

تحديد مكان العطل في نظم التوزيع الكهربائية بوجود التوليد الكهربائي الموزع باستخدام تقنية الأمثلة الخطية

ندى جميل العينية^{1*} فؤاد صالح² مصطفى الحزوري³

^{1*} طالبة دكتوراه – مهندسة، قسم هندسة الطاقة الكهربائية – كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية – جامعة

دمشق. NadaAl-Ainiya@damascusuniversity.edu.sy

² مدرس، دكتور، قسم هندسة الطاقة الكهربائية – كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية – جامعة دمشق.

Fouadsalha@damascusuniversity.edu.sy

³ أستاذ، دكتور، قسم هندسة الطاقة الكهربائية – كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية – جامعة دمشق.

mustafaAl-hazouri@damascusuniversity.edu.sy

الملخص:

أدى انتشار وحدات التوليد الموزع في الشبكات الكهربائية، إلى ظهور العديد من المشاكل في نظام التوزيع الكهربائي، من هذه المشاكل عدم القدرة على كشف وتحديد مكان الأعطال في شبكات التوزيع، وخاصة في الشبكات ذات العدد الكبير من العقد، نتيجة عدة عوامل كتدفق الطاقة الكهربائية في أكثر من اتجاه في الشبكة.

تقدم هذه الدراسة طريقة لتحديد أماكن الأعطال في شبكات التوزيع الكهربائية بوجود وحدات توليد موزع فيها، وذلك بالاعتماد على إشارات واردة إلى مركز التنسيق، من تجهيزات خاصة ذات تقنية عالية تسمى مؤشرات الأعطال (FI_s Fault Indicators)، وذلك باستخدام خوارزمية أمثلة خطية بتابع هدف وقيود محددة تعمل على إيجاد موقع العطل، حتى عند ورود إشارات خاطئة من بعض مؤشرات الأعطال لسبب ما.

تم تطبيق الخوارزمية المقترحة على شبكة مرجعية IEEE-69BUS، تحوي على وحدتي توليد موزع، من أجل إيجاد مواقع الأعطال، لعطل واحد أو أكثر، مع ورود إشارات خاطئة لبعض مؤشرات الأعطال، وتم الحصول على نتائج جيدة.

تم كتابة الخوارزمية بلغة JAVA في بيئة ECLIPS باستخدام مكتبات الأمثلة CPLEX.

الكلمات المفتاحية: شبكات التوزيع الكهربائية، التوليد الموزع، مكان العطل، مؤشرات الأعطال، مسائل الأمثلة، بيئة CPLEX

تاريخ الايداع: 2022/12/21

تاريخ القبول: 2023/2/13



حقوق النشر: جامعة دمشق
—سورية، يحتفظ المؤلفون
بحقوق النشر بموجب CC

BY-NC-SA

Identification of fault location in power distribution system with distributed generation using linear optimization technique

Nada Jamil Al-Ainiya^{*1} Fouad Salha² Mustafa Al-Hazouri³

^{*1}. PhD Student – Eng, Electrical Power Engineering Department - Faculty of Mechanical and Electrical Engineering - Damascus University.

NadaAl-Ainiya@damascusuniversity.edu.sy

². Assistance Professor - Electrical Power Engineering Department - Faculty of Mechanical and Electrical Engineering - Damascus University.

Fouadsalha@damascusuniversity.edu.sy

³. Professor- Electrical Power Engineering Department - Faculty of Mechanical and Electrical Engineering - Damascus University.

mustafaAl-hazouri@damascusuniversity.edu.sy

Abstract:

proliferation of distributed generation units in electrical networks has led to the appearance of many problems in the electrical distribution system, among these problems is the inability to detect and determine the location of faults in distribution networks, especially in networks with a large number of nodes, as a result of several factors such as the flow of electrical power in more than one direction in the network.

This article presents a method for determining the locations of faults in electrical distribution networks with distributed generation units by relying on signals sent to the Dispatching center by special high-tech devices called Fault Indicators (FI), using an algorithm with linear optimization, following target function and specific constraints to find the locations of faults, even when some of received signals from some of the indicators are false for some reasons.

The suggested algorithm was applied on a reference network IEEE-69BUS containing two distributed generation units in order to find the locations of faults, one or more faults, with the input of false signals for some failure indicators, and the results were very good.

The logarithm was written in the JAVA language in the environment of ECLIPS using the CPLEX optimization libraries.

Key words: Electrical Distribution Networks, Distributed generation, Location of Fault, Fault Indicators, Optimization Problems, CPLEX Environment

Received: 21/12/2022

Accepted: 13/2/2023



Copyright: Damascus University- Syria, The authors retain the copyright under a CC BY- NC-SA

المقدمة:

برزت الحاجة الماسة لأنظمة الطاقة الكهربائية المرنة من خلال الانقطاعات الأخيرة، الناجمة عن العوامل الجوية القاسية.

وفقاً لتقارير وزارة الطاقة الأمريكية (DOE Department of Energy) فإن 58% من إجمالي انقطاع التيار الكهربائي منذ عام 2002 يرجع إلى ظروف الطقس القاسية [1] ، ما أدى لخسائر اقتصادية تقدر بملايين الدولارات.

على سبيل المثال، أدى إعصار Harvey لخسائر هائلة في عام 2017 حيث أفادت CNN أن أكثر من 150 مليار دولار في الممتلكات وما يقارب 300 ألف من المستخدمين قد انقطع عنهم التيار الكهربائي [2] .

تعد مسألة تحديد مكان العطل في شبكات التوزيع، من أهم المشاكل التي تخضع لها شبكات التوزيع، حيث لا تقتصر تأثيراتها السلبية على المستهلكين (customers) فقط، بل على الشركات المسؤولة عن تزويد الشبكة الكهربائية العامة بالطاقة الكهربائية، كي تكون قادرة على الدخول في منافسة سوق الكهرباء المفتوح [3] .

حيث تعتمد فترة انقطاع الطاقة الكهربائية، على الفترة الزمنية اللازمة لكشف العطل من قبل تجهيزات الحماية، وعملية الفصل التي تقوم بها، ثم تحديد مكان العطل، والقيام بإصلاحه من أجل إعادة الخدمة إلى وضعها بالشكل الصحيح.

تتعلق عملية تحديد مكان العطل بشكل أساسي بهيكلية النظام، وطول المغذي، بالإضافة إلى عدد وطول الفروع لشبكة التوزيع، والخصائص الجغرافية للمنطقة التي تقع فيها شبكة التوزيع، والتي يمكن أن تجعل تحديد مكان العطل أمراً صعباً [4] [5].

ونتيجة للتناقص المستمر في مخزون الوقود الأحفوري، تتجه الأنظار لمصادر الطاقة البديلة كمحطات التوليد الشمسية

والريحية والمائية... الخ، مما يعني انتشار كبير وواسع لوحدات التوليد الموزع، لذلك لابