة الكهربائية التابع للزمن، حيث يتم خلالها تخفيض الاستطاعة عن بعض مجموعات التوليد لتعمل على فراغ أو تعمل كمعوضات متواقتة، وبذلك يتم تشغيلها عندئذ كوحدات احتياط ساخنة جاهزة للتحميل السريع عند الضرورة.

يستخدم الاحتياط الساخن في محطات التوليد الهيدروليكية أو المحطات الغازية أو المحطات الحرارية ذات الدارة المركبة عادة عندما تكون عمليات إقلاع وتوقف وحدات التوليد سهلة عملياً ولا تشكل صعوبة بالنسبة لعمل تلك المحطات.

أما بالنسبة لأنواع المحطات التي يكون فيها زمن إقلاع وتوقف وحدات التوليد طويلا نسبياً، كما هو الحال بالنسبة للمحطات الحرارية البخارية، التي يصل فيها زمن الإقلاع أو التوقف إلى عدة ساعات، فيتم السعي لجعل تلك الوحدات تعمل بمقادير استطاعة منخفضة تساوي القيمة الصغرى المسموحة والكافية للحفاظ على كل من الضغط ودرجة الحرارة في المراجل، والتي تسمح بالتشغيل السريع للوصول إلى الحالة الكاملة لعمل الوحدة، وهذا ما يعرف بالإقلاع من الحالة الساخنة [1].

2- الهدف من البحث وأهميته:

2-1- الهدف من البحث:

إن الهدف من البحث هو دراسة مخططات الحالة حسب قانون ماركوف (Markov) لكل من حالتي الاحتياط الساخن والاحتياط البارد، وإجراء مقارنة بين وثوقية عمل محطات التوليد عند استخدام الاحتياط الساخن وموثوقيتها عند استخدام الاحتياط البارد.

2-2- تمثيل حالتي الاحتياط لمحطات توليد القدرة الكهربائية:

آ- الاحتياط الساخن في محطات التوليد hot-reserve in electric power stations:

في حالة الاحتياط الساخن تكون الوحدات التي تعمل في نظام الاحتياط عادة مماثلة للوحدات الرئيسية التي تقع تحت الحمل؛ فإذا كان الإجراء المتبع هو فصل

الأحمال عن وحدات التوليد عند الحمولات الصغرى وإبقاء الوحدة في حالة تشغيل على فراغ دون تحميل عندها يتحقق ما يسمى بالاحتياط الساخن.

إن الخطوة الأولى لوضع الوحدة الاحتياطية في الخدمة لتغذية الأحمال هي عملية إغلاق القواطع بحيث تستمر الوحدة في تغذية الشبكة بالقدرة الكهربائية، سواء كان ذلك لتعويض نقص الاستطاعة الناتج في النظام الكهربائي نتيجة انخفاض مؤشرات الوثوقية أو نتيجة زيادة استطاعة الأحمال المفاجئة، وبالتالي فإن الانتقال من حالة العمل بدون حمل إلى حالة العمل تحت الحمل لا تستدعي تغييراً في الحالة بالنسبة للاحتياط الساخن standby [2] و[3]. أما بالنسبة للوحدة الرئيسية العاملة فإنها تنتقل من حالة العمل إلى حالة التوقف (out of service) بمعدل انتقال يساوي معدل كثافة الأعطال في واحدة الزمن ($a\ failure\ rate[1/h]$)[1] و[3]، وهذا يعني أن احتمال توقفها وخروجها عن العمل السليم خلال واحدة الزمن يساوي معدل احتمال الأعطال.

إن حالة العطل الكامل للنظام تتمثل في حالة خروج الوحدتين الرئيسة والاحتياط من الخدمة بسبب التوقف الإجباري (forced outages)، وبالتالي يمكن التمييز بين ثلاث حالات بالنسبة لنظام التوليد ذي الاحتياط الساخن، والتي يمكن تمثيلها بمخططات الحالة لماركوف كما في الشكل (1) حسب المرجع [4]:

1. حالة عمل الوحدة الرئيسة في حالة جاهزية للتحميل (main unit UP) والوحدة الاحتياط في حالة جاهزية أيضاً لكن بدون حمل (standby).
2. حالة خروج الوحدة الرئيسة من الخدمة (main unit down) والوحدة الاحتياط جاهزة للتحميل (reserve unit UP).
3. حالة تعطل كل من الوحدتين الرئيسة والاحتياط (system out of service).

الشكل(1) مخطط الحالة لنظام التوليد الذي يعمل باحتياط ساخن

ب- الاحتياط البارد في محطات التوليد cold-reserve in electric power stations:

في حالة الاحتياط البارد تكون الوحدات التي تعمل في نظام الاحتياط عادة مماثلة للوحدات الرئيسة التي تغطي حاجة الأحمال؛ فإذا كان النظام المتبع هو إيقاف بعض وحدات التوليد عند الحمولات الصغرى، حين يكون عملها غير اقتصادي وإبقاء الوحدة الاحتياط في حالة توقف، كما في حالة المحطات الحرارية؛ عندها يتحقق ما يسمى بالاحتياط البارد[1].

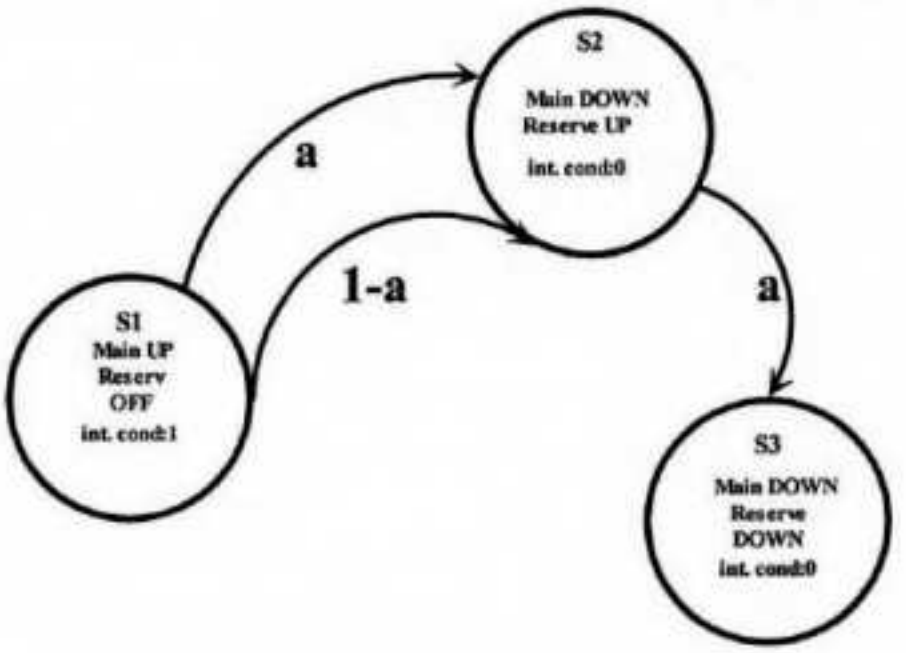
وتتمثل الخطوة الأولى لوضع الوحدة الاحتياطية تحت الحمل بالمباشرة بعملية الإقلاع من الوضعية الباردة، ثم تحميل الوحدة لتقوم بتغذية النظام بالقدرة الكهربائية، سواء كان ذلك لتعويض نقص الاستطاعة الناتج في النظام الكهربائي نتيجة لانخفاض مؤشرات الوثوقية أو الزيادة المفاجئة لاستطاعة الأحمال، ولكن في هذه الحالة يمكن أن تصادف المستثمرين مشكلة تتلخص في مسألة الفشل في مرحلة الإقلاع وعدم الوصول إلى الحالة التي تمكّن الوحدة من التوصيل مع الحمل الكهربائي وتغذية النظام بالقدرة الكهربائية اللازمة. إن الفشل في عملية الإقلاع بسبب حدوث عطل ما يؤدي إلى خروج وحدة التوليد الاحتياطية من الخدمة لفترة زمنية مساوية لزمن الصيانة اللازم لاستعادة الوضع الطبيعي مضافاً إلية الزمن اللازم للإقلاع (time restoration and starting time).

إذا كان معدل فشل الإقلاع هو نفس القيمة المساوية لمعدل فشل الوحدة من وضعها في الخدمة في حالة العمل الطبيعي a، كما هو الحال بالنسبة للوحدة الرئيسة، فإن الوحدة الاحتياطية تنتقل من حالة الوقوف إلى حالة العمل بمعدل $(1-a)$، وهو يمثل معدل نجاح عملية إقلاع وحدة التوليد الاحتياط [5] و[6].

