

## تقييم أداء الشبكات الكهربائية عند شروط تشغيل مختلفة

الدكتور طارق خير بك \*

الدكتور أحمد سليمان أحمد \*\*

رهف سليمان \*\*\*

(تاريخ الإيداع 27 / 5 / 2018. قُبِلَ للنشر في 9 / 8 / 2018)

### □ ملخص □

يتناول البحث دراسة أداء الشبكات الكهربائية لما له من أهمية في استثمار الشبكات الحديثة المعقدة نظراً للتطور الهائل في التجهيزات الكهربائية المنزلية والصناعية الخ... حيث يساهم في الحصول على صورة متكاملة لأداء النظام الكهربائي في مختلف عمليات التشغيل والصيانة المتعلقة باستثمار الشبكات الكهربائية. نقترح في هذا البحث إضافة مؤثرات خارجية على شكل معاملات ضبابية لنموذج بتري المقترح بشكل يضمن تحسين المحاكاة التي تقدمها شبكات بتري الضبابية. وقد اخترنا شبكات بتري الضبابية لما لها من إمكانيات هامة في تمثيل أي نوع من أنواع البيانات وفق حاجة المشغل حتى عند التعامل مع بيانات ناقصة أو مجهولة. قمنا بإجراء المحاكاة على شبكة كهربائية لمصفاة نפט وحساب درجات الحقيقة الممثلة لأدائها ومناقشة نتائجها، وتوصلنا إلى أن إدخال العوامل المتغيرة عند التشغيل يساهم في زيادة دقة تقييم الشبكة ودعم عمليات اتخاذ القرار.

**الكلمات المفتاحية:** أداء الشبكات الكهربائية- شبكات بتري الضبابية- الموثوقية.

---

\* أستاذ في قسم هندسة الطاقة الكهربائية- كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية -جامعة تشرين .  
\*\* أستاذ مساعد في قسم هندسة الطاقة الكهربائية - كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية -جامعة تشرين .  
\*\*\* طالبة دكتوراه في قسم هندسة الطاقة الكهربائية- كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية -جامعة تشرين .

## Evaluating the performance of electrical networks under different operating conditions

Dr. Tarek kerbek\*  
Dr. Ahmad solaiman ahmad\*\*  
Rahaf solaiman\*\*\*

(Received 27 / 5 / 2018. Accepted 9 / 8 / 2018)

### □ ABSTRACT □

The target of this study is improving the electrical power systems performance estimation because of its importance in complex modern networks investment that have a lot of advanced equipments.

Having a complete representation of the electrical system makes diagnosis thing much accurate and reliable which is used in electrical networks operation and maintenance. We focus in this research on implying different conditions and factors which affect operation and we use fuzzy petri nets for that purpose because of its characteristics in handling with incomplete and uncertainty data . we make our simulation on a real diagram of a refinery to compute its truth degree and discuss the results , we match that adding changing factors at operation contribute in improving networks estimation accuracy and support decision-making process .

**Key words** : electrical networks performance , fuzzy petri nets , reliability.

---

\* professor in electrical power department- Faculty of mechanical and electrical engineering - Tishreen university.

\*\* assistant- professor in electrical power department- Faculty of mechanical and electrical engineering - Tishreen university.

\*\*\* PHD researcher in electrical power department- Faculty of mechanical and electrical engineering - Tishreen university.

## مقدمة:

تشغل الكهرباء حيزاً ذا أهمية كبيرة في الحياة العصرية على كافة أصعدتها ، ونظراً للتطور الهائل الذي طرأ على مختلف النواحي الصناعية والمدنية أصبحت مسألة ضمان التشغيل المناسب للشبكات الكهربائية مقترنة بشروط ومحددات الأداء الموثوق ، الذي لا يكتفي بإيصال الطاقة فقط للمستهلكين وإنما يبحث عن وسائل الحفاظ على جودة وموثوقية الطاقة المزودة.[1]

وتعد عملية تقييم/تشخيص الأداء للبنى الأولى والأساسية في جميع العمليات المرتبطة بتشغيل واستثمار الشبكات الكهربائية حيث يعكس صورة متكاملة عن أدائها ، ويدخل في عمليات (اتخاذ قرار التشغيل اليومي - استعادة النظام بعد العطل-الصيانة الطارئة والدورية)[2]. كما تعتبر عاملاً هاماً أيضاً عند اتخاذ قرارات التوسع في الشبكات الموجودة على أرض الواقع كلما زادت قدرة التقييم على نقل حالة النظام الواقعية للمشغلين أو المستثمرين كلما ساعدت على تنفيذ العمليات المرتبطة بها بكفاءة أعلى[3].

