

## دراسة موثوقية أنظمة الطاقة الكهربائية اعتماداً على مفهوم شبكات بتري وتطبيقها على شبكة التوتر المتوسط لخط بلوران في اللاذقية

الدكتور أحمد سليمان أحمد\*

الدكتور طارق خير بك\*\*

رهف سليمان\*\*\*

(تاريخ الإيداع 11 / 8 / 2015. قُبل للنشر في 8 / 10 / 2015)

### □ ملخص □

يهدف هذا البحث إلى تحديد مؤشر الموثوقية لأنظمة الطاقة الكهربائية بشكل دقيق وبدون استخدام الكثير من المدخلات وعمليات المعالجة، وذلك للاستفادة من النتائج في مرحلة تخطيط وتصميم الشبكات الكهربائية لما لها من أهمية فنية واقتصادية كبيرة في الاختيار الأمثل لعناصر الشبكة وطرق توصيلها. وقد اعتمدنا في هذا البحث على استخدام مفهوم شبكات بتري لتمثيل الشبكات الكهربائية المدروسة ومن ثم محاكاة المخطط المكافئ باستخدام برنامج GRIF لحساب درجة موثوقية عمل النظام وعناصره. يتضمن هذا البحث مقارنة منهجية الطريقة المقترحة المعتمدة على مفهوم بتري مع شبكة مرجعية عالمية ومن ثم تطبيقها على شبكة كهربائية محلية ومناقشة نتائجها حيث تبين بالنتائج فعالية شبكات بتري في حساب الموثوقية بأفضل طرق المحاكاة.

**الكلمات المفتاحية :** الموثوقية-شبكات بتري- برنامج GRIF- تصميم وتخطيط الشبكات الكهربائية.

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

## Studying of electrical power systems reliability using petri nets and apply it on medium voltage network of Balloran line in Lattakia

Dr. Ahmad Solaiman Ahmad<sup>\*</sup>  
Dr. Tarek Kher Bek<sup>\*\*</sup>  
Rahaf Solaiman<sup>\*\*\*</sup>

(Received 11 / 8 / 2015. Accepted 8 / 10 / 2015)

### □ ABSTRACT □

The purpose of this study is to define the reliability index for electrical power systems specifically and without using a lot of data and treating processes. Results of this study is useful in electrical networks planning and design because of its technical and economical importance in the optimal choosing of networks elements and connections. In this research we use petri nets concept to represent electrical nets under studying then simulate the equivalent chart on GRIF program to find reliability degree for the system and its elements. This research includes comparing the suggested methodology to a reference net and then apply this method on electrical local network to discuss the results. It has been proved that petri nets are effective in reliability calculations with the best of simulation methods.

**Keywords :** reliability , petri nets, GRIF program, networks planning and design.

---

\* Assistant professor in electrical power engineering department , faculty of mechanical and electrical engineering , Tishreen university.

\*\* professor in electrical power engineering department , faculty of mechanical and electrical engineering , Tishreen university.

\*\*\* Postgraduate student in electrical power engineering department , faculty of mechanical and electrical engineering , Tishreen university.

## مقدمة:

تزداد أهمية الكهرباء في حياتنا كمؤشر حيوي للحضارة و التطور ، وتزداد معها الحاجة إلى التزويد الموثوق بالطاقة بسبب كثرة استخدام التجهيزات الالكترونية الحساسة التي تتأثر بأقل الانقطاعات و الانحرافات للتوتر و التيار الكهربائي.

يقصد بتعبير الموثوقية Reliability في هندسة الطاقة الكهربائية بأنه مقدرة النظام الكهربائي على ضمان العمل المستمر وتنفيذ الغاية المرجوة منه مع المحافظة على المؤشرات الاستثمارية ضمن الشروط المحددة [1] . ومن المعلوم أن للموثوقية درجات تبعاً لأهمية استمرارية التغذية بالتيار الكهربائي ، فبالنسبة للمستهلكين من الدرجة الثانية يسمح بانقطاع التغذية عنهم لفترات قصيرة تسمح بإدخال الاحتياطي بشكل أوتوماتيكي ، أما مستهلكو الدرجة الأولى فلا يسمح بانقطاع التغذية عنهم أبداً لأن انقطاعها يشكل خطراً على حياة الناس أو خسائر مادية كبيرة، وانطلاقاً من ذلك تخصص ميزانيات كبيرة لدراسة الموثوقية في مرحلة التصميم وتحديد الإجراءات اللازمة لتحسين عمل العناصر ووصلها بأفضل الطرق لتأمين تغذية مستمرة ، إضافة لتركيب الحماية المناسبة للحد من أخطار الأعطال وتأمين العناصر الاحتياطية في هذه الحالات.

