مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (38) العدد (3) 2016
Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Engineering Sciences Series Vol. (38) No. (3) 2016

نظام خبير لتحديد منطقة العطل في نظام القدرة الكهربائي

الدكتور عمّار حجّار*
الدكتور فيصل شعبان*
فيصل صعيدي **

(تاريخ الإيداع 25 / 8 / 2015. قُبِل للنشر في 31/ 5 / 2016)

□ ملخّص □

يقدم هذا البحث نظاماً خبيراً جديداً لتحديد الجزء المصاب بالعطل في نظام القدرة الكهربائي ولتحليل أداء نظام الحماية (زواجل وقواطع). يتطلب النظام الخبير المقدم معلومات حول تكوين نظام القدرة الكهربائي وحول حالات تلامسات قواطع الدارة وزواجل الحماية (مفتوحة / مغلقة). يستطيع النظام الخبير المقدم تحديد الجزء المصاب بالعطل بسرعة وبدقة عالية لأجل كافة أنواع الأعطال، متضمنة الأعطال المتزامنة (Simultaneousfaults)، في نظام القدرة الكهربائي. النظام الخبير المقدم عام،أي يمكن استخدامه مع أي نظام قدرة كهربائي، وذلك لأنه قمنابفصل الحقائق (Facts)عن القواعد(Rules) بشكل كامل. لكتابة واختبار النظام الخبير المقدم تم استخدام بيئة تطوير النظم الخبيرة CLIPS(آلة الإنتاج المتكاملة بلغة سي) التي تستخدم الربط الأمامي في الاستنتاج (forward chaining).

لقد تم اختبار أداء النظام الخبير المقدم على ثلاث أنظمة قدرة كهربائية اختبارية (IEEE–6 bustest system و IEEE–9 bustest system و IEEE–14 bustest system) وقد أبدى النظام الخبير المقدم أداءً مميزاً لأجل كافة الأنظمة المختبرة. لكن، تم في هذا البحث عرض نتائج أداء النظام الخبير لأجل نظام قدرة كهربائي اختباري ذي تسع قضبان تجميع (IEEE–9 bustest system).

الكلمات المفتاحية: نظام خبير،تحديد منطقة العطل، نظام القدرة الكهربائي، الأعطال المتزامنة، بيئةكلبسCLIPS.

*أستاذ – 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.
**طالب دراسات عليا (ماجستير)– قسم هندسة الطاقة الكهربائية–كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية –جامعة تشرين –اللاذقية–سورية.

مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (38) العدد (3) 2016
Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Engineering Sciences Series Vol. (38) No. (3) 2016

An Expert System for Faulted Section Determination in Electrical Power System

Dr. Ammar Hajjar *
Dr. Faysal Shaaban*
Faysal Saiede**

(Received 25 / 8 / 2015. Accepted 31 / 5 / 2016)

□ ABSTRACT □

This paper introducesa new expert system (ES) for faulted section determination in electrical power system andinterpretingthe performance of the protective system (relays and circuit breakers). The introducedESrequiresinformation about the power system configuration and about the contacts status (open/closed) of the circuit breakers and protective relays. It can determine the faulted section quickly and accurately for all types of faults including simultaneous faults. It is general, i.e.it can be usedwith any power system,due to the separation between the Facts and Rules. The introducedES isdeveloped and tested by CLIPS environment (C Language Integrated Production System) which uses forward chaining to derive conclusion.

The performance of the introduced ES is tested for several power systems, IEEE–6 bustest system, IEEE–9 bustest system andIEEE–14 bustest system, and it shows a distinct performance for all tested systems. But for space limitation, we present in this paper the performance results of the introduced ES for the IEEE–9 bustest system only.

Keywords: An Expert System, Faulted Section Determination, Power System, Simultaneous Faults, and CLIPS

*Professor , Department of Electrical *Power Engineering* - Faculty of Mechanical and Electrical engineering - Tishreen University – Lattakia – Syria.
*Professor , Department of Electrical *Power Engineering* - Faculty of Mechanical and Electrical engineering - Tishreen University – Lattakia – Syria.
**Postgraduate student , Department of Electrical Power *Engineering* - Faculty of Mechanical and Electrical engineering - Tishreen University – Lattakia – Syria.

مقدمة:

عند حدوث عطل في نظام قدرة كهربائي تقوم زواجل الحماية بإعطاء الأوامر إلى قواطع الدارة المسؤولة لكي تقوم بعزل الجزء المصاب بالعطل عن نظام القدرة، مما يؤدي إلى خروج حمل أو مجموعة أحمال عن النظام. بعد عملية إزالة العطل تبدأ عملية استعادة التغذية الكهربائية في نظام القدرة. أول مرحلة في عملية استعادة التغذية هي عملية تحديد منطقة العطل في نظام القدرة الكهربائي (قضيب تجميع – خط نقل –محولة ....).

عند حدوث عطل تظهر كميةهائلة من المعلومات في مركز التنسيق والتحكم، مما يسبب ضغطاً شديداً على الكادر الفني الخبير المتواجدفي مركز التنسيق والتحكم، وقد يؤدي هذا إلى اتخاذه قرارات خاطئة، كما قد تؤثر أحياناً الحالة النفسية للخبير على سرعة ودقة اتخاذهللقرار المناسب، وقد يحول التقاعد أو الموت دون وجود الكادر الفني الخبير. بناءً على ما سبق،قدممجموعة من الباحثين أبحاثاً عديدةتهدف إلى إيجاد طريقة لدعم الكادر الفني في مراكز التنسيق والتحكمبغية اتخاذهللقرار المناسب، وذلك للحصول على موثوقية عالية في نظام القدرةالكهربائي وتقليل زمن استعادة التغذية.

يمكن تقسيم الأبحاث التي قدمت في هذا المجال إلى ثلاث مجموعات:اعتمدت المجموعة الأولىمن الأبحاث على تطوير مجموعة من النظم الخبيرة باستخدام مجموعة واسعة من برامج التطوير، مثل: $OSP - OPS83 - LISP - PROLOG$، قدمت هذه الأبحاث نظماً خبيرةقادرةً على اكتشاف الأعطال في أنظمة القدرة الكهربائية، ولكن عانت تلك النظم من مجموعة من السلبيات، حيث عالجت بعض هذه النظم الخبيرة حالة الأعطال أحادية الطور فقط [1]،أما البعض الآخر فلميستطع التعامل مع أكثر من حالة عطل واحدة [1-4]،بينما لميستطع البعض الآخر التعامل مع الأعطال المتزامنة [3-4]،كما لم يتمكن الباحثون في [3][5] من فصل القواعد عن الحقائق في النظام الخبير المقدم مما أدى إلى ضخامة قاعدة المعرفة وبطء الاستنتاج.