استخدم الباحثون عدة نظريات في السنوات الأخيرة في عملية تشخيص حالة الشبكات الكهربائية وعناصرها مثل الأنظمة الخبيرة[4]، الشبكات العصبونية [5]، المنطق الضبابي [6]، شبكات بتري [7][8]، شبكات بتري الضبابية . [9]، [10]، [11] لكل من هذه الطرق ميزات ونقاط ضعفها حيث يتم اختيار الطريقة الأكثر ملائمة لتشكيل الشبكة المدروسة والأكثر مرونة في التعامل مع البيانات المتوفرة. و يبقى التوجه دوماً للبحث في تطوير الطرق الموجودة أو إيجاد طرق جديدة تتجاوز سلبيات الطرق التقليدية، وقد قمنا هنا بالبحث في ربط عوامل الانتقالات بمؤثرات تتدخل في أداء الشبكة بشكل يمكن من التحكم بهذه الانتقالات وعدم أخذها كعوامل ثابتة (أدخلنا هنا عامل الجهد كمثال مع العلم أن منهجيتنا تسمح بإدخال أي عامل مؤثر على الشبكة كتغيرات الحمولة والتيار والتردد) .

## أهمية البحث وأهدافه:

يهدف هذا البحث إلى :

- نقل صورة أقرب ما يمكن إلى واقع الشبكة قيد الدراسة ، وبالتالي اتخاذ قرارات التشغيل المناسبة للحفاظ على أداء الشبكة ضمن محددات الموثوقية المقبولة كلما زاد تمثيل العوامل المؤثرة على عمل الشبكة ازدادت دقة التشخيص.
- تقديم منهجية مطورة لتقييم أداء الشبكات تجمع أخذ تمثيل تغير تشكيل الشبكة والعوامل (هنا عامل الجهد) المؤثرة على عملها بالاعتبار.

## طرائق البحث ومواده:

تعتمد طريقة البحث على معرفة درجة الحقيقة الممثلة لعمل عنصر ما في شبكة كهربائية باستخدام شبكات بتري الضبابية ، لتمثيل العلاقات الديناميكية بين العناصر المتجاورة في هذه الشبكة ، وإدخال العوامل المتغيرة في الشبكة التي يؤثر تغييرها على أداء العنصر بالزيادة أو النقصان ويتم اختيارها حسب أهمية أثرها من وجهة نظر الدراسة .  
تقوم منهجية العمل على:

- 1- تحديد العنصر أو جزء الشبكة المراد دراسته وتحليل علاقاته بالعناصر المجاورة له.
- 2- اقتراح نموذج ملائم لشبكة بتري ضبابية يعكس الروابط بين العناصر.

- 3- تحديد العوامل التي لها تأثير هام على أداء العناصر (جهد-تيار-تردد-تحميل-حرارة-رطوبة).
- 4- استخدام متحكم ضبابي في ماتلاب يعطينا هذه العوامل بشكل عوامل ضبابية يمكن إدخالها على النموذج.
- 5- إجراء الحسابات اللازمة للحصول على درجات الحقيقة الممثلة للعناصر.
- 6- مناقشة النتائج وبيان كيفية الاستفادة منها على أرض الواقع.

### مفهوم شبكات بتري الضبابية:

إن شبكات بتري الضبابية هي إحدى امتدادات شبكات بتري العادية التي تتضمن دمج المنطق الضبابي بشكل يسمح بتوسيع المجال الاحتمالي لتمثيل الأحداث حتى في حالات الغموض والحيرة في البيانات [9].

يبين الشكل (1) شبكة بتري ضبابية Fuzzy Petri Nets FPNs وتمثل على الشكل التالي :

$$FPN = (P, T, D, I, O, \mu, \alpha, Th) ;$$

حيث:

P هي مجموعة منتهية من الأماكن P تمثل كدوائر في شبكة بتري الضبابية وتقوم بتوصيف الأحداث الحالية والنتائج.  
T هي مجموعة منتهية من الانتقالات تمثل كدوائر/مستطيلات في شبكة بتري الضبابية وتصف العلاقات بين الأماكن.  
D هي مجموعة منتهية من المقترحات تختلف عن الأماكن ولكنها تمثل الشروط الضبابية.

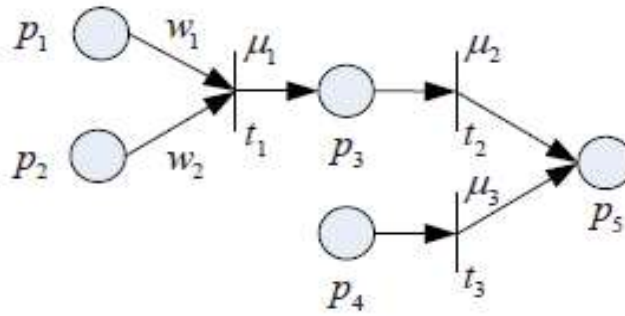
تابع الدخل I يمثل الأسهم من الأماكن والمقترحات إلى الانتقالات.

تابع الخرج O يمثل الأسهم من الانتقالات إلى الأماكن والمقترحات .

$\mu$  هو عامل الحيرة المرتبط بالانتقالات يمثل احتمال حدوث الشرط الضبابي ويكون في المجال [0.1].

$\alpha$  هو درجات الحقيقة المرتبطة بالأماكن وتمثل احتمال حدوث الحدث المرتبط بالمكان ويكون في المجال [0.1].