حتى الوقت الحالي كان هناك العديد من الطرق لحساب مؤشرات الموثوقية لجميع الشبكات على اختلاف عناصرها وتوصيلاتها ، ولكن معظم هذه الطرق تتطلب الكثير من المعطيات وتعتمد على الإحصاء وتحتاج لزمان طويل في المعالجة مما يصعب الوصول للحل ، ونظراً للاتجاه الدائم للبحث عن أقصر الطرق للوصول إلى النتائج المطلوبة فقد اتجهنا لاستخدام مفهوم شبكات بتري كطريقة مناسبة وأكثر سرعة في تقييم موثوقية الشبكات الكهربائية ، حيث تتميز هذه الطريقة بتقديم محاكاة متكاملة للنظام بدون الحاجة إلى كم ضخم من المعطيات بالتالي تقليل في زمن المعالجة ، كما تقدم خيارات واسعة لتمثيل الشبكات مهما اختلفت مخططاتها إضافة لإمكانية تمثيل الشبكة نفسها بعدة طرق حسب وجهة الدراسة المطلوبة.

## أهمية البحث وأهدافه:

ازدادت أهمية الموثوقية في التغذية بالطاقة الكهربائية فيما يتعلق بدورها ضمن التطورات الحالية لأمان النظام وتحليل الأخطار ، حيث نقوم بدراسة الأعطال المحتملة التي تؤثر على الموثوقية ونتوقع نتائجها وفقاً لذلك نصمم حمايات أمان صحيحة لمثل هكذا حالات وللتخفيف من النتائج المرتبطة بها والتي ستسبب بمشاكل خطيرة اذا تركت بدون حل ، كما أن استخدام نظرية بتري يعتبر أحد أساليب تخطيط وتصميم الشبكات الكهربائية التي تتميز بتوفير مقارنة متكاملة للنظام بدون أن تتطلب الكثير من المعطيات والمعالجة. إن الهدف من هذه الدراسة هو تحديد درجة موثوقية الأنظمة الكهربائية بشكل دقيق و بزمن قصير نسبياً.

## طرائق البحث ومواده:

تعتمد طريقة البحث على إيجاد مؤشر الموثوقية باستخدام مفهوم شبكات بتري و برنامج GRIF [2].

- برنامج GRIF عبارة عن برنامج نمذجة ومحاكاة متعدد المجالات والخصائص حيث يستخدم في العديد من التطبيقات التحليلية والعملية كتطبيقات الموثوقية ومجالات النفط والغاز والطيران ، و سنستخدم في هذا البحث نسخة البرنامج المخصصة لتمثيل شبكات بتري حيث يعطي البرنامج مجموعة واسعة جداً من خيارات التتابع لتمثيل

الانتقالات ، إضافة لإمكانية رسم المخططات البيانية والإحصائية وتقديم نتائج المحاكاة بشكل مجدول ودقيق مع إمكانية إضافة متغيرات وبارامترات خاصة بالمستخدم بشكل يغطي مجالاً واسعاً جداً من التطبيقات.

خوارزمية العمل المطبقة تتمثل بـ:

- 1 - تحديد الحالة الابتدائية للشبكة قيد الدراسة ويشمل ذلك حالة القواطع والحمايات و العناصر.
- 2 - دراسة الأعطال المحتملة للشبكة لاختيار الأعطال الرئيسية التي يجب محاكاتها.
- 3 - إنشاء نموذج بترى الموافق للشبكة و الأعطال المحتملة عليها.
- 4 - محاكاة النموذج المرسوم باستخدام البرنامج المقترح GRIF.
- 5 - تقييم درجة الموثوقية للشبكة المدروسة وفق نتائج المحاكاة حيث أن معرفة زمن البقاء في كل موضع يمكننا من حساب احتمال حدوث كل حالة تشغيل وبالتالي حساب درجة الموثوقية.

ملاحظة : سيتم تطبيق خوارزمية العمل هذه على شبكة مرجعية ومقارنة نتائجنا معها.

### تعريف وعلاقات رياضية لحساب الموثوقية

نستعرض بعض علاقات الموثوقية التي سنستخدمها في العمل [3].

- كثافة الأعطال Frequency Of Faults ( $\lambda$ ) : وهي عبارة عن العدد الوسطي لأعطال النظام خلال وحدة الزمن.

- احتمال العمل دون انقطاع P(t) Probability Of Aptitude وهو يعبر عن صلاحية النظام للعمل خلال زمن t ويعطى بالعلاقة التالية:

$$P(t) = e^{-\lambda t}$$

- الزمن الوسطي لعمل النظام دون انقطاع  $t_d$  ويعطى بالعلاقة:

$$t_d = \int_0^{\infty} e^{-\lambda t} dt = \frac{1}{\lambda}$$

- الزمن الوسطي لإصلاح العطل  $t_a$  ويحدد كزمن وسطي للانقطاع و هو عملياً يمثل زمن الانقطاع نتيجة العطل و زمن إزالته.

- عامل الموثوقية (R) Reliability Factor : ويمثل احتمال صلاحية النظام ويعطى بالعلاقة:

$$R = \frac{t_d}{t_d + t_a} = \frac{t_d}{T}$$

- عامل اللاموثوقية (Q) Non reliability Factor وهو يمثل احتمال تعطل النظام ويعطى بالعلاقة:

$$Q = \frac{t_a}{t_a + t_d} = \frac{t_a}{T}$$

### مفهوم شبكات بترى :

تم تطوير هذه النظرية من قبل العالم الرياضي الألماني Carl Adam Petri في الفترة بين عامي 1960-1962 [4]، وهي مبنية على فكرة أن العلاقات بين عناصر الأنظمة المختلفة التي تتخذ منحى تزامنياً أو متوازياً يمكن أن يعبر عنها بشبكة.