اعتمدت المجموعة الثانية على الشبكات العصبونية (ANN) لحل مشكلة تحديد منطقة العطل في نظام القدرة الكهربائي [6-8]، سلبية استخدام الشبكات العصبونية هيأن عملية تدريبها تأخذ وقتا كبيراً، كما تصبح عملية التدريب معقدة جداً بازدياد حجم النظام (حيث أن دخل الشبكة العصبونية هو حالات قواطع الدارة و حالات زواجل الحماية والتعيير الزمني لزواجل الحماية) ، وأي تعديل يحدث في نظام القدرة الكهربائي يحتاج إلى إعادة تدريب الشبكة العصبونية.

اعتمدت المجموعة الثالثة على تقنيات الحل الأمثل في تحديد الجزء المعطل من نظام القدرة الكهربائي [9-10]، حيث تم استخدام كل من الخوارزمية الجينية GA، آلة بولتزمان، Tabusearch،ونظرية الحشدPSO. واجهت هذه التقنيات صعوبة كبيرة عندازدياد حجم نظام القدرة الكهربائي وذلك عند تشكيل واختيار تابع الهدف، بالإضافة إلى وجود أعداد كبيرة من البارامترات التي تحتاج إلى ضبط.

أهمية البحث وأهدافه:

تكمن أهمية البحث في أتمته أداء الكادر الفني الخبير في مراكز التنسيق والتحكم في نظم القدرة الكهربائية من خلال استخدام احدى تقنيات الذكاء الاصطناعي (النظم الخبيرة هنا). يهدف البحث إلى إعداد نظام خبير وظيفته تحديد العنصر المصاب بالعطل في نظام القدرة الكهربائي، بالإضافة إلى تحليل أداء زواجل الحماية وقواطع الدارة

المستخدمة في خطط حماية النظام، وذلك بأقل زمن ممكن وبدقة وكفاءة عاليتين،مما يساهم في رفع موثوقية واستمرارية التغذية الكهربائية.

طرائق البحث وموارده:

1- النظم الخبيرة:

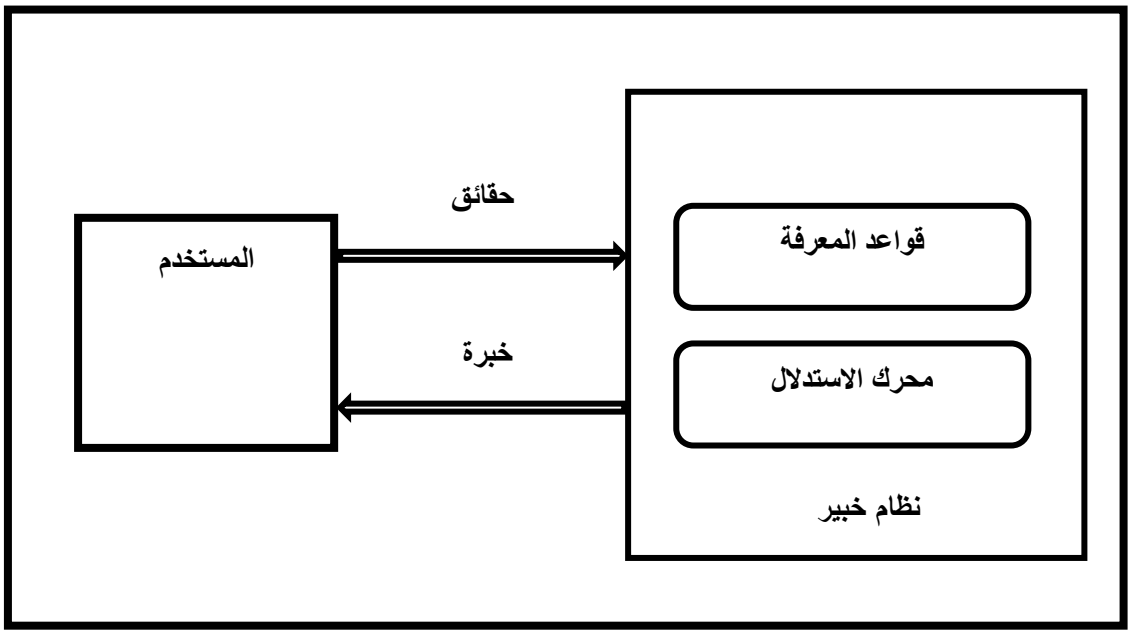
1-1-تعريف النظم الخبيرة: النظم الخبيرة هي فرع من فروع الذكاء الاصطناعي تمكننا من استخدام المعرفة المتخصصة في مجال معين لحل مشكلة ما في نفس المجال بشكل يحاكي القدرة البشرية [11].

1-2- البنية العامة للنظام الخبير: يبين الشكل (1) البنية العامة للنظام الخبير، حيث يقوم المستخدم في هذا النظام بتقديم حقائق محددة (معلومات) للنظام الخبير،ليقوم النظام الخبير بمعالجتها (وفقاً للقواعد المعرّفة لديه)في محرك الاستدلال، ليقوم بإعطاء خبرة ما أو نصيحة خبيرة.

يتألف النظام الخبير من الجزأين الأساسيين التاليين:

1 قاعدة المعرفة: تتضمن جميع المعارف والحقائق والخبرات المقدمة للنظام.

2 محرك الاستدلال: هو المسؤول عن تحليل البيانات واستخلاص النتائج وهذه النتائج تمثل استجابة النظام لاستفهامات المستخدم.



2- بيئة تطوير النظم الخبيرة CLIPS:

يوفر النظامCLIPS(**CL**anguage **I**ntegrated **P**roduction **S**ystem) [12]، بيئة متكاملة لتصميم وتطوير النظم الخبيرة.تم تصميمه من قبل وكالة ناسا الأمريكية عام 1984، ويستخدم حالياً بشكل واسع عالمياً في العديد من المجالات الأكاديمية والصناعية والطبية والهندسية والتجارية والحكومية، يتمتع هذا البرنامج بالمميزات التالية [12]:

-طرق تمثيل المعرفة: يدعم النظام كليبس ثلاثة طرق لتمثيل المعرفة وهي طريقة القواعد (Rule based)، البرمجة غرضية التوجيه (Object Oriented)، الطريقة الإجرائية (Procedural).

-قابلية النقل: تم تطوير النظام CLIPS باستخدام لغة Cمما يعطيه القدرة على العمل تحت أي نظام تشغيل بالإضافة للسرعة في العمل.

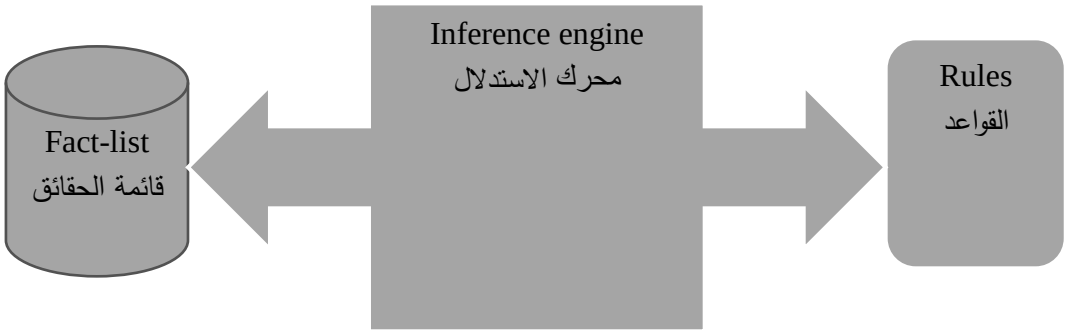
-التكامل: يمكن للنظام CLIPSالتكامل مع العديد من اللغات الإجرائية عالية المستوى مثل C،C++، جافا، فورتران ..... الخ.

يبين الشكل (2) العناصر الرئيسة للنظامCLIPS،وهي قائمة الحقائق ومجموعة القواعد و محرك الاستدلال.

-قائمة الحقائق: مجموعة البيانات التي تصف الحالة المدروسة وهي قابلة للتعديل.

-قاعدة المعرفة: تحوي جميع القواعد المستخدمة.

-محرك الاستدلال: يعد العنصر الأساسي في النظام الخبير لكونه المسؤولعن اتخاذ القرار، يوفر النظامCLIPSمحرك استدلال يعتمد الربط الأمامي في الاستنتاج(Forward Reasoning).



الشكل (2) العناصر الرئيسة للنظامCLIPS [11]

3- كيفيةالعمل مع النظامCLIPS:

3-1- تمثيل الحقائق:

يوجد في النظامCLIPS أكثر من طريقة لتمثيل الحقائق، سنعتمد في بحثنا على طريقة تمثيل الحقائق باستخدام تعليمةDeffacts التي لها الصيغة العامة التالية[12]:

(deffacts<deffacts-name> [<comments>] <facts-pattern>)

Deffacts: للتصريح عن حقيقة ما أو مجموعة من الحقائق.

Deffacts-name: اسم الحقيقة أو مجموعة الحقائق.

[<comments>]: شرح مبسط عن الحقيقة (وهو اختياري يمكن الاستغناء عنه).

Facts-pattern: الحقائق التي ستضاف إلى قائمة الحقائق (fact-list)، ولها الشكل التالي:

(<fact-name ><><> .....)

مثال: التصريح عن مجموعة من الحقائق التي تمثل الحماية التفاضلية للمحولات:

(deffacts f5 " transformer differential relays "

(diff difr1 cb11 cb12 T1)
(diff difr2 cb9 cb10 T2))

حيث:

f5	:	اسم لمجموعة من الحقائق
transformer differential relays	:	وصف لمجموعة الحقائق
diff	:	نوع الحقيقة
difr1	:	اسم الحقيقة
cb11 cb12 T1	:	مجموعة من البارامترات المتعلقة بالحقيقة

3-2- تمثيل القواعد:

يعبر عن القواعد في النظامكليبس بالطريقة الشرطيةif → thenولها الصيغةالعامة التالية[12]:

(defrule <rule-name> [<comment>]
<conditional-element>* ; Left-Hand Side (LHS)
=>
<action>*) ; Right-Hand Side (RHS)

defrule	:	للتصريح عن قاعدة
<rule-name>	:	اسم القاعدة
[<comment>]	:	شرح مبسط حول القاعدة
[<declaration>]	:	خصائص القاعدة
=>	:	تعليمة تقوم بفصل شروط القاعدة عن نتائجها
*<conditional-element>	:	شروط القاعدة (تدعى القسم الأيسر للقاعدة)
*<action>	:	الأعمال التي تؤديها القاعدة(النتائج) عند تحقق الشروط (تدعى القسم الأيمن للقاعدة)

مثال: قاعدة تقوم بإعطاء الاستنتاج أن الطعام فاسد إذا كان ضوء البراد يعمل وباب البراد مفتوح

(defrule example-rule "This is an example of a simple rule"
(Refrigerator light on) } (LHS)
(Refrigerator door open)
=>
(assert (refrigerator food spoiled))) ; (RHS)

4- تصميم نظام خبير لتحديد عنصر نظام القدرة الكهربائي المصاب بالعطل و لتحليل أداء نظام الحماية:

يتكون نظام القدرة الكهربائي من مولدات، محولات (رافعة وخافضة للجهد)، خطوط نقل وخطوط توزيع وتجهيزات كهربائية أخرى. يبين الشكل (3) الشكل العام لأي نظام قدرة كهربائي.يتعرض نظام القدرة الكهربائي أحياناً إلى دارات قصر وحالات عمل غير طبيعية. تترافق دارات القصر غالباً بمرور تيارات كبيرة في عناصر النظام الكهربائي تؤدي إلى الإضرار بها إن لم تزود هذه العناصر بزواجل الحماية وبقواطع الدارة المناسبة. إذا حدث عطل (قصر) على أحد عناصر نظام القدرة فيجب على زاجل الحماية الخاص بهذا العنصر أن يعزل هذا العنصر آلياً بأسرع ما يمكن،وذلك حتى لا ينتقل العطل إلى باقي عناصر النظام السليمة. يجب أن يتم عزل الجزء المصاب بالعطل ضمن أجزاء من الثانية. إذا استمر العطل في النظام لمدة أطول قد يسبب ضرراً كبيراً لبعض الأجزاء الهامة في النظام.
الوظيفية الأساسية لنظام الحماية، المتضمن قواطع الدارة و زواجل الحماية، هي عزل الجزء المصاب بالعطل عن باقي أجزاء النظام السليمة. حيث، تقوم قواطع الدارة بفصل الجزء المصاب بالعطل عندما تتلقى أوامر من زواجل الحماية الخاصة بها لفعل ذلك. إذا وظيفة زاجل الحماية هي اكتشاف العطل وتحديد مكانه ومن ثم إعطاء الأمر لقاطع الدارة ليقوم بعزل الجزء المصاب بالعطل عن باقي النظام.لا تستطيع زواجل الحماية أن تتوقع حدوث العطل بشكلٍ مسبق وكذلك لا تستطيع منع حدوثه، لكن تستطيع اتخاذ الإجراء المناسب فقط بعد حدوث العطل [15].

تتفاوت أساليب الحماية للمحولات الكهربائية وذلك تبعاً لاستطاعة هذه المحولات. أشهر هذه الحمايات هي الحماية التفاضلية، الحماية من التيار الزائد، الحماية من العطل الأرضي، والحماية الغازية (حماية بوخهلتز).تعد قضبان التجميع من أقل عناصر نظام القدرة الكهربائي تعرضاً للأعطال، لكنه في نفس الوقت تعد الأخطر فيما إذا تعرضت لحدوث عطل عليها. يوجد العديد من الطرق المستخدمة في حماية قضبان التجميع، ولكن تعد الحماية التفاضلية من الحمايات الأكثر انتشاراً لقضبان التجميع.تعد خطوط النقل من أكثر العناصر في نظام القدرة الكهربائي تعرضاً للأعطال، تتم حماية خطوط النقل بشكل رئيسي باستخدام الحماية المسافية بأنواعها المختلفة لخطوط الجهد المتوسط والمرتفع، كما تستخدم الحماية من التيار الزائدالموجهة كحماية احتياطية داعمة للحماية المسافية، كما يتم استخدام الحماية الموجهة من العطل الأرضي للحماية من الأعطال الأرضية، بينما تستخدم الحماية من التيار الزائد الموجهة فقط في خطوط الجهد المنخفض[15].

يتألف النظام الخبير المصمم من جزأين رئيسين، يحتوي الجزء الأول على قواعد الاستدلال وهو عام لأجل أي نظام قدرة كهربائي بينما يحتوي الجزء الثاني على الحقائق التي تصف أنواع الحمايات المستخدمة ومكان توضّعها بالإضافة إلى وصف أجزاء النظام الكهربائي والحالة الأساسية لعمل زواجل الحماية وحالات القواطع،يختلف هذا الجزء من نظام قدرة كهربائي لآخر.

4-1-قواعد الاستدلال:وهي عبارة عن 3 مجموعات:

4-1-1-المجموعة الأولى: مجموعة القواعد التي تقوم بتحديد العطل عندما يحدث على خط نقل وهي:

-القاعدة LF01: وظيفة هذه القاعدة تقييم العطل عندما يحدث على خط نقل وذلك عند عمل الحماية المسافية الرئيسية وعمل قواطع الدارة ذات الصلة.

-القاعدة LF02: وظيفة هذه القاعدة تقييم العطل عندما يحدث على خط نقل وذلك عند عمل الحماية من العطل الأرضي الموجهة وعمل قواطع الدارة ذات الصلة.

-القاعدة LF03: وظيفة هذه القاعدة تقييم العطل عندما يحدث على خط نقل وذلك عند فشل عمل الحماية المسافية الرئيسية وعمل الحماية المسافية الاحتياطية وعمل قواطع الدارة ذات الصلة.

-القاعدةLF04: وظيفة هذه القاعدة تقييم العطل عندما يحدث على خط نقل وذلك عند عمل الحماية المسافية الرئيسية وفشل عمل أحد قواطع الدارة نتيجة عطل داخلي.

-القاعدة LF05: وظيفة هذه القاعدة تقييم العطل عندما يحدث على خط نقل وذلك عند فشل عمل الحماية المسافية الرئيسية وعمل الحماية المسافية الاحتياطية وفشل عمل أحد قواطع الدارة نتيجة عطل داخلي.

-القاعدةLF06: وظيفة هذه القاعدة تقييم العطل عندما يحدث على خط نقل وذلك عند عمل الحماية المسافية الرئيسية وفشل عمل أحد قواطع الدارة نتيجة غياب إشارة التحكم.

-القاعدة LF07: وظيفة هذه القاعدة تقييم العطل عندما يحدث على خط نقل وذلك عند فشل عمل الحماية المسافية الرئيسية وعمل الحماية المسافية الاحتياطية وفشل عمل أحد قواطع الدارة غياب إشارة التحكم.

3-4-1-2-المجموعة الثانية: مجموعة القواعد التي تقوم بتحديد العطل عندما يحدث على محولة وهي:

-القاعدة TF01: وظيفة هذه القاعدة تقييم العطل في المحولة وذلك عند عمل كل من حماية بوخهلتز والحماية التفاضلية للمحولة والحماية من العطل الأرضي المقيدة وعمل قواطع الدارة ذات الصلة.

-القاعدة TF02: وظيفة هذه القاعدة تقييم العطل في المحولة وذلك عند عمل الحماية من التيار الزائد الموجهة وعمل قاطع الدارة ذو الصلة.

-القاعدة TF03: وظيفة هذه القاعدة تقييم العطل في المحولة وذلك عند عمل حماية بوخهلتز أو الحماية التفاضلية للمحولة أو الحماية من العطل الأرضي المقيدة وعمل قواطع الدارة ذات الصلة.

-القاعدة TF04: وظيفة هذه القاعدة تقييم العطل في المحولة وذلك عند عمل كل من حماية بوخهلتز والحماية التفاضلية للمحولة والحماية من العطل الأرضي المقيدة وفشل عمل واحد من قواطع الدارة ذات الصلة نتيجة عطل داخلي.

-القاعدة TF05: وظيفة هذه القاعدة تقييم العطل في المحولة وذلك عند عمل الحماية الموجهة من التيار الزائد وفشل عمل قاطع الدارة ذو الصلة.

4-1-3-المجموعة الثالثة:مجموعة قواعد تقوم بتحديد العطل عندما يحدث على قضيب تجميع وهي:

-القاعدة BBF01: وظيفة هذه القاعدة تقييم العطل على قضيب التجميع وذلك عند عمل الحماية التفاضلية لقضيب التجميع وعمل قواطع الدارة ذات الصلة.

-القاعدة BBF02: وظيفة هذه القاعدة تقييم العطل على قضيب التجميع وذلك عند عمل الحماية التفاضلية لقضيب التجميع و فشل عمل واحد من قواطع الدارة ذات الصلة نتيجة عطل داخلي.

-القاعدةBBF03:وظيفة هذه القاعدة تقييم العطل على قضيب التجميع وذلك عند عمل الحماية التفاضلية لقضيب التجميع و فشل عمل واحد من قواطع الدارة ذات الصلة نتيجة غياب إشارة التحكم.

4-2- أمثلة على بعض القواعد السابقة باستخدام بيئة كلبس:

يبين الجدول (1) الرموز المستخدمة في النظام الخبير ودلالاتها:

الجدول(1)الرموز المستخدمة في النظام الخبير المقدم ودلالاتها

md	حماية مسافية رئيسية
bd	حماية داعمة محلية للحماية المسافية (تيار زائد عكسية)
de	حماية من العطل الأرضي اتجاهية
buc	حماية بوخهلتز
diff	حماية تفاضلية
ref	الحماية من العطل الأرضي المقيدة
doc	الحماية من التيار الزائد اتجاهية
cbs	قاطع دارة
Relay	زاجل حماية
Line	خط نقل
Trans	محولة
Bb	قضيب تجميع
Bdiff	حماية تفاضلية لقضيب التجميع

القاعدةTF01:

```
(defrule TF01
        (buc ?a 1 ?c ?q ?w ?T ?t)
        (diff ?d 1 ?c ?q ?w ?T ?t2)
        (ref ?f 1 ?c ?q ?w ?T ?t1)
        (relay ?a "op" ?t)
(relay ?d "op" ?t2)
        (relay ?f "op" ?t1)
        (trans ?T ?x ?y ?z)


(cbs ?c "off")(cbs ?q "off")(cbs ?w "off")
 (test (neq ?c ?q))
(or(and(test(eq ?c ?x))
(test(eq ?q ?y)))
(and(test(eq ?c ?y))  (test(eq ?q ?x))))

=>
(if (eq ?w ?z)then
 (printout t "------------------------------" crlf)
 (printout t "The fault section is Transformer  :" ?T crlf)
(printout t "The operated circuits braker are :"?c "    & " ?q    "  &  " ?w crlf)
 (printout t "------------------------------" crlf)))
```

القاعدة LF01:

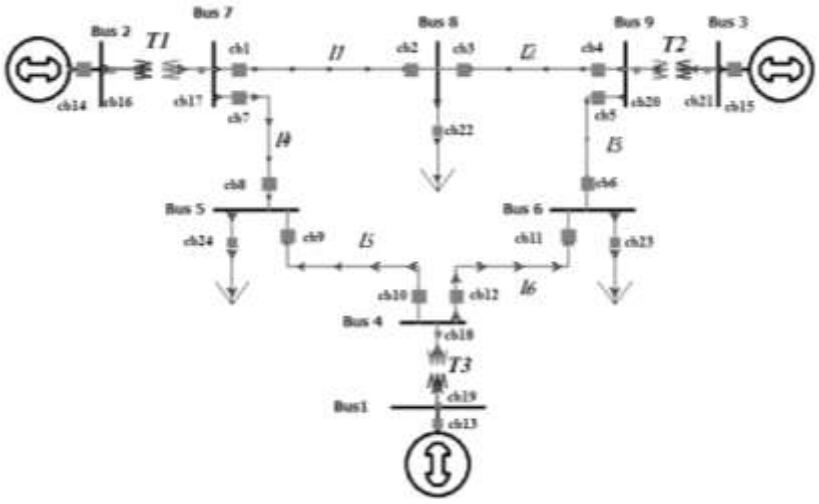
```
(defrule LF01 )
(relay ?b "op" 1 )
(relay ?b1 "op" 1 )
(cbs ?c "off"          )
(cbs ?q "off"          )
(line ?l ?c ?q         )
(md ?b 1 ?c ?l 1)
(md ?b1 1 ?q ?l 1)
      =>
(printout t "-----------------------------------------------------" crlf)
(printout t "The fault section is Line:" ?l crlf)
(printout t "The operated relays are: "?b "  &  " ?b1  crlf)
(printout t "The operated circuits breaker are:" ?c "  &  " ?q crlf)
(printout t "-----------------------------------------------------" crlf))
      (printout t "The operated relays are :" ?a " & " ?d " & " ?f  crlf)
```

- **القاعدة LF03:**

```
(defrule LF03)
(relay ?b1 "n_op" 1 )
(relay ?b2 "op" 1 )
(relay ?b3 "op" 1.5 )
(cbs ?c "off"          )
(cbs ?q "off"          )
(line ?l ?x ?y         )
(md ?b1 1 ?c ?l 1)
(md ?b2 1 ?q ?l 1)
(bd ?b3 1 ?c ?l 1.5)
      =>
(printout t "-----------------------------------------------------" crlf)
(printout t "The fault section is Line :" ?l crlf)
(printout t "The operated relays are  :  "?b2 "  &  " ?b3  crlf)
(printout t "The field to operate relay is  :  "?b1 crlf)
(printout t "The operated circuits braker are :"?c "  &  " ?q crlf)
(printout t "-----------------------------------------------------" crlf))
```

3-4-2- الحقائق: تصف الحقائق أنواع الحمايات المستخدمة في حماية عناصر نظام القدرة الكهربائي ومكان توضعها بالإضافة إلى وصفه العناصر نظام القدرة الكهربائي و للحالة الأساسية لعمل زواجل الحماية وحالات القواطع وهي تختلف من نظام قدرة كهربائي لآخر،سنطبق دراستنا على نظام القدرة الكهربائي المبين في الشكل(3)،حيث بلغ عدد الحقائق 332 حقيقة موزعة في 13 مجموعة كما يلي:

- المجموعة الأولى F1: هي مجموعة الحقائق التي تصف الحماية المسافية الأساسية.
- المجموعة الثانية F2: هي مجموعة الحقائق التي تصف الحماية المسافية الاحتياطية.
- المجموعة الثالثة F3: هي مجموعة الحقائق التي تصف الحماية من العطل الأرضي الاتجاهية.



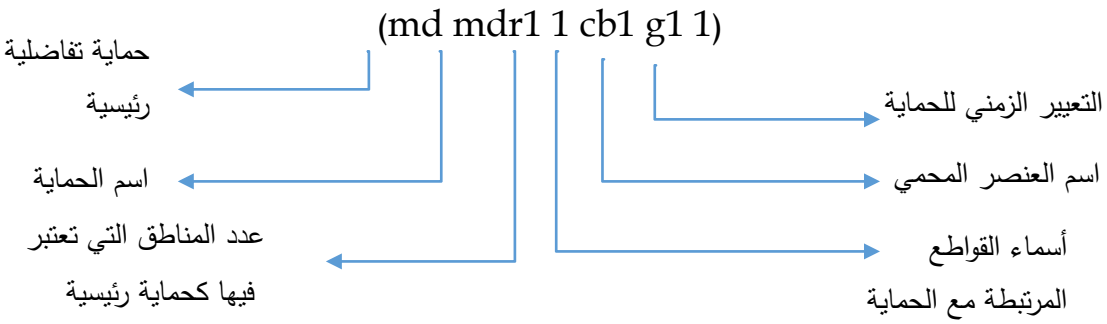
الشكل (3) النظام الكهربائي المدروس(IEEE 9-bus test system)[14]

- المجموعة الرابعة F4: هي مجموعة الحقائق التي تصف حماية بوخهلتز للمحولات.
- المجموعة الخامسةF5: هي مجموعة الحقائق التي تصف الحماية التفاضلية للمحولات.
- المجموعة السادسةF6: هي مجموعة الحقائق التي تصف الحماية المقيدة من العطل الأرضي للمحولات.
- المجموعة السابعةF7: هي مجموعة الحقائق التي تصف الحماية من التيار الزائد الاتجاهية للمحولات.
- المجموعة الثامنةF8: هي مجموعة الحقائق التي تصف الحماية التفاضلية لقضبان التجميع.
- مجموعات الحقائق من F9 –F11: هي مجموعة الحقائق التي تصف نظام القدرة الكهربائي وعناصره.
- مجموعات الحقائق F12 – F13: هي مجموعة الحقائق التي تصف الحالة الأساسية لتلامسات زواجل الحماية وقواطع الدارة (مفتوحة / مغلقة).

4-2-2- أمثلة عن الحقائق باستخدام كلبس :

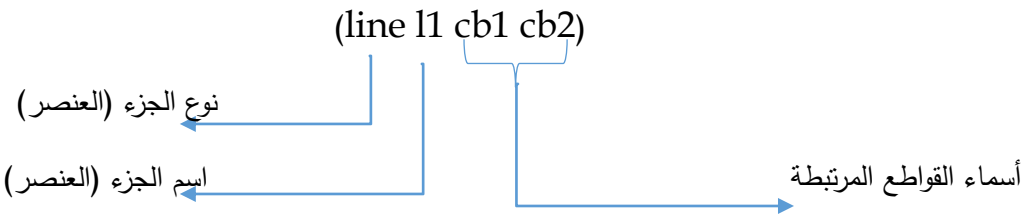
مثال عن الحقائق التي تصف الحمايات:

(<relay type><relay name><number of protection section><sets of relative circuits breaker><section name><time setting>)



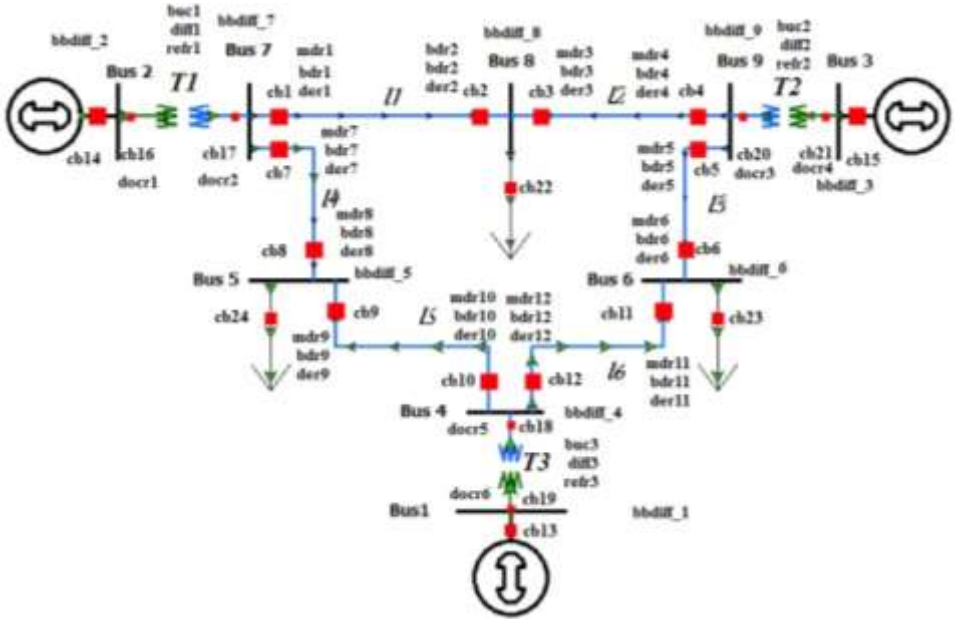
مثال عن الحقائق التي تصف أقسام نظام القدرة الكهربائي:

(<section type><section name><sets of relative circuits breaker>)



النتائج والمناقشة :

يبين الشكل (4) نظام قدرة كهربائي اختبار يذي 9 قضبان تجميع معتوضع الحمايات عليه. سيتم فيما يلي



الشكل (4) نظام القدرة الكهربائي المدروس(IEEE 9-bus test system)[14] مع توضع الحمايات عليه

اختبار النظام الخبير المقدم على هذا النظام لأجل عدة حالات، وذلك لتحديد منطقة العطل في هذا النظام ولتحليل أداء زواجل الحماية والقواطع التابعة للنظام.لقد كانت سرعة عمل النظام الخبير (سرعة إصدار الاستنتاج) 10 ميللي ثانية،وذلك باستخدام جهاز الحاسوب التالي:(HP Intel Corei5 CPU @2.67 GHz (4 CBUs

الحالة الأولى: حالة حدوث عطل على خط النقل L3وإزالته من قبل الحماية المسافية الرئيسيةmdr5,mdr6و القواطع cb5 و cb6.من نتائج تنفيذ النظام الخبير المبينة أدناه نلاحظ أن النظام الخبير استطاع تحديد منطقة العطل(الخط L3)وقام بتحليل أداء نظام الحماية بشكل صحيح.

```
CLIPS> (run)
---------------------------------------
The fault section is Line :l3
The operated relays are : mdr5 & mdr6
The operated circuits braker are :cb5 & cb6
---------------------------------------
```

الحالة الثانية : حالة حدوث عطل على خط النقل L3 وفشل عمل الحماية الرئيسيةmdr5وإزالته من قبل الحمايات mdr6،bdr5والقواطع cb5، cb6.من نتائج تنفيذ النظام الخبير المبينة أدناه نلاحظ أن النظام الخبير استطاع تحديد منطقة العطل(الخط L3) وقام بتحليل أداء نظام الحماية بشكل صحيح.

```
CLIPS> (run)
---------------------------------------
The fault section is Line :l3
The operated relays are : mdr6 & bdr5
The failed to operate relay is : mdr5
The operated circuits braker are :cb5 & cb6
---------------------------------------
```

الحالة الثالثة : حالة حدوث عطل على قضيب التجميع bb4 وإزالته من قبل الحماية التفاضلية لقضيب التجميعbdiffr_4و القواطع cb18 و cb12 و cb10.من نتائج تنفيذ النظام الخبير المبينة أدناه نلاحظ أن النظام الخبير استطاع تحديد منطقة العطل(قضيب التجميع bb4) وقام بتحليل أداء نظام الحماية بشكل صحيح.

```
CLIPS> (run)
---------------------------------------
The fault section is BusBar :bb4
The operated relays is :bdiffr_4
The operated circuits braker are :cb10 & cb12 & cb18
---------------------------------------
```

الحالة الرابعة: حالة حدوث عطل في المحولةT3 وعمل الحمايات refr3 , diffr3 , buc3 والقواطع cb18 و cb19.من نتائج تنفيذ النظام الخبير المبينة أدناه نلاحظ أن النظام الخبير استطاع تحديد منطقة العطل(المحولة T3) وقام بتحليل أداء نظام الحماية بشكل صحيح.

```
CLIPS> (run)
-----------------------------------
The fault section is Transformer :T3
The operated relays are :bucr3 & diffr3 & refr3
The operated circuits braker are :cb18 & cb19
-----------------------------------
```

الحالة الخامسة: حالة حدوث عطل على قضيب التجميع bb3وإزالته من قبل الحماية التفاضلية لقضيب التجميع bbdiffr_3والقواطع cb21 وcb15، وحدوث عطل ثاني بنفس الوقت على المحولة T1وإزالته من قبل الحماية من التيار الزائد الموجهة والقاطع cb16.من نتائج النظام الخبير المبينة أدنـــــاه نلاحظ أن النظام الخبير

```
CLIPS> (run)
-----------------------------------
The fault section is Transformer :T1
The operated relays is : docr1
The operated circuits braker are :cb16
-----------------------------------
-----------------------------------
The fault section is BusBar :bb3
The operated relays is :bdiffr_3
The operated circuits braker are :cb21 & cb15
-----------------------------------
```

استطاع تحديد منطقة العطل (قضيب التجميع bb3والمحولة T1) وقام بتحليل أداء نظام الحماية بشكل صحيح.

الحالة السادسة:حالة حدوث عطل بشكل متزامن على قضيب التجميع bb1 وقضيب التجميع bb9 وخط النقل L3، حيث تتم إزالة أعطال قضبان التجميع من قبل الحمايات التفاضلية bbdiffr_1 و bbdiffr_9والقواطع (cb19وcb13) و (cb4وcb20 و cb4)،وتم إزالة عطل خط النقل من قبل الحماية المسافية mdr5 , mdr6 والقواطعcb6وcb5. من نتائج تنفيذ النظام الخبير المبينة أدناه نلاحظ أن النظام الخبير استطاع تحديد منطقة العطل وقام بتحليل أداء نظام الحماية بشكل صحيح.

```
CLIPS> (run)
-----------------------------------
The fault section is BusBar :bb9
The operated relays is :bdiffr_9
The operated circuits braker are :cb5 & cb4 & cb20
-----------------------------------
-----------------------------------
The fault section is BusBar :bb1
The operated relays is :bdiffr_1
The operated circuits braker are :cb19 & cb13
-----------------------------------
-----------------------------------
The fault section is Line :l3
The operated relays are : mdr5 & mdr6
The operated circuits braker are :cb5 & cb6
-----------------------------------
```

الحالة السابعة: حالة حدوث عطل على خط النقل L2 وعمل الحمايات المسافية الرئيسية mdr3,mdr4 والقاطع cb4 وفشل القاطع cb3 في العمل لسبب ما،مما أدى إلى عمل الحماية المسافية mdr1 والقاطع cb1 وخروج الخط L1 عن الخدمة. من النتائج المبينة أدناه نلاحظ أن النظام الخبير استطاع العمل بشكل صحيح وبكفاءة عالية.

```
CLIPS> (run)
_____________________________________
The out of service Lines are :l2  &  l1
The fault section is Line :l2
The operated relays are:  mdr4  &  mdr3  &  mdr1
The operated circuits braker are :cb4  &  cb1
_____________________________________
_____________________________________
The non operated circuit braker is :cb3
  ****** INTERNAL FAULT ******
```