Th هي قيمة العتبة المرتبطة بكل انتقال والتي تحدد متى يتم إطلاق الانتقال وتكون في المجال [0.1].



الشكل (1) شبكة بتري ضبابية بسيطة

يتم حساب العوامل المرتبطة بالانتقالات بناء على القيود الضبابية التي يضعها الخبراء حسب طبيعة عمل مكونات النظام وعادة يتم أخذ قيمة محددة لكل انتقال لا تتغير مهما تغيرت شروط التشغيل [12]. وهنا يتركز بحثنا حيث اقترحنا تضمين تأثير الجهد على عمل الشبكة وليس فقط جاهزية العناصر، إضافة لاستخدام متحكم المنطق الضبابي FIS في برنامج ماتلاب Matlab للتحكم بالعامل الضبابي وفق تغير الجهد.

وتحسب درجات الحقيقة المعبرة عن الأماكن بالتالي للوصول إلى المكان المطلوب كما يلي:

$$\alpha (P3) = \min(\alpha(P1), \alpha(P2)) \times \mu_1$$

$$\alpha(P5) = \max(\alpha(P3) \times \mu_3, \alpha(P4) \times \mu_4)$$

حيث تعبر عملية (min) عن جمع مكانين ، وعملية (max) عن جمع انتقالين.

#### المنطق الضبابي:

هو فرع من فروع الذكاء الصناعي يهدف إلى تقليد عملية اتخاذ القرار عند الإنسان بشكل يسمح باستخدام المتغيرات اللغوية غير الدقيقة التي يستخدمها الإنسان مثل (كبير ، صغير ، كبير جداً ، صغير نسبياً) ، مما يوسع مفهوم المنطق الكلاسيكي المستخدم في أجهزة الكمبيوتر التي يعتمد الدقة في التوصيف .

في المجموعات الكلاسيكية يتم التعبير عن انتماء عنصر ما إلى مجموعة A بشكل واضح ودقيق ، فالعنصر x إما ينتمي إلى المجموعة أو لا ينتمي بالتالي لدينا أحد احتمالين (ينتمي ، لا ينتمي) (صح، خطأ) (0,1) ولا يسمح بوجود حلول وسطى ، وهذا ما استدعى إيجاد مفهوم المجموعات الغامضة أو الضبابية التي تسمح لعنصر ما بالانتماء الجزئي إليها بشكل يغطي طيفاً واسعاً من الاحتمالات التي يتم التعامل معها في كثير من التطبيقات العملية (مكيفات الهواء، الكاميرات ، آلات التصوير ..الخ) ويؤدي إهمالها إلى أخطاء غير مقبولة في العمل وهدر في الموارد.

يمكن أن نعرف رياضياً مجموعة ضبابية كما يلي :

$$A = \{(x, \mu_A(x)) / x \in X\}$$

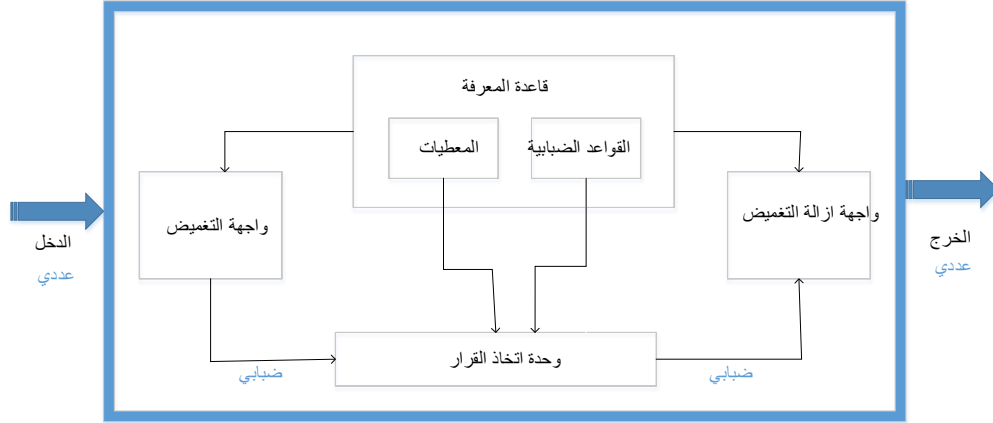
$$\mu_A(x) \in [0, 1]$$

ويطلق على X المجموعة الشاملة التي تمثل كافة القيم المحتملة للمتغير x

$\mu(x)_A$  هي درجة انتماء العنصر إلى المجموعة الغامضة

خطوات آلية الاستنتاج الضبابية يمثلها الشكل (2) وفق الآتي:

1. التغميض fuzzification : وهي عملية تحويل الدخل العددي إلى أعداد ضبابية.
2. قاعدة المعرفة knowledge base : هي مجموعة القواعد الضبابية التي يضعها الخبير بما يناسب النظام المدروس والمطلوب منه.
3. اتخاذ القرار decision making : تعتبر هذه الخطوة تقليدياً للطريقة البشرية في اتخاذ القرارات حيث يؤخذ الاحتمال الأكبر لتوفر الشرط بناء على قاعدة البيانات.
4. إزالة التغميض defuzzification : هي بوابة الخروج من المنطق الضبابي حيث يتم تحويل القيم الضبابية إلى خرج عددي يسهل التعامل معه من قبل الكمبيوتر والآلات المختلفة.