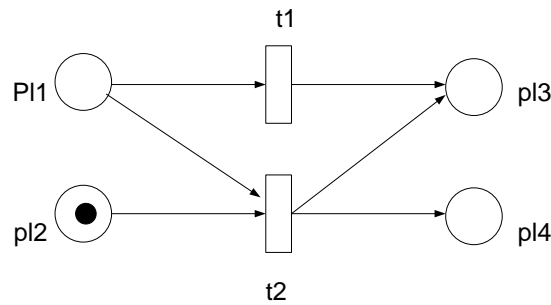
تركيب شبكة بترى:

يبين الشكل (1) نموذجاً يوضح التركيب الأساسي لشبكة بترى ، إذ أنها تتكون من خمسة عناصر هي:

$$S = (pl, t, N, a, b)$$

حيث :

$pl$  و  $t$  هي مجموعات منتهية و غير خالية من المواضع  $places$  والانتقالات  $transitions$  على الترتيب  
 $N$  هي مجموعة المحددات  $token$  الموجودة في الأماكن  
 $a$  و  $b$  هي الأقواس الموجهة بين  $pl$  و  $t$   
 حيث تعبر الأماكن عن الحالات الستاتيكية بينما تمثل الانتقالات الخواص الديناميكية للنموذج والانتقال من  
 حالة إلى أخرى [5].



شكل (1) نموذج شبكة بترى

بدأ العمل بمفهوم شبكات بترى في سلاسل الإنتاج حيث أن هذه السلاسل تعتمد على القيام بوظائف مختلفة تنجز على التوازي و يتم جمعها على مراحل لإنجاز العمل [6]، إضافة إلى استخدامها في نمذجة الشبكات متوسطة الجهد للمحطات النووية [7]، وأمان الشبكات الكهربائية [8]، إضافة للدراسات التي تناولت مشاكل المحولات الكهربائية والتي تعتبر جزءاً حيوياً من الشبكات الكهربائية [9]، والعديد من تطبيقات الاتصالات والحوسيب وأنظمة التحكم الصناعي.

### النتائج والمناقشة:

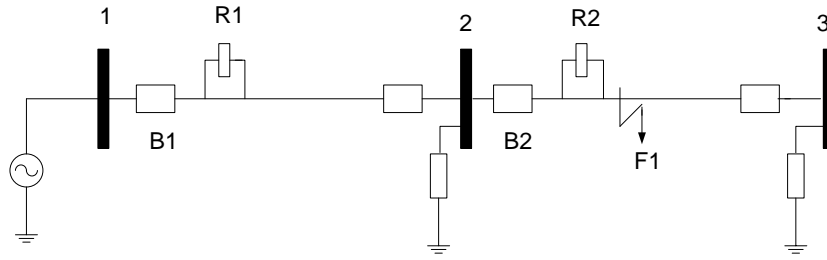
لتحديد درجة موثوقية أنظمة الطاقة الكهربائية على اختلافها اعتماداً على خوارزمية العمل الموضحة مسبقاً حيث نقسم العمل إلى قسمين:

أولاً : مصادقة طريقة عملنا من خلال مقارنة نتائج عملنا مع النتائج التي تم الحصول عليها بتطبيق طرق أخرى في العمل على دارة مرجعية.

ثانياً : استخدام طريقة العمل على الشبكة الكهربائية المقترحة بعد التأكد من فعاليتها.

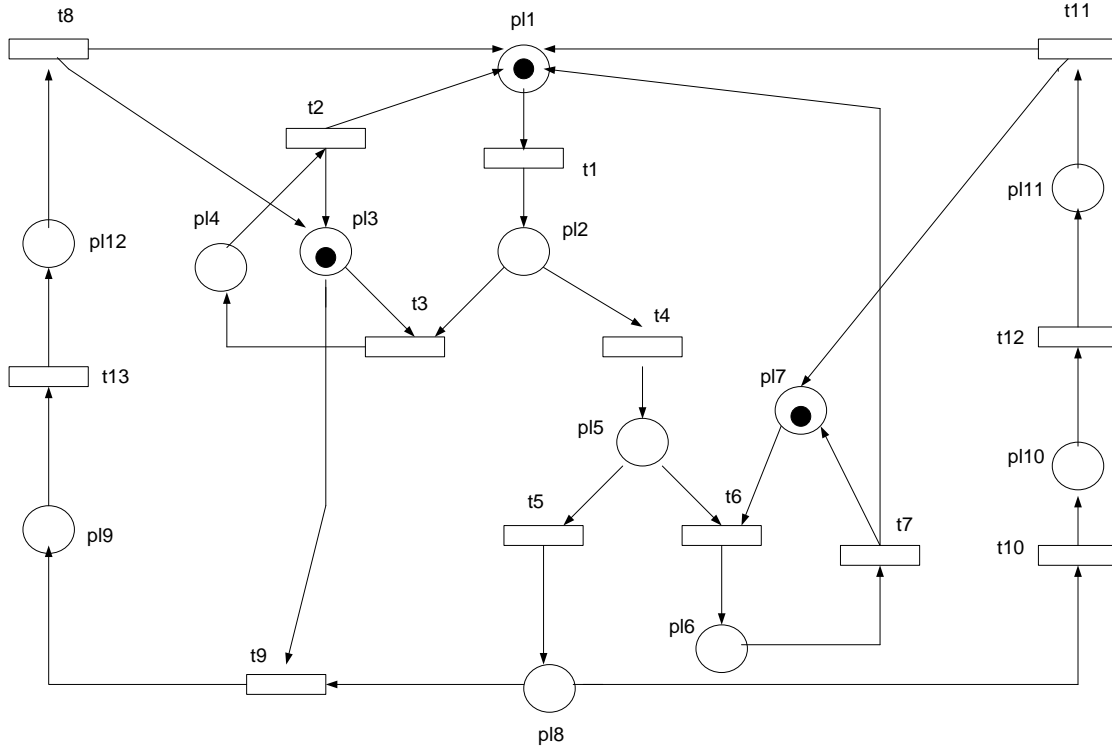
#### • مخطط شبكة كهربائية لنظام شعاعي بسيط

الدارة المرجعية للعمل مبينة بالشكل (2) حيث تحتوي هذه الدارة على حماية محلية أساسية R2 والقاطع المرتبط بها B2 وحماية احتياطية تعمل كدعم هي R1 والقاطع المرتبط بها B1 و بافتراض حدوث عطل F1 بين العقدتين 2-3 نرسم مخطط بترى الموافق لهذه الحالة والذي يمكننا من إيجاد درجة الموثوقية المطلوبة ومقارنتها مع النتائج المرجعية [10].



الشكل (2) مخطط نظام كهربائي بسيط

لقد تم في [10] افتراض قيم لعامل الموثوقية للحمايات الرئيسية والاحتياطية ومن ثم استخدام أداة بطري في برنامج ماتلاب لمحاكاة النتائج ، أما نحن فاعتمدنا في التطبيق على العمل بدون افتراضات للحصول على أفضل دقة ممكنة للنتائج ، وعليه نقدم طريقة عملنا ونقارنها مع المقالة المرجعية لتصديق نتائجنا. حيث يكون مخطط بطري لهذه الشبكة بعد الإدخال على البرنامج كما في الشكل (3)



شكل (3) مخطط بطري لدارة نظام كهربائي أحادي الخط

حيث يعبر المكان pl1 عن حالة التشغيل الطبيعي للنظام ، وتعتبر الأماكن pl3 و pl4 عن توفر الحمايات الأساسية و الاحتياطية ، ويحدث الانتقال من حالة تشغيل للنظام إلى حالة أخرى عن طريق الانتقالات التي يعبر كل منها عن حدوث تغير ديناميكي في حالة النظام ، وفيما يلي الجدولين (1) و (2) يبينان دلالات الأماكن والانتقالات:

جدول (1) دلالات الأماكن لمخطط بتري لنظام كهربائي أحادي الخط

الأماكن	التوصيف
pl1	حالة العمل الطبيعي
pl2	عطل في النظام بين العقدتين 2 و 3
pl3	الحماية الأساسية متوفرة
pl4	حالة انذار-عزل العطل بالحماية الأساسية
pl5	حالة طوارئ-عدم عمل الحماية الأساسية
pl6	حالة طوارئ-عزل العطل بالحماية الاحتياطية
pl7	الحماية الاحتياطية متوفرة
pl8	حالة طوارئ قصوى-عدم عمل الحماية الاحتياطية
pl9	استعادة النظام-يتم إصلاح النظام أساسية ← احتياطية
pl10	استعادة النظام-يتم إصلاح النظام احتياطية ← أساسية
pl11	استعادة النظام-أصلح النظام
pl12	استعادة النظام-أصلح النظام

جدول (2) دلالات الانتقالات لمخطط بتري لنظام كهربائي أحادي الخط

الانتقالات	التوصيف
t1	حدث عطل F1
t2	الحماية الأساسية R2 تغلق القاطع B2
t3	عزل العطل بالحماية الأساسية R2 (B2 مفتوح)
t4	الحماية الأساسية لا تعمل (B2 مغلق)
t5	الحماية الاحتياطية R1 لا تعمل (B1 مغلق)
t6	عزل العطل بالحماية الاحتياطية R1 (B1 مفتوح)
t7	الحماية الاحتياطية R1 تغلق القاطع B1
t8	تشغيل يدوي للحماية الأساسية B2 مغلق
t9	تشغيل يدوي للحماية الأساسية B2 مفتوح
t10	تشغيل يدوي للحماية الاحتياطية B1 مفتوح
t11	تشغيل يدوي للحماية الاحتياطية B1 مغلق
t12	عزل العطل بين 2 و 3
t13	عزل العطل بين 2 و 3

بعد إجراء المحاكاة على برنامج GRIF و باعتماد 1000 مرة محاكاة نحصل على نتائج زمن البقاء للأماكن التي يوضحها الشكل (4).

Name	Number	Sojourn Time	$\sigma$ (Sojourn Time)	Average token nu.	$\sigma$ (Average)	Token number at	$\sigma$ (end of history)
P11	1	7.5636E2	3.0603E2	0.7564	0.306	0.617	0.4864
P12	2	4.0997	6.1412	4.0997E-3	6.1412E-3	5E-3	7.0569E-2
P13	3	9.563E2	9.4085E1	0.9563	9.4085E-2	0.946	0.2261
P14	4	3.5353E1	7.5366E1	3.5353E-2	7.5366E-2	2.8E-2	0.1651
P15	5	1.207E2	2.1419E2	0.1207	0.2142	0.164	0.3705
P16	6	3.5389E1	1.2571E2	3.5389E-2	0.1257	8E-2	0.2714
P17	7	9.5048E2	1.4879E2	0.9505	0.1488	0.884	0.3204
P18	8	2.5632E1	9.5487E1	2.5632E-2	9.5487E-2	4.4E-2	0.2052
P19	9	6.9275	5.0028E1	6.9275E-3	5.0028E-2	2.2E-2	0.1468
P110	10	1.0734E1	7.0905E1	1.0734E-2	7.0905E-2	2.5E-2	0.1562
P111	11	3.3977	3.9102E1	3.3977E-3	3.9102E-2	1.1E-2	0.1044
P112	12	1.4172	2.2787E1	1.4172E-3	2.2787E-2	4E-3	6.3151E-2

شكل (4) نتائج المحاكاة باستخدام برنامج GRIF

والآن نستطيع حساب عامل الموثوقية كالتالي :

- بالنسبة لعمل الحماية الأساسية و الممثلة بالمكان p13 (مأخوذة من الشكل 4 )

$$R(3) = \frac{956.302}{1000} = 0.956 \times 100 = 95.6\%$$

في حين أن نتيجة المقالة المرجعية كانت = 95.07 %

- بالنسبة لعمل الحماية الاحتياطية والممثلة بالمكان p17 (مأخوذة من الشكل 4 )

$$R(7) = \frac{950.479}{1000} = 0.9504 \times 100 = 95.04\%$$

في حين أن نتيجة المقالة المرجعية كانت = 95.07 % أيضا

وبالمقارنة نجد أن نتائجنا مقبولة ويمكن الاعتماد على هذه الطريقة في إيجاد مؤشر الموثوقية بشكل دقيق وبدون افتراض قيم لموثوقية العناصر ، حيث اعتمدنا على إدخال معدل العجز للانتقالات للحصول على أزمدة البقاء للأماكن واستخدامها في الحساب ، وتجدر الإشارة إلى إمكانية استخدام هذه الطريقة لدراسة وحساب مختلف أنواع الشبكات الكهربائية حيث تمكننا من حساب مؤشر الموثوقية لجميع العناصر وحالة العطل والعمل الطبيعي في الشبكة السابقة مثلا:

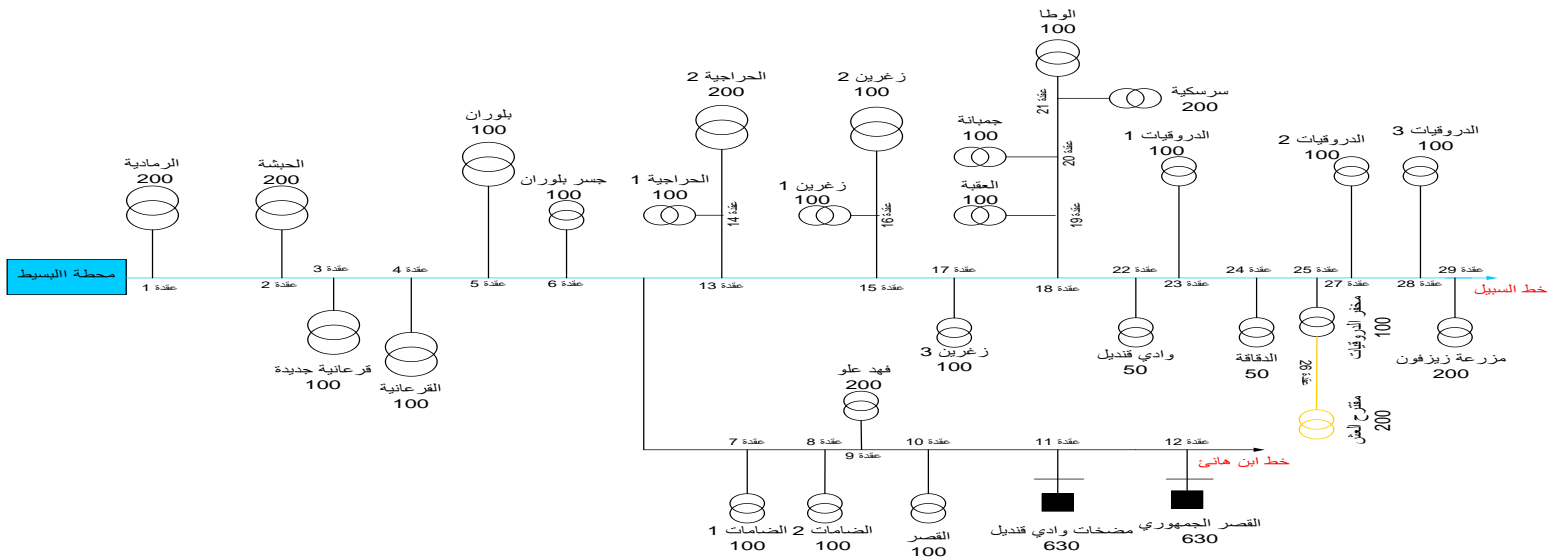
- بالنسبة لعمل النظام في الحالة الطبيعية والممثل بالمكان p11 (مأخوذة من الشكل 4 )

$$R(1) = \frac{756.355}{1000} = 0.756 \times 100 = 75.6\%$$

- مخطط شبكة التوتر المتوسط لخط بلوران في محافظة اللاذقية

بعد أن قمنا بمصادقة طريقتنا على الشبكة المرجعية أصبح بالإمكان تطبيقها على الشبكة المقترحة، وقد اخترنا لهذا الغرض شبكة التوتر المتوسط لخط بلوران في محافظة اللاذقية الموضحة بالشكل (5) ، مأخوذة من رسالة ماجستير في كلية الهندسة الميكانيكية و الكهربائية [11] حيث سنقوم بدراسة موثوقية هذه الشبكة وفق شبكات بترى.





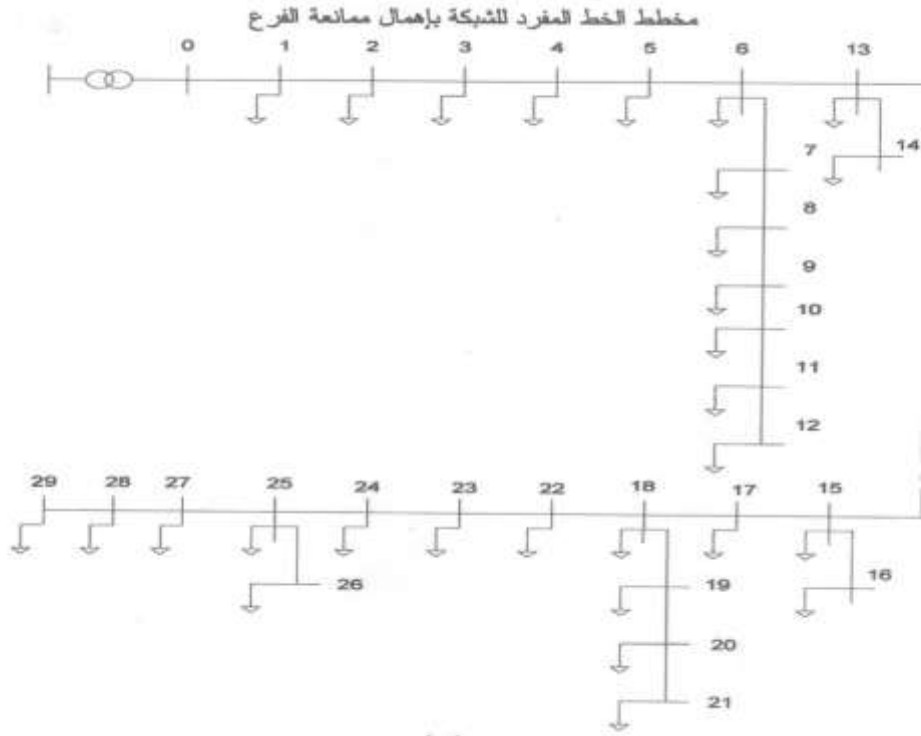
<b>واحدة الطول : م</b>	
<b>واحدة الاستطاعة : ك.ف.أ</b>	
<b>هوائي المقطع : 21/120</b>	
<b>هوائي المقطع : 8/50</b>	
<b>أرضي المقطع 120</b>	
<b>مركز تحويل هوائي</b>	
<b>مركز تحويل أرضي</b>	

## خط بلوران

شكل (5) مخطط شبكة بلوران المقدم من مركز توثيق الشبكات

وفيما يلي مخطط الخط المفرد لشبكة التوتر المتوسط لخط بلوران مع إهمال ممانعة الخطوط الموضح

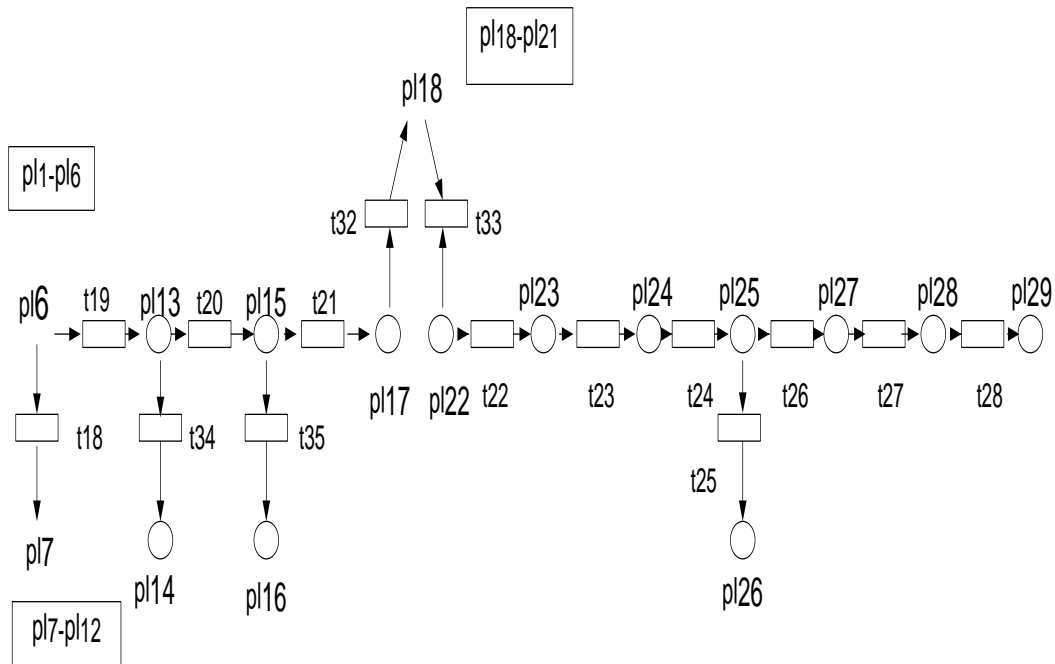
بالشكل (6)