أما الوحدة الرئيسة في المحطة فتنتقل من حالة العمل الطبيعي إلى حالة التعطل (out of service) بمعدل قدره (a)، وبالتالي يمكن تمثيل أوضاع عمل نظام التوليد ذي الاحتياط البارد بالحالات التالية:

1. عمل الوحدة الرئيسة وتعطل الوحدة الاحتياطية.
2. عمل الوحدة الاحتياط وتعطل الوحدة الرئيسة.
3. تعطل النظام كاملاً.

وبالتالي فإن مخطط الحالة حسب ماركوف لنظام التوليد ذي الاحتياط البارد [2] يكون كما في الشكل (2):



الشكل(2) مخطط الحالة لنظام التوليد ذي الاحتياط البارد

3- طريقة ماركوف لدراسة الوثوقية:

إن الطريقة المستخدمة لدراسة وثوقية نظم التوليد في هذا البحث هي طريقة ماركوف [2]، حيث تعطى المعادلات التفاضلية ومصفوفة الانتقال كما يلي:

$$[dp(t)/dt] = [p(t)] \times [Q] \qquad (1)$$

وتعبر هذه العلاقة عن معدلات تغير الحالة بالنسبة لنظام التوليد المدروس وهي عبارة عن مصفوفة سطرية، أما الطرف الأيسر فيمثل كل من:

$[p(t)]$ – مصفوفة حالات النظام وهي تحتوي على احتمالات وقوع نظام التوليد المدروس في كلٍ من حالة العمل وحالة العطل، أي أن:

$$[p(t)] = [p_1(t), p_2(t), \ldots\ldots, p_n(t)] \qquad (2)$$

$[Q]$ – هي عبارة عن مصفوفة مربعة بأبعاد (nxn) وتحتوي على معدلات كثافة الأعطال في عناصر النظام المدروس:

$$[Q]=\begin{vmatrix} q_{11} & q_{12} & q_{13} & \cdots\cdots & q_{1n} \\ q_{21} & q_{22} & q_{23} & \cdots\cdots & q_{2n} \\ q_{31} & q_{32} & q_{33} & \cdots\cdots & q_{3n} \\ \cdot & & & & \\ \cdot & & & & \\ q_{n1} & q_{n2} & q_{n3} & \cdots\cdots & q_{nn} \end{vmatrix} \qquad (3)$$

بالعودة إلى المعادلة العامة لماركوف يمكن كتابة مصفوفة الانتقال لكل من الحالة الساخنة والحالة الباردة للاحتياطي كما في الفقرة اللاحقة.

3-1- مصفوفات الانتقال والتمثيل الرياضي لحالات التشغيل:

إن مصفوفة الانتقال للعمل من الحالة الساخنة:

$$Q_h=\begin{bmatrix} -a & a & 0 \\ 0 & -a & a \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \qquad (4)$$

أما مصفوفة الانتقال للعمل من الحالة الباردة:

$$Q_{cold}=\begin{bmatrix} -1 & 1 & 0 \\ 0 & -a & a \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \qquad (5)$$

بالعودة إلى المعادلة (2) يمكن كتابة معادلات ماركوف بالشكل العام لكل حالة من حالتي الاحتياط الساخن والبارد.

آ- في حالة الاحتياط الساخن:

$$\begin{cases} [dp_{h1}(t)/dt, dp_{h2}(t)/dt, dp_{h3}(t)/dt]= \\ [p_{h1}(t), p_{h2}(t), p_{h3}(t)]\times\begin{bmatrix} -a & a & 0 \\ 0 & -a & a \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \end{cases} \qquad (6)$$

والمعادلات التفاضلية الموافقة لحالة الاحتياط الساخن:

$$\begin{cases} \dfrac{dp_{h1}(t)}{dt} = -a\ p_{h1}(t) \\ \dfrac{dp_{h2}(t)}{dt} = a\,p_{h1}(t) - a\,p_{h2}(t) \\ \dfrac{dp_{h3}(t)}{dt} = a\,p_{h2}(t) \end{cases} \qquad (5)$$

ب- في حالة الاحتياط البارد:

$$\begin{cases} [dp_{c1}(t)/dt, dp_{c2}(t)/dt, dp_{c3}(t)/dt] = \\ [p_{c1}(t), p_{c2}(t), p_{c3}(t)] \times \begin{bmatrix} -1 & 1 & 0 \\ 0 & -a & a \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \end{cases} \qquad (6)$$

والمعادلات التفاضلية الموافقة لحالة الاحتياط الساخن:

$$\begin{cases} \dfrac{dp_{c1}(t)}{dt} = -p_{c1}(t) \\ \dfrac{dp_{c2}(t)}{dt} = p_{c1}(t) - a\,p_{c2}(t) \\ \dfrac{dp_{c3}(t)}{dt} = a\,p_{c2}(t) \end{cases} \qquad (7)$$

بحل المعادلات التفاضلية مع تحديد القيم الابتدائية الموافقة لحالات النظام يمكن رسم تغيّر وثوقية نظام التوليد في كل حالة الاحتياط الساخن والاحتياط البارد كتابع للزمن.

3-2- الشروط الابتدائية وفق حالتي الاحتياط:

وفقاً لكل حالة من حالات نظام التغذية تكون الشروط الابتدائية لوحدات الاحتياط الساخن:

- الحالة الأولى وهي التي تعتبر حالة عمل يكون فيها $p_{h1}(0)=1$.
- الحالة الثانية من حالات النظام هي أيضا حالة عمل جزئي وبالتالي: $p_{h2}(0)=0$.
- الحالة الثالثة هي حالة توقف كامل للنظام وبالتالي تكون $p_{h3}(0)=0$.

وبذلك تكون الشروط الابتدائية للاحتياط البارد:

- الحالة الأولى وهي التي تعتبر حالة عمل يكون فيها $p_{c1}(0)=1$.
- الحالة الثانية من حالات النظام وهي أيضا حالة عمل جزئي وبالتالي: $p_{c2}(0)=0$.
- الحالة الثالثة وهي حالة تعطل تام للنظام وبالتالي تكون $p_{c3}(0)=0$.

مما سبق يلاحظ أن نظام التوليد يكون في حالة عمل إذا كانت إحدى مركباته في حالة عمل (ربط عناصر النظام المتماثلة على التفرع)، وبالتالي يعبر عن وثوقية النظام حسب [2] و[7] بالعلاقة:

$$R_h(t)=p_{h1}(t)+p_{h2}(t) \qquad (8)$$

$$R_c(t)=p_{c1}(t)+p_{c2}(t) \qquad (9)$$

بحل المعادلات التفاضلية(5) نجد بالنسبة لحالة الاحتياط الساخن:

$$\begin{cases} p_{h1}(t)=e^{(at)} \\ p_{h2}(t)=a\,t\,e^{(-at)} \end{cases} \qquad (10)$$

4- معادلات وثوقية محطات التغذية وبرنامج محاكاتها:

بناء على الشروط الابتدائية المذكورة يكون تابع الوثوقية للحالة الساخنة:

$$R_h(t)=e^{(-at)}+ate^{(-at)}=(1-at)e^{(-at)} \qquad (11)$$

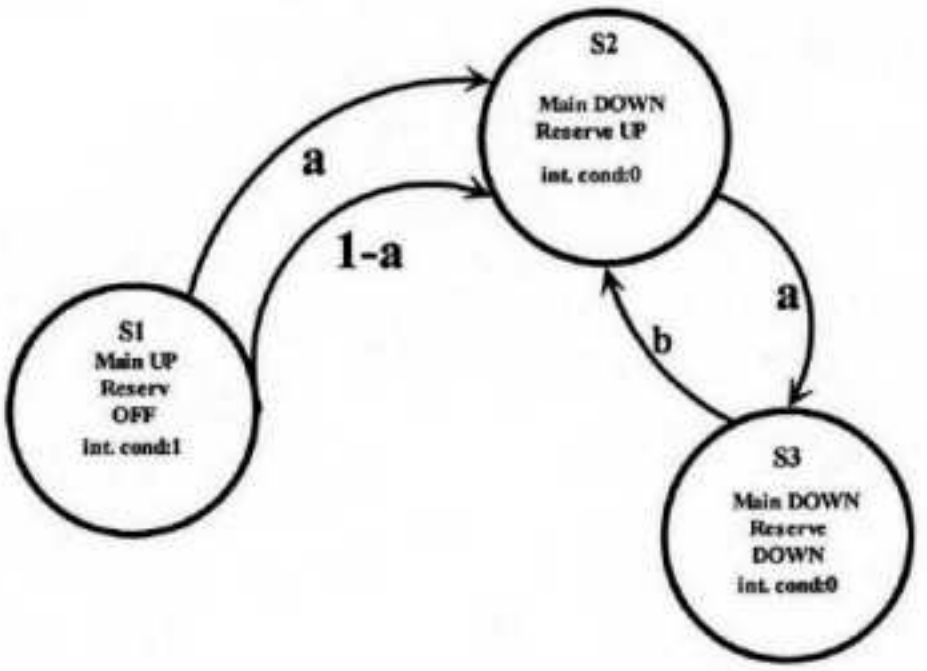
بحل المعادلات التفاضلية (7) نجد:

$$\begin{cases} p_{c1}(t)=e^{-t} \\ p_{c2}(t)=\left(\dfrac{1}{a-1}\right)\left(e^{-at}-e^{-t}\right) \end{cases} \qquad (12)$$

وتابع الوثوقية للحالة الباردة:

$$R_c(t)=e^{-t}+\left(\frac{1}{a-1}\right)\left(e^{-at}-e^{-t}\right) \qquad (13)$$

بافتراض أنه تتم المحافظة على جاهزية الوحدة الاحتياط عملياً من خلال إجراء الصيانات الدورية والجارية، التي يعبر عنها من خلال كثافة الصيانة $b\ (1/hour)$، عندها يكون مخطط الحالة لماركوف كما هو مبين في الشكل (3).



الشكل(3) مخطط الحالة لنظام التوليد ذي الاحتياط البارد مع اعتبار الصيانة

إن معادلات ماركوف التفاضلية لهذه الحالة:

$$\begin{cases} [dp_{c1}(t)/dt, dp_{c2}(t)/dt, dp_{c3}(t)/dt] = \\ [p_{c1}(t), p_{c2}(t), p_{c3}(t)] \times \begin{bmatrix} -1 & 1 & 0 \\ 0 & -a & a \\ 0 & b & -b \end{bmatrix} \end{cases} \quad (14)$$

وبالتالي فإن:

$$\begin{cases} \dfrac{dp_{c1}(t)}{dt} = -p_{c1}(t) \\ \dfrac{dp_{c2}(t)}{dt} = p_{c1}(t) - a\,p_{c2}(t) + b\,p_{c3}(t) \\ \dfrac{dp_{c3}(t)}{dt} = a\,p_{c2}(t) - b\,p_{c3}(t) \end{cases} \quad (15)$$

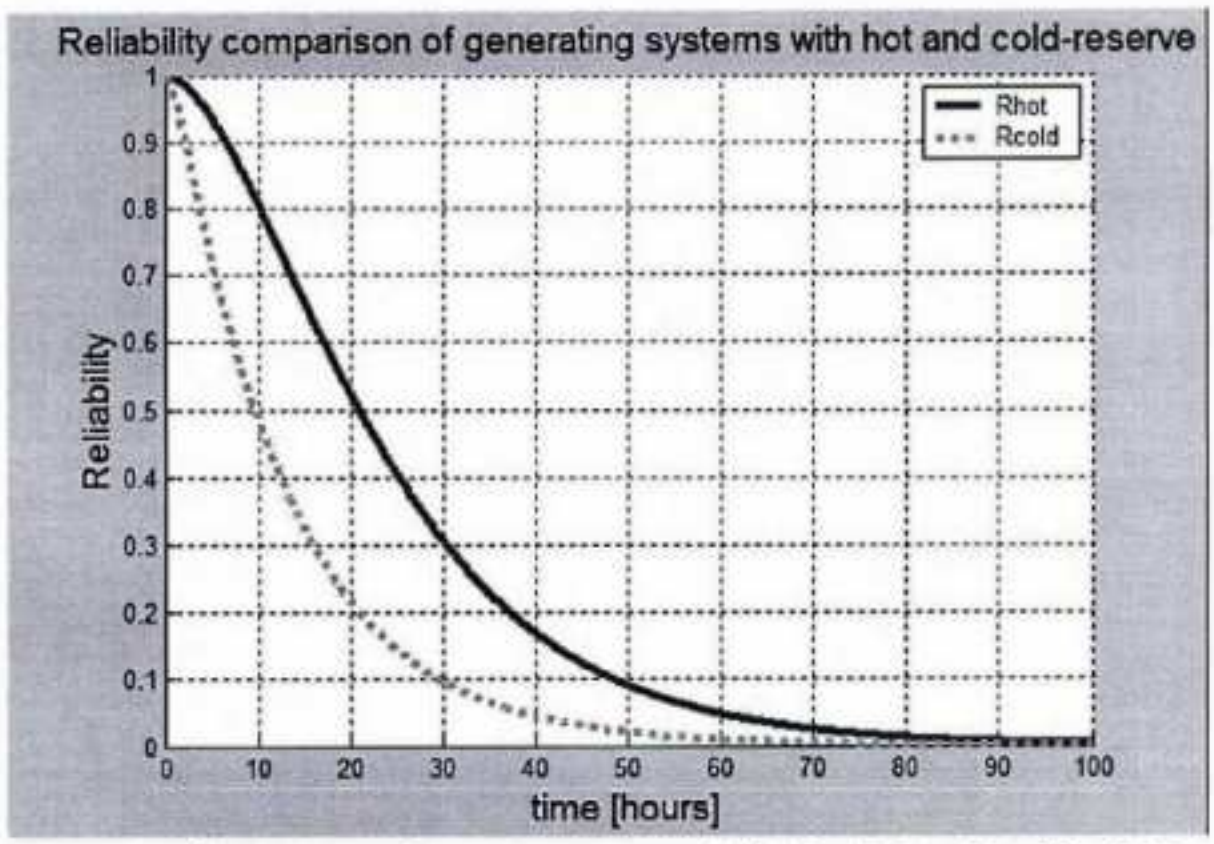
ويكون تابع الوثوقية للحالة الباردة عند وجود الصيانة:

$$R_{cm} = e^{-t} + \frac{1}{b(b-1)}\left(\begin{array}{l} \frac{ab^2}{(a+b)} - \frac{ab}{(a+b)}\frac{b-1}{(a+b-1)}(a\,b)e^{-t} \\ + \frac{b^2\,a}{\left(b^2+2\,ab-b-a+a^2\right)}e^{(-at-bt)} \\ - \frac{ba}{\left(b^2+2ab-b-a+a^2\right)}e^{(-at-bt)} \end{array}\right) \quad (16)$$

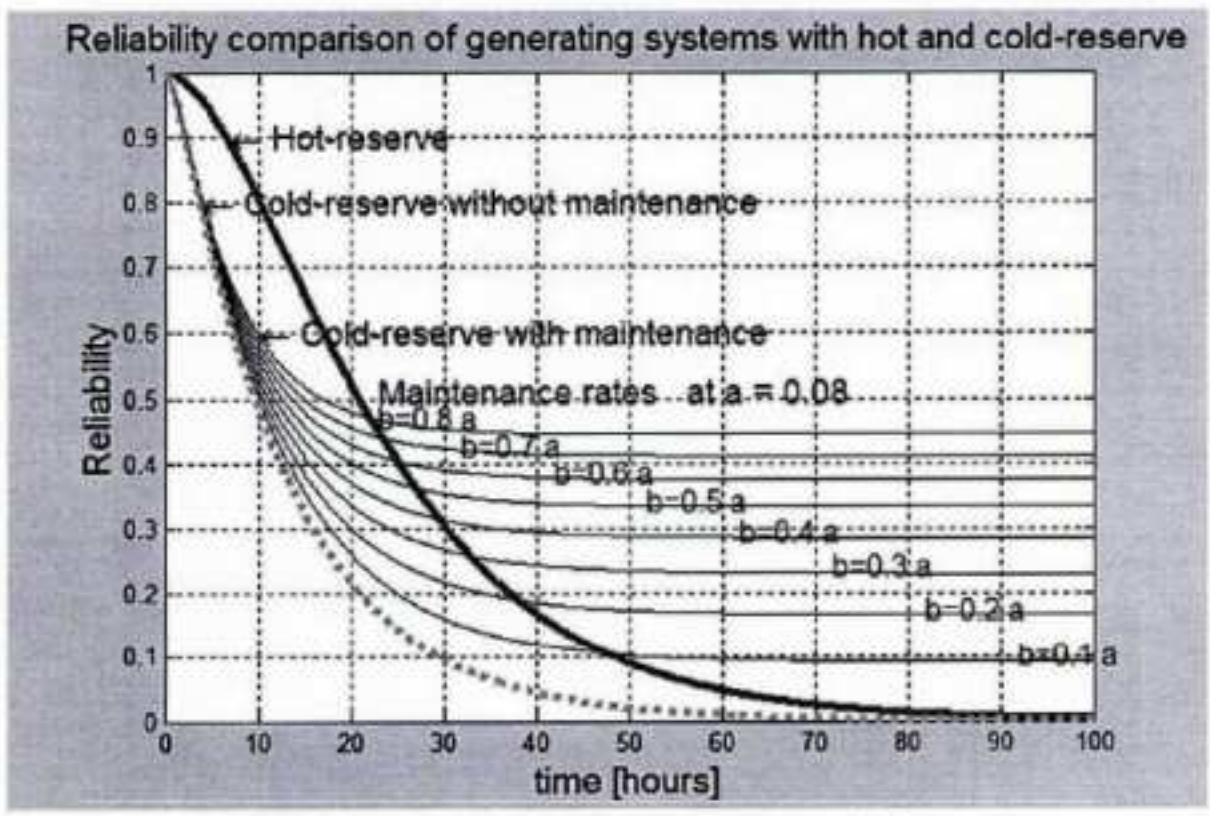
استناداً إلى العلاقات السابقة صممنا **برنامج حاسوبي ضمن بيئة ماتلاب** (MATLAB)، وهو يقوم بحساب وتمثيل ما يلي:

- المؤشرات الأساسية للوثوقية.
- تحديد مقدار احتمال حالة العمل السليم لنظم التغذية لوحدات تغذية باحتياط ساخن (مستوى الوثوقية) كما في الشكل (5).
- تحديد مقدار احتمال حالة العمل السليم لنظم التغذية لوحدات تغذية باحتياط بارد دون أخذ تأثير عمليات الصيانة الدورية بعين الاعتبار كما في الشكل (5).
- تحديد مقدار احتمال حالة العمل السليم لنظم التغذية لوحدات تغذية باحتياط بارد مع أخذ تأثير عمليات الصيانة الدورية بعين الاعتبار كما في الشكل (6).

ويبين الشكلان (5) و(6) نتائج الدراسة والحساب بصورة منحنيات كما هو مبين.



الشكل (5) تمثيل وثوقية نظم التوليد حسب نوع الاحتياط دون اعتبار تأثير الصيانة



الشكل (6) تمثيل وثوقية نظم التوليد حسب نوع الاحتياط
مع اعتبار تأثير صيانة النظام ذي الاحتياط البارد

وأخيرا تجدر الإشارة إلى أن المساحة المحصورة بين المنحني الخاص بحالة الاحتياط الساخن ومنحني حالة الاحتياط البارد من الشكل (6)، والناتجة أصلاً بسبب الوضع الأولي للاحتياط (حالة العطل للاحتياط البارد) الذي يتطلب عملية إقلاع، يمكن تقليصها نتيجة الصيانة المشار إليها لتجنب حالات فشل الإقلاع الممكنة.

مما سبق نستنتج ما يلي:

1. تتعلق وثوقية نظام التوليد بنوع احتياط وحدات التوليد المستخدم لمواجهة تغيرات الأحمال في النظام الكهربائي.
2. إن اختلاف الحالة بالنسبة للاحتياط تؤثر بشكل ملحوظ على مستوى وثوقية نظام التوليد.
3. يمكن تقليص الفارق في مستوى الوثوقية بين كل من النظام ذي الاحتياط الساخن ونظيره ذي الاحتياط البارد بتنفيذ أعمال الصيانة اللازمة للوحدات ذات الاحتياط البارد.
4. تستطيع أعمال الصيانة للوحدات المستخدمة في نظام التوليد أن ترفع مستوى الوثوقية بشكل ملحوظ.
5. يجب أن لا تقل معدلات تنفيذ الصيانة لوحدات التوليد عن القيمة 15–20% من قيمة معدل كثافة الأعطال لوحدات التوليد المذكورة.
6. إن تنفيذ أعمال الصيانة بالصورة المشار إليها سابقاً يمكّن المستثمر من استخدام الاحتياط البارد بوثوقية عالية ويجنبه الكلفة الكبيرة اللازمة للحفاظ على الاحتياط الساخن في حالة الدوران والجاهزية.

يمكن تطبيق هذه الدراسة ونتائجها عملياً على محطات توليد القدرة الكهربائية العاملة في أي دولة من دول العالم وفي الجمهورية العربية السورية أيضاً، وهذا يؤدي إلى رفع وثوقية التغذية الكهربائية والتقليل من فترات الانقطاع، مما ينعكس بشكل إيجابي واضح على مؤشرات التشغيل الفنية للشبكة الكهربائية وعلى التكاليف الاقتصادية للقدرة الكهربائية المستهلكة.