الشكل (2) آلية الاستنتاج الضبابية

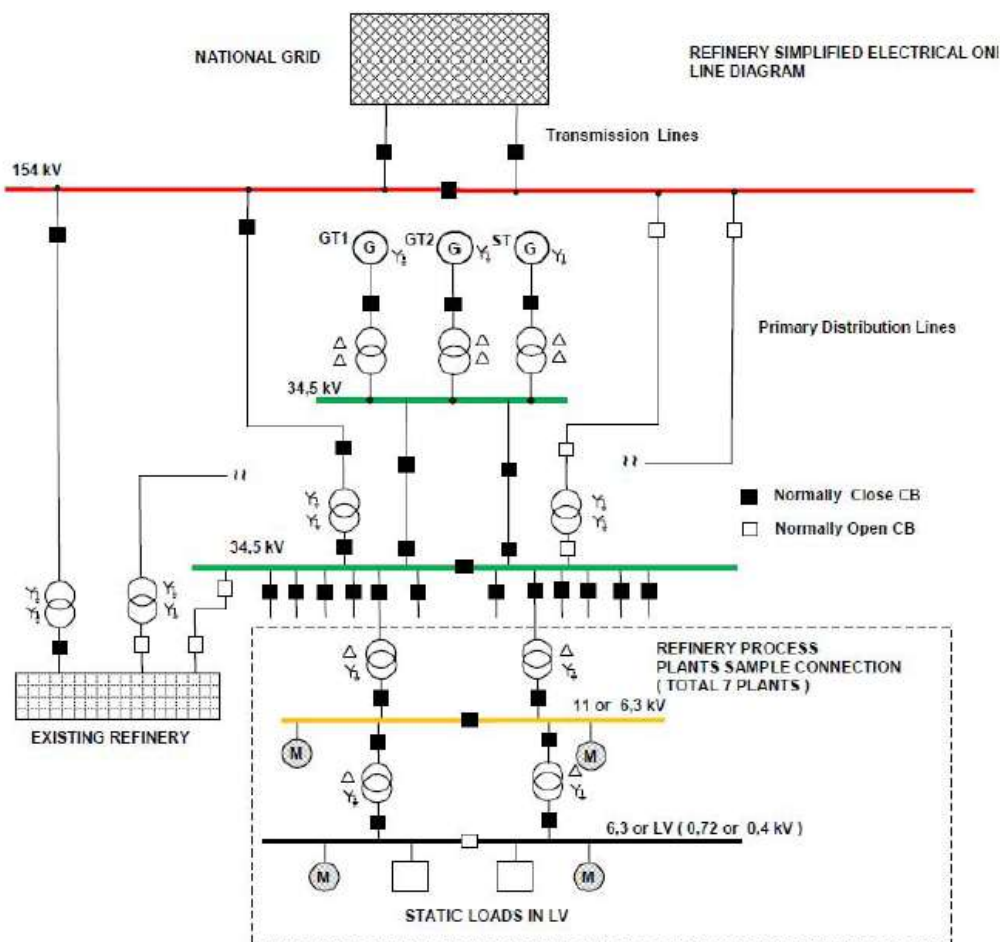
يعتمد المنطق الضبابي على إدخال قيم حقيقية ومعالجتها ضبابياً للحصول على قيم خرج حقيقية أيضاً تستخدم في عمليات التحكم واتخاذ القرار ، بشكل يعطي دقة أكبر للعوامل نظراً لتمثيل مجال احتمالي واسع عند التضمين.

## النتائج والمناقشة:

نسعى في هذا البحث إلى استخدام شبكات بتري الضبابية في تقييم أداء الشبكات الكهربائية مع إمكانية تضمين بعض العوامل الإضافية في المحاكاة لرفع دقة التقييم وقد اخترنا لهذا الغرض التطبيق على شبكة كهربائية واقعية لمصفاة نفط من المقال [13] IEEE (من الممكن تطبيق هذه الطريقة على أية مصفاة كمصفاة بانياس مثلا اذا تم السماح بالاطلاع على المعطيات اللازمة) حيث تم في المقال معالجة مسألة إعادة إقلاع المحطات الفرعية في المصفاة بعد افتراض حالة طوارئ حرجة أثناء العمل الطبيعي للمحطة وقد قمنا بتطبيق طريقتنا المقترحة بإضافة تأثير بعض العوامل (هنا تغير الجهد) في حالتين أولاً حالة التشغيل الطبيعي للمصفاة وثانياً إجراء المحاكاة مع أخذ شروط الحالة الحرجة بالاعتبار ومناقشة النتائج.

## توصيف المصفاة:

يمثل الشكل (3) مخطط الخط الواحد للمصفاة المدروسة حيث تبلغ الاستطاعة المولدة من محطة التغذية الذاتية للمصفاة التي تحوي ثلاث مولدات مرتبطة مع ثلاث محولات تقدم استطاعة 120 MW، ومتطلبات التشغيل الطبيعي هي 67 MW مع أحمال ذروة تبلغ 90 MW. ولزيادة متطلبات الموثوقية توصل المصفاة مع الشبكة العامة عبر خطي نقل أرضيين بجهد 154 KV .



الشكل (3) مخطط الخط الواحد للمصفاة

إن استثمار وتشغيل الشبكات الكهربائية خاصة الصناعية منها يتطلب دقة في عمليات اتخاذ القرار لأن أي خطأ يرتكب قد تكون تكلفته باهظة مادياً و بشرياً ، لذلك نرى اهتماماً متزايداً بتحسين كفاءة هذه العمليات انطلاقاً من تحسين عملية التشخيص وإدخال إضافات تمنحها قرباً من تمثيل الواقع ودقة في عكس متطلباته.

وقد قمنا لهذا الغرض ببناء نموذج ملائم لشبكة بترية ضبابية يعكس الأداء الكامل للنظام يتألف من :

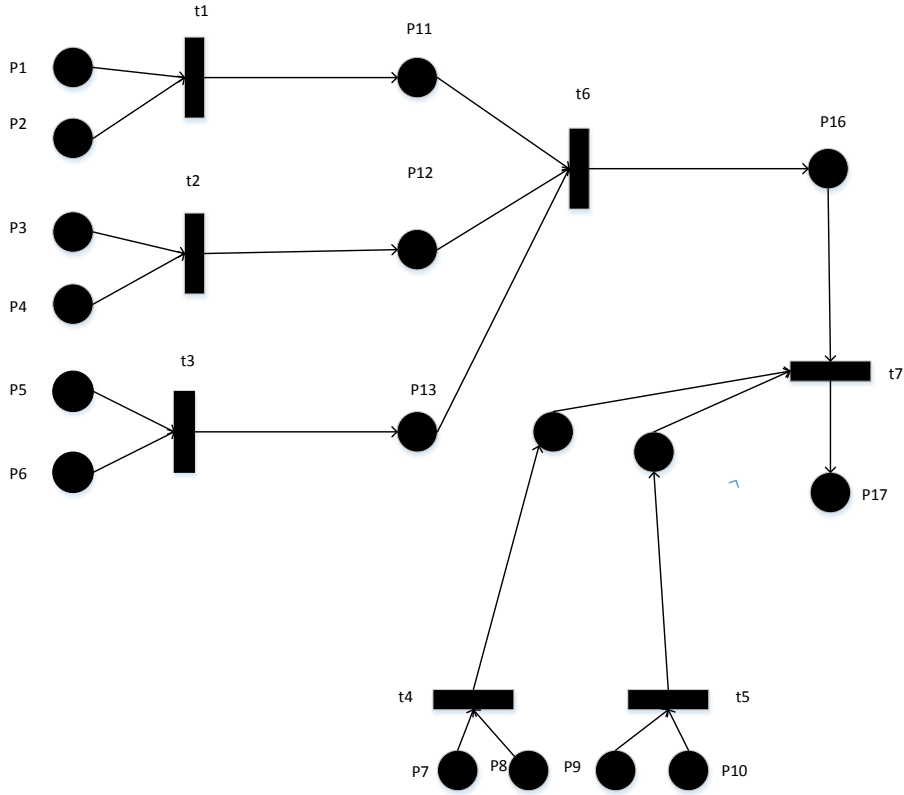
- جزء يمثل الشبكة المدروسة كشبكة بترية ضبابية تعكس ارتباط العناصر ببعضها بناء على تداخل وظائفها في النظام الكهربائي (عادة يتم بناء شبكات بترية الضبابية كشبكة تمثل العلاقات الضبابية الشرطية بين العناصر).
- جزء ضبابي يعمل بعد تحديد عامل أو أكثر لإدخاله إلى النموذج حيث يقوم المبرمج بوضع القواعد المناسبة للعامل وتطبيقها على متحكم المنطق الضبابي في بيئة ماتلاب لإيجاد قيمة العامل عند كل دخل بشكل يسمح بالتحكم بالعامل.

#### توصيف الحالة الحرجة التي تم تطبيق المنهجية عندها:

تمت دراسة الشبكة عند أسوأ حالة يمكن أن تحصل وتتمثل بـ :

- جميع المولدات في محطة التغذية الفرعية خارج الخدمة.
- محولة رئيسية واحدة 154/43.5 KV تقوم بتغذية مرافق المصفاة.
- في محطات المعالجة الفرعية قواطع الدارة مغلقة ومغذي واحد فقط يقوم بالعمل.