شكل (6) مخطط الخط المفرد لخط بلوران

حيث يعتبر كل مركز تحويل عبارة عن عقدة وباعتبار شبكة الجهد المتوسط لها المقطع نفسه ونوع الأسلاك نفسه يمكن اعتماد المسافات بين العقد كأساس للمقارنة ، وعليه نستخدم مفهوم النسب لتمثيل الأبعاد بين العقد كقيم منسوبة واستخدامها كعوامل عجز في الانتقالات في شبكة بتري المكافئة.

والآن نستطيع تمثيل الشبكة المقترحة في برنامج GRIF والشكل (7) يوضح ذلك:



شكل (7) مخطط بترى لخط بلوران وفق الشكل المعطى من مكتب توثيق الشبكات

والآن سنقوم بعملية محاكاة simulation للمخطط على برنامج GRIF وسنعمد على تقسيم الشبكة إلى ثلاثة مسارات وإيجاد الموثوقية وفق منهجية عملنا المشروحة سابقاً. المسارات على الشكل التالي:

- 1-12 •
- 1-21 •
- 1-29 •

بعد إجراء المحاكاة على برنامج GRIF و باعتماد 10000 مرة محاكاة نحصل على نتائج زمن البقاء التالية للأماكن:

### 1- المسار الأول 1-12

يوضح الشكل (8) أزمنة البقاء للأماكن الموجودة في المسار الأول.

Name	Number	Sojourn Time	$\sigma$ (Sojourn Time)	Average token nu.	$\sigma$ (Average)	Token number at	$\sigma$ (end of history)
P11	1	7.4042E1	7.3741E1	7.4042E-3	7.3741E-3	0	0
P12	2	4.7151E1	4.6659E1	4.7151E-3	4.6659E-3	0	0
P13	3	4.9452E1	4.8647E1	4.9452E-3	4.8647E-3	0	0
P14	4	1.1534E2	1.1509E2	1.1534E-2	1.1509E-2	0	0
P15	5	3.9441E2	3.9538E2	3.9441E-2	3.9538E-2	0	0
P16	6	3.9539E1	3.9113E1	3.9539E-3	3.9113E-3	0	0
P17	7	1.149E2	1.1422E2	1.149E-2	1.1422E-2	0	0
P18	8	1.9803E2	1.9712E2	1.9803E-2	1.9712E-2	0	0
P19	9	2.0007E2	1.9947E2	2.0007E-2	1.9947E-2	0	0
P110	10	6.1035E1	6.0533E1	6.1035E-3	6.0533E-3	0	0
P111	11	7.9459E1	7.8945E1	7.9459E-3	7.8945E-3	0	0
P112	12	8.5268E3	5.3057E2	0.8627	5.3057E-2	1	0

شكل (8) أزمنة البقاء للأماكن للمسار 1-12 لشبكة بلوران

تكون موثوقية المسار هي موثوقية أبعد عقدة وهي العقدة P12 وعليه:

$$R(12) = \frac{8626}{10000} = 0.8626 \times 100 = 86.26\%$$

2 - المسار الثاني 1-21

يوضح الشكل (9) أزمنة البقاء للأماكن الموجودة في المسار الثاني

Name	Number	Sojourn Time	$\sigma$ (Sojourn Time)	Average token nu.	$\sigma$ (Average)	Token number at	$\sigma$ (end of history)
P11	1	7.3082E1	7.1819E1	7.3082E-3	7.1819E-3	0	0
P12	2	4.6727E1	4.7223E1	4.6727E-3	4.7223E-3	0	0
P13	3	5.0567E1	5.0095E1	5.0567E-3	5.0095E-3	0	0
P14	4	1.1493E2	1.1399E2	1.1493E-2	1.1399E-2	0	0
P15	5	3.9967E2	4.0079E2	3.9967E-2	4.0079E-2	0	0
P16	6	2.3523E1	2.3616E1	2.3523E-3	2.3616E-3	0	0
P113	13	3.3491E1	3.2876E1	3.3491E-3	3.2876E-3	0	0
P115	15	1.6036E2	1.5802E2	1.6036E-2	1.5802E-2	0	0
P117	17	2.62E2	2.6165E2	2.62E-2	2.6165E-2	0	0
P118	18	5.4125E1	5.4118E1	5.4125E-3	5.4118E-3	0	0
P119	19	1.5969E2	1.5834E2	1.5969E-2	1.5834E-2	0	0
P120	20	2.6504E2	2.6285E2	2.6504E-2	2.6285E-2	0	0
P121	21	8.3568E3	6.1499E2	0.8357	6.1499E-2	1	0

شكل (9) أزمنة البقاء للأماكن للمسار 1-21 لشبكة بلوران

بحساب موثوقية العقدة P121

$$R(21) = \frac{8356}{10000} = 0.8356 \times 100 = 83.56\%$$

3 - المسار الثالث 1-29

يوضح الشكل (10) أزمنة البقاء للأماكن الموجودة في المسار الثالث

Name	Number	Sojourn Time	σ (Sojourn Time)	Average token nu.	σ (Average)	Token number at	σ (end of history)
P11	1	7.3793E1	7.3548E1	7.3793E-3	7.3548E-3	0	0
P12	2	4.6389E1	4.6373E1	4.6389E-3	4.6373E-3	0	0
P13	3	4.968E1	4.891E1	4.968E-3	4.891E-3	0	0
P14	4	1.1444E2	1.1448E2	1.1444E-2	1.1448E-2	0	0
P15	5	4.0478E2	4.0173E2	4.0478E-2	4.0173E-2	0	0
P16	6	2.3612E1	2.3699E1	2.3612E-3	2.3699E-3	0	0
P113	13	3.3259E1	3.3159E1	3.3259E-3	3.3159E-3	0	0
P115	15	1.587E2	1.5737E2	1.587E-2	1.5737E-2	0	0
P117	17	2.6334E2	2.6221E2	2.6334E-2	2.6221E-2	0	0
P118	18	2.6936E1	2.654E1	2.6936E-3	2.654E-3	0	0
P122	22	8.8683E1	8.8696E1	8.8683E-3	8.8696E-3	0	0
P123	23	8.0746E2	8.1346E2	8.0746E-2	8.1346E-2	0	0
P124	24	1.9955E2	2.0355E2	1.9955E-2	2.0355E-2	1E-4	1E-2
P125	25	7.9939E1	7.941E1	7.9939E-3	7.941E-3	0	0
P127	27	5.305E1	5.2541E1	5.305E-3	5.2541E-3	0	0
P128	28	4.0688E2	4.0294E2	4.0688E-2	4.0294E-2	1E-4	1E-2
P129	29	7.1695E3	1.0809E3	0.717	0.1081	0.9998	1.4141E-2

شكل (10) أزمنة البقاء للأماكن للمسار 1-29 لشبكة بلوران

بحساب موثوقية العقدة p129

$$R(29) = \frac{7169}{10000} = 0.7169 \times 100 = 71.69\%$$

### الاستنتاجات والتوصيات:

1. تبين من هذا البحث فعالية شبكات بتري في حساب الموثوقية بأفضل طرق المحاكاة بدون الكثير من تعقيدات الإدخال والمعادلات الحسابية ومع نتائج مرضية تزيد دقتها على 80 % حسب نوع الشبكة وعناصرها وخصائصهما.
2. يمكن استخدام الطريقة المقترحة لتمثيل ومحاكاة مختلف الشبكات الكهربائية العاملة عند توترات اسمية مختلفة وتحديد مؤشر الموثوقية لها.

### المراجع :

- [1] R. Billinton, R. N. Allan, "Power-system reliability in perspective", IEE Electronics and Power, Vol. 30, No. 3, March 1984.
- [2] GRIF 2014 petri nets with predicates, user manual, version 31, March 2014.
- [3] Sozaski J. Reliability of power supply. – Scientific and Technical Publishing, Warsaw, 1990.
- [4] Jiang C. J. Petri Net Theory and its Application. – Higher Education Press, 2003–148p.
- [5] T. Murata, "Petri Nets: Properties, Analysis and Applications," *Proceedings of the IEEE*, vol. 77, no. 4, April 1989, 541-580p.
- [6] Zurawski R., MengChu Zhou, Petri nets and industrial applications (a tutorial) //IEEE Transactions on Industrial Electronics, 1994, 567–583p.

[7] D. C. IONESCU, A. P. ULMEANU AND A. C. CONSTANTINESCU “ Reliability modelling of medium voltage distribution of nuclear power plants using petri nets, Elsevier, Computers and Mathematics with Applications 51 (2006), 285-290p.

[8] Analysis of system security by Petri Nets for Reconfiguration the Power System 10.4028/www.scientific.net/AMR.433-440p.

[9] A.S. Farag, M. Mohandes, Ali Al-Shaikh, “Diagnosing failed distribution transformers using neural networks,” *IEEE Trans. Power Delivery*, vol. 16, no. 4, October 2001, 631- 636p.

[10] Jose.L.Sanchez Mario.A.Rios and Gustavo Ramos, Evaluation of power systems security with petri nets, Universidad de los Andes, 2010, Colombia.

[11] المهندس علي حلواني، الدكتور أحمد سليمان أحمد ، الدكتور قيس عبود ، البحث في العوامل المسببة

لهبوط الجهد في شبكة التوتر المتوسط لخط بلوران في محافظة اللاذقية ، رسالة ماجستير ، كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية ، جامعة تشرين، 2010.