5- النتائج والمناقشة:

من المنحنيات المبينة في الشكل (5) نجد أنه في الحالة العامة تكون وثوقية نظام التوليد مع الاحتياط الساخن أعلى من مثيله الذي يعمل باحتياط بارد؛ أي أنه من حيث المبدأ يجب استخدام احتياطي دوار في محطات التوليد لمواجهة تغيرات منحني الحمل وتغطية الاستطاعة اللازمة للنظام الكهربائي مع ما يترتب على ذلك من كلفة تشغيل، وخاصة بالنسبة للمحطات العاملة ضمن نظام المناورة والتي تستخدم الوقود في عملية التشغيل (الغازية والديزل) بخلاف محطات التوليد الهيدروليكية التي لا تتطلب وقوداً للتشغيل.

في كثير من الأحيان يتم إبقاء بعض وحدات التوليد عاملة دون حمل في نظام الاحتياط الساخن أو تقوم بتعويض الاستطاعة الردية، حيث تكون كلفة التشغيل أقل بكثير مقارنة مع المحطات المذكورة سابقاً.

بما أنه من الصعب عملياً توفير مصادر توليد هيدروليكية بصورة دائمة في البلدان الفقيرة بالأنهار، فإن هناك بعض الحالات التي يتم فيها استخدام وحدات توليد حرارية تعمل على الوقود وتكون على شكل وحدات باحتياط ساخن.

بينما يمثل الشكل (6) أثر الصيانة ودرجة تنفيذها بالمقارنة مع معدل كثافة الأعطال لوحدة التوليد، حيث يلاحظ زيادة في وثوقية نظام التوليد العامل باحتياط بارد بشكل ملحوظ مع زيادة معدلات الصيانة، بحيث تصبح وثوقية النظام في الحالة الباردة قريبة من وثوقية مثيله باحتياط ساخن أو أعلى منه. ولكن لتحقيق المستوى المطلوب من الوثوقية لنظام التوليد الذي يعمل باحتياط بارد وللتخلص من كلفة التشغيل يتوجب أن لا يقل معدل الصيانة (b) عن 20% – 15 من قيمة معدل كثافة الأعطال (a) لوحدة التوليد العاملة في النظام ذي الاحتياط البارد، مع الإشارة إلى أن كلفة الصيانة في كافة الأحوال تكون أقل من كلفة التشغيل اللازمة لتشغيل الاحتياط الساخن في المحطة.

مما سبق نجد أنه بالنسبة لمحطات المناورة التي تعمل على الوقود (الديزل والوحدات الغازية) يمكن استخدامها كوحدات باحتياط بارد شريطة الالتزام بتنفيذ أعمال الصيانة بالمعدلات المحسوبة والمشار إليها في الشكل (6).

المراجع:

[1] NEKLEPAEF B.N., 1986- **Electric power stations and substations**. Moscow, 640 pages.

[2] KARSH A., 2006- **Predictive reliability analysis redundant**. *Pormostvo 2*, 119-126.

[3] EIT M.C., 2004- **Reliability of the AFAM electric power generating station**. *Applied energy*, Vol. 77, pages 309-315.

[4] BRICHWINE R., 2004- **Predicting unit reliability**. World energy council, performance of generating plant, section 6, CASOM 8.

[5] WANG S., 2008- **Reliability of power systems with wind power generation**. PhD thesis in North Carolina State University.

[6] WANG S., 1995- **Predicting generating unit reliability**. North American reliability council.

[7] ENDRENYI J., 2002- **Reliability Modeling in Electric Power Systems**. 2nd Edition, John Willey & Sons, 328 pages.

A study and comparison the reliability of power generating systems with hot- and cold-reserves

Dr. Ahamad Al Hasan Al Naser, Department of Electric Power Systems, Faculty of Mechanical and Electrical Engineering, Al Baath University, Homs
Dr. Abdulrahman Al Hassan, Department of Electric Power Systems, Faculty of Electrical and Electronic Engineering, Aleppo University, Aleppo

Abstract

Electrical power system, initially, has been designed to provide the needed electrical power to customers continuously, reliably and with high power quality. The issue of electrical power supply reliability is of great concern.

Presently, the importance of electrical power reliability is increased due to electrical loads sensitivity to electrical power supply trips and global economic losses which is associated with the failure or instability of electrical power supply system.

This paper provides a comparative study among generation system reliability using hot- and cold-reserves.

It also shows the difference between the reliability levels per the investigated two cases as well as showing the importance of maintenance procedure to increase generating system reliability with cold-reserve to be as much closer as that of hot-reserve generating system reliability.

Key words: reliability, cold-reserve, hot-reserve