- حدوث قصر باستطاعة 1193 MVA على قضيب تجميع الشبكة الكهربائية العامة. نقوم أولاً بتمثيل النظام الكهربائي كشبكة بتري ضبابية عند شروط التشغيل الطبيعية كما في الشكل (4) :



الشكل (4) شبكة بتري الضبابية للمصفاة في حالة التشغيل الطبيعي

توصيف دلالات الأماكن والانتقالات لهذا النموذج في الجدولين (1) و (2) :

الجدول (1) دلالات الأماكن في حالة التشغيل الطبيعي للمصفاة

المكان	التوصيف
P1	درجة الحقيقة للمحول T5
P2	درجة الحقيقة للقاطع cbT5
P3	درجة الحقيقة للمغذي feed 1
P4	درجة الحقيقة للقاطع cbf1
P5	درجة الحقيقة للمغذي feed 2
P6	درجة الحقيقة للقاطع cbf2
P7	درجة الحقيقة للمغذي feed3
P8	درجة الحقيقة للقاطع cbf3
P9	درجة الحقيقة للمغذي feed4
P10	درجة الحقيقة للقاطع cbf4



P11	عمل طبيعي للمحول T5
P12	عمل طبيعي للمغذي feed1
P13	عمل طبيعي للمغذي feed2
P14	عمل طبيعي للمغذي feed3
P15	عمل طبيعي للمغذي feed4
P16	عمل طبيعي لقضيب التجميع
P17	عمل طبيعي للمحطة الفرعية

الجدول (2) دلالات الانتقالات في حالة التشغيل الطبيعي

الانتقال	التوصيف
T1	المحول T5 والقاطع الخاص به يعمل بشكل طبيعي بمعامل $\mu_1$
T2	المغذي feed1 والقاطع الخاص به يعمل بشكل طبيعي بمعامل $\mu_2$
T3	المغذي feed2 والقاطع الخاص به يعمل بشكل طبيعي بمعامل $\mu_3$
T4	المغذي feed3 والقاطع الخاص به يعمل بشكل طبيعي بمعامل $\mu_4$
T5	المغذي feed4 والقاطع الخاص به يعمل بشكل طبيعي بمعامل $\mu_5$
T6	عمل العناصر المؤثرة على قضيب التجميع بمعامل $\mu_6$
T7	عمل العناصر المؤثرة على المحطة الفرعية بمعامل $\mu_7$

تؤخذ قيم درجات الحقيقة الابتدائية للعناصر بناء على العمل الواقعي للتجهيزات خلال فترة زمنية معينة [14] وقد أخذناها بناء على ذلك كالتالي :

$$T5=0.95$$

$$Feed(1,2,3,4)=0.95$$

$$Cb(t5,f1,f2,f3,f4)=0.92$$

$$Certainty\ factor=0.95$$

ويتم حساب قيمة المكان الممثل لعمل المحطة الفرعية كالتالي:

$$P11 = \min(P1,P2) \times \mu_1 = \min(0.95,0.92) \times 0.95 = 0.874$$

$$P12 = \min(P3,P4) \times \mu_2 = \min(0.95,0.92) \times 0.95 = 0.874$$

$$P13 = \min(P5,P6) \times \mu_3 = \min(0.95,0.92) \times 0.95 = 0.874$$

$$P14 = \min(P7,P8) \times \mu_4 = \min(0.95,0.92) \times 0.95 = 0.874$$

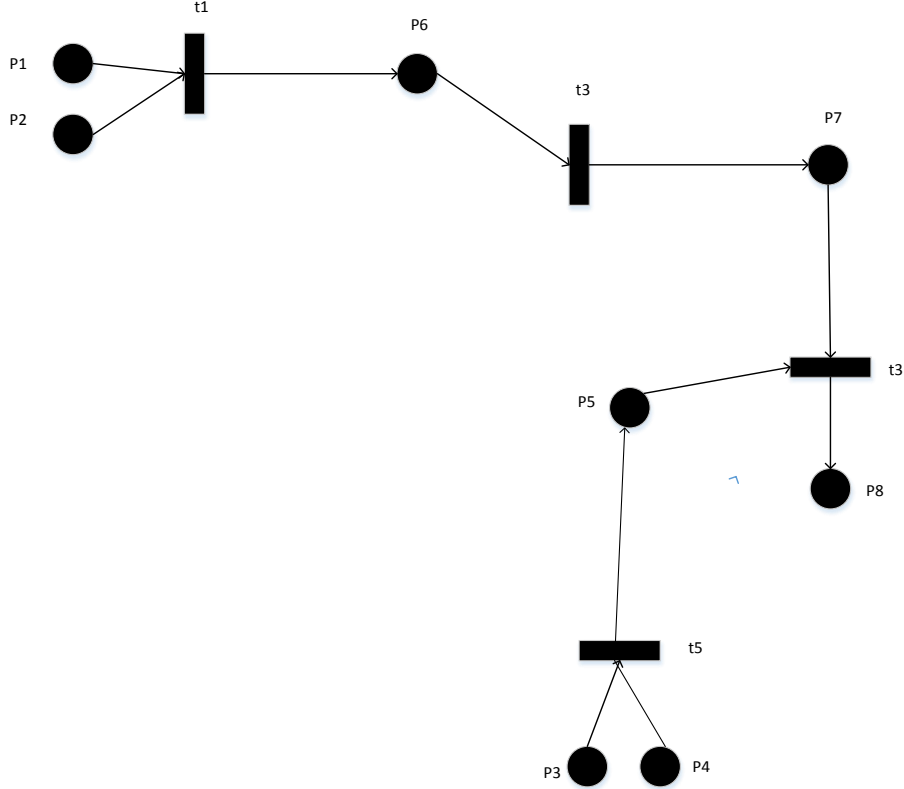
$$P15 = \min(P9,P10) \times \mu_5 = \min(0.95,0.92) \times 0.95 = 0.874$$

$$P16 = \min(P11,P12,P3) \times \mu_6 = \min(0.874,0.874,0.874) \times 0.95 = 0.830$$

$$P17 = \min(P14,P15,P16) \times \mu_7 = \min(0.874,0.874,0.830) \times 0.95 = 0.788$$

إن المكان P17 يمثل درجة الحقيقة للعمل الطبيعي للمحطة الفرعية المدروسة وهي قيمة احتمالية تعبر عن موثوقية عمل المحطة خلال المجال الزمني الذي أخذت بناء عليه درجات الحقيقة للعناصر الابتدائية (هنا خلال 5 سنوات وفقاً ل[14]).

ثانياً: حالة تطبيق الشروط المرتبطة بالحالة الحرجة يعبر عنها الشكل (5):



الشكل (5) شبكة بتري الضبابية للمصفاة عند تطبيق الشروط المرتبطة بالحالة الحرجة

ويتم توصيف دلالات الأماكن والانتقالات لهذه الحالة كما هو وارد في الجدولين (3) و (4) :

الجدول (3) دلالات الأماكن عند الحالة الحرجة

المكان	التوصيف
P1	درجة الحقيقة للمحول T5
P2	درجة الحقيقة للقاطع cbT5
P3	درجة الحقيقة للمغذي feed 1
P4	درجة الحقيقة للقاطع cbf1
P5	عمل طبيعي للمغذي feed1
P6	عمل طبيعي للمحول T5
P7	درجة الحقيقة لعمل قضيب التجميع
P8	درجة الحقيقة لعمل المحطة الفرعية

الجدول (4) دلالات الانتقالات عند الحالة الحرجة

الانتقال	التوصيف
T1	المحول T5 والقاطع الخاص به يعمل بشكل طبيعي بمعامل $\mu_1$
T2	المغذي feed1 والقاطع الخاص به يعمل بشكل طبيعي بمعامل $\mu_2$
T3	عمل العناصر المؤثرة على قضيب التجميع بمعامل $\mu_3$
T4	عمل العناصر المؤثرة على المحطة الفرعية بمعامل $\mu_4$ (هنا تدخل المؤثرات الإضافية)

## قيم معاملات الحالة الحرجة :

تختلف في هذه الحالة المعاملات التي تربط العناصر ببعضها بسبب خروج بعض العناصر من العمل [15] وهي :

$\mu_3=0.85$  معامل العناصر المرتبطة بقضيب التجميع الرئيسي

$\mu_4=0.90$  معامل العناصر المرتبطة بالمحطة الفرعية

$\mu_{4new}=0.75$  المعامل الجديد مع إدخال المؤثرات الإضافية (هنا عامل الجهد بناء على هبوط الجهد المشار إليه في المقالة المرجعية وهو 15%).

قمنا بحساب المعامل الجديد باستخدام معالج المنطق الضبابي في ماتلاب FIS (موضح في الملحق 1)

$$P5 = \min(P3, P4) \times \mu_2 = \min(0.95, 0.92) \times 0.95 = 0.874$$

$$P6 = \min(P1, P2) \times \mu_1 = \min(0.95, 0.92) \times 0.95 = 0.874$$

$$P7 = P6 \times \mu_3 = 0.874 \times 0.85 = 0.742$$

$$P8 = \min(P5, P7) \times \mu_4 = \min(0.874, 0.742) \times 0.90 = 0.67$$

$$P8 = \min(P5, P7) \times \mu_{4new} = \min(0.874, 0.742) \times 0.75 = 0.56$$

## مناقشة النتائج:

- 1- نلاحظ أن قيمة درجة الحقيقة لعمل المحطة الفرعية أصغر من قيمتها في حالة العمل الطبيعي ( $0.56 < 0.788$ ) وهذا يدل على انخفاض أداء المحطة الفرعية وبالتالي يستدعي مراقبة مؤشرات العناصر في غرفة المراقبة لاتخاذ الإجراء المناسب .
- 2- إن إضافة عامل الجهد إلى عملية المحاكاة يعطي قيمة أكثر دقة لدرجة الحقيقة تعكس صورة أقرب للواقع وهذا مهم جداً في تشغيل الشبكات الكهربائية لتقدير مدى الخطر الحاصل.
- 3- تشير قيمة درجة الحقيقة للعنصر المدروس إلى موثوقيته ضمن المجال الذي أخذت فيه القيم الابتدائية وتستخدم كمؤشر لاحتمال خطر خروجه عن العمل والذي يستدعي الصيانة الفورية أو وضعه على جدول الصيانة الاستباقية.