الحالة الثامنة: حالة حدوث عطل على قضيب التجميع bb9 وإزالته من قبل الحماية التفاضلية لقضيب التجميع bdiffr_4 والقواطع cb5 و cb20، وفشل القاطع cb4 في العمل لسبب ما، مما أدى إلى عمل الحماية المسافية mdr3 والقاطع cb3. من النتائج المبينة أدناه نلاحظ أن النظام الخبير استطاع العمل بكفاءة عالية.

```
CLIPS> (run)
_____________________________________
The fault section is BusBar :bb9
The operated relays is  :bdiffr_9 & mdr3
The operating circuit brakers are :cb20 & cb5 & cb3
The non operate circuits braker is :cb4
**** INTERNAL CB FAILURE****
_____________________________________
```

الحالة التاسعة: حالة حدوث عطل على المحولة T1 وإزالته من قبل الحماية التفاضلية diffr_1 والقواطع cb16 و cb17،وحدوث عطل متزامن على قضيب التجميع bb4 وإزالته من قبل الحماية التفاضلية لقضيب التجميع bbdiffr_4 والقواطع cb12 و cb18 بينما فشل القاطع cb10 في العمل لسبب ما، مما أدى إلى عمل الزاجل mdr9 والقاطع cb9. من النتائج المبينة أدناه نلاحظ أن النظام الخبير استطاع العمل بشكل بكفاءة عالية.

```
CLIPS> (run)
---------------------------------------
The fault section is transformer :T1
The operating relay is :  diffr1
The not operating relays are :  bucr1  &  refr1
The operated circuits braker are :cb16  &  cb17
---------------------------------------
---------------------------------------
The fault section is BusBar :bb4
The operated relays is  :bdiffr_4 & mdr9
The operating circuit brakers are :cb12 & cb18 & cb9
The non operate circuits braker is :cb10
*** INTERNAL CB FAILURE***
---------------------------------------
```

الاستنتاجات والتوصيات:

1 -استطاع النظام الخبير المقدم تحديد منطقة العطل بسرعة وبدقة وكفاءة عاليتين لأجل كافة الأعطال المفردة والمتزامنة، وهذا ما فشلت في تحقيقه الأنظمة الخبيرة والطرق الأخرى.

2 -استطاع النظام الخبير المقدم تحليل عمل زواجل الحماية وقواطع الدارة لأجل كافة الأعطال المفردة والمتزامنة، وهذا ما فشلت في تحقيقه الأنظمة الخبيرة والطرق الأخرى.

3 -بالرغم من أن أنه تم تطبيق النظام الخبير على شبكة نقل إلا أنه يمكن تطبق هذا النظام الخبير على أي نظام آخر (نظام نقل فرعي أو نظام توزيع).

بناءً على الدراسة المقدمة نوصي بما يلي:

1 -إعداد نظام خبير يستخدم حقائق غير مرتبة في النظام كليبس ومقارنته مع نظامنا الذي يستخدم حقائق مرتبة.

2 -إعداد واجهة رسومية تخاطبية(GUI) بلغة عالية المستوى مثلJava , C# , C وربطها مع النظام الخبير.

3 -استخدام النظام الخبير المقدم في أتمته عمل مراكز التنسيق والتحكم،كونه يدعم عمل الكادر الفني ويقلل من زمن استعادة التغذية في نظام القدرة الكهربائي،ويزيد في موثوقية نظام القدرة الكهربائي.

المراجع:

[1] CHIHIRO, FUKUI. , JUNZO,KAWAKAMI. *An expert system for fault section estimation using information from protective relays and circuit breakers*. IEEE Transactions on power delivery,Vol. PWRD-1, No. 4,1986.

[2]TOMSOVIC, K. , ACKERMAN, P. *An expert system as a dispatchers' aid for the isolation of line section faults*. IEEE Transactions on Power Delivery, Vol. PWRD-2, No. 3, 1987.

[3]GIRGIS, ADEL.B. , JOHNS, MELISA. *A hybrid expert system for faulted section identificationfault type classification and selection of fault location algorithms*.IEEE Transactions on PowerDelivery, Vol. 4, No. 2, 1989.

[4]YUAN, YIH HSU. , CHIEN, Y. An expert system for locating distribution system faults.IEEE Transactions on Power Delivery, Vol. PWRD-1, No. 2, 1990.

[5]KIMURA, TAKAFUMI.,NISHIMATSU, SINYA., YOSHITERU, UEKI.*Development of an expert system for estimating fault section in control center based on protective system simulation*. IEEE Transactions onPower Delivery, Vol. 7 No.1, 1992.

[6] AYGEN,Z. E. , SEKER, S. , BAGRIYANIK, F. , BAGRIYANIK, G. , AYAZ, E.*Fault section estimation in electrical power systems using artificial neural networks approach*.IEEE Transmission and Distribution Conf, vol. 2, 1999, 466–469.

[7]BI, T. YANG, Z. WEN, F. NI, Y. SHEN, C. M. WU, F.F AND YANG,Q. *Online fault section estimation in power system with radial basis function neural network*.Int. J. Elect. Power Energy Syst, vol. 24, no. 4, 2002,321–328.

[8] PRASHANT,P. BEDEKAR. ,BHIDE, SUDHIR. R. ,VIJAY,S. KALE. *Fault section estimation in power system using Hebb's rule and continuous genetic algorithm*.ELSEVIER,Electrical Power and Energy Systems Volume 33, Issue 3, 2011, 457–465.

[9] HUANG, S.J. , LIU, X.Z. , SU, W.F., OU, T.C. *Application of enhanced honey-bee mating optimization algorithm to fault section estimation in power systems*.IEEE Transactions on Power Delivery, VOL. 28, NO. 3, 2013.

[10] HUANG, S.J. , LIU, X.Z. *Application of artificial bee colony-based optimization for fault section estimation in power systems*.ELSEVIER, Electrical Power and Energy Systems Volume 44, Issue 1, 2013, 210–218.

[11] RILEY, G.D. *Expert system principles and programming*, Fourth Edition, Course Technology, Boston, MA, 2004 ,856.

[12] CLIPSReference Manual. *Basic programing guide*, Version 6.24, NASA's Johnson Space Center, 2006

[13]CLIPS REFERENCE MANUAL.*Advanced programing guide*, Version 6.24, NASA's Johnson Space Center, 2006

[14]http://fglongatt.org/OLD/Test_Case_Anderson.html

[15]HAJJAR, AMMAR. *Power System Protection*, First edition,Tishreen University, 2012, 482.