## الاستنتاجات والتوصيات:

- 1- تعتبر شبكات بتري الضبابية طريقة فعالة في محاكاة الشبكات الكهربائية حيث تسمح بإيجاد درجات الحقيقة لعمل العناصر كقيم عددية يسهل التعامل معها ولكن بعوامل ضبابية ثابتة وقد قمنا هنا بتضمين تغير الجهد كعامل ضبابي يمكن التحكم به حسب الجهد المدخل على المتحكم الضبابي في ماتلاب.
- 2- إن منهجية إضافة شروط تشغيل الشبكات الكهربائية كعوامل ضبابية مرتبطة بالانتقالات تتغير تبعاً لهذه الشروط تضيف دقة وواقعية إلى التقييم بخلاف وجود عوامل ثابتة للانتقالات .
- 3- قمنا في هذا البحث بإدخال مفهوم التحكم بمعامل الانتقال للانتقال واحد فقط ونوصي بتوسيع هذا النموذج ليشمل أكبر عدد من الانتقالات المتحكم بها ويزيد دقة العمل.
- 4- يمكن استخدام هذه المنهجية في محطات توليد الطاقة الكهربائية كمؤشر إضافي لتقييم التشغيل ، وفي عملية جدولة الصيانة الدورية.

## المراجع:

- [1]S. Meliopoulos, D. Taylor, C. Singh, F. Yang, S. W. Kang, and G. Stefopoulos, Comprehensive Power System Reliability Assessment, Power Systems Engineering Research Center, Apr. 2005, Fin. Proj. Rep.
- [2] Innal, F. Contribution to modelling safety instrumented systems and to assessing their performance – critical analysis of IEC 61508 standard. PhD thesis, University of Bordeaux; 2008.
- [3] Shinozuka, M., Cheng, T.C., Jin, X., Dong, X., and Penn, D. (2002) "System Performance Analysis of Power Networks", Proceedings of the Seventh U.S. National Conference on Earthquake Engineering (7NCEE), Boston, Massachusetts, July 21-25.
- [4] J. Giarratano and G. Riley, *Expert Systems: Principles and Programming*, 2nd ed. Boston, MA: PWS Publishing Company, 1994.
- [5] Cardoso G, Rolim JG, Zurn HH. Application of neural network modules to electric power system fault section estimation. *IEEE Trans Power Del* 2004;19 (3):1034–41.
- [6] Sang-Won M., Jin-Man S., Jong-Keun P., Kwang-Ho K., Adaptive Fault Section Estimation Using Matrix Representation with Fuzzy Relations, *IEEE Transactions Power Systems*, Vol. 19, No. 2, (2004), 842-848
- [7] Jiroveanu G., Boel R. K., Petri Nets Model Based Fault Section Detection and Diagnosis in Electrical Power Networks, Proc. of 6th International Power Engineering Conference, Singapore (2003)
- [8]N. Pamuk , "Modeling of Fault Diagnosis in Power Systems using Petri Nets" , Electronics and Electrical ,Engineering. Sakarya University, 2012, No. 2 (118), pp. 63-66.
- [9] Sun Yan Bin, Chen Yi Ping, Bai Zhan, Miao Shi Hong, Yao Wei, Wen Jinyu, Hou Yun He. " Fault Diagnosis for Power System Using Time Sequence Fuzzy Petri Net". 3rd International Conference on Mechanical Engineering and Intelligent Systems (ICMEIS 2015) .
- [10]Liu HC, Lin QL, Ren ML. Fault diagnosis and cause analysis using fuzzy evidential reasoning approach and dynamic adaptive fuzzy Petri nets. *Comput Ind Eng* 2013;66(4):899–908.
- [11] Yan Zhang, Yong Zhang, Fushuan Wen, Chi Yung Chung, Chung-Li Tseng, Xiaoyi Zhang, Fei Zeng, Yubo Yuan. A fuzzy Petri net based approach for fault diagnosis in power

systems considering temporal constraints . *Electrical Power and Energy Systems journal* 78 (2016) 215–224 .

[12] Luo, *Member , IEEE*, and MladenKezunovic, *Fellow, IEEE*. "Implementing Fuzzy Reasoning Petri-nets for Fault section estimation", *IEEE TRANSACTIONS ON POWER DELIVERY*, VOL. 1, NO . 1, NOVEMBER 2006.

[13] S.Küçük, L.Fernandez, M.Bayrak, A.Y\_Imaz. "Restarting Scheme of Electrical Motors After Supply Voltage Outages in Heavily Loaded Industrial Facilities". *IEEE*(2015).

[14] *Nihat Pamuk, Yılmaz Uyaroglu.* " The Fault Diagnosis for Power System Using Fuzzy Petri Nets", *PRZEGLĄD ELEKTROTECHNICZNY (Electrical Review)*, ISSN 0033-2097, R. 88 NR 7a/2012 .

[15] Guo WX, Wen FS, Ledwich G, et al. An analytic model for fault diagnosis in power systems considering malfunctions of protective relays and circuit breakers. *IEEE Trans Power Del* 2010;25(3):1393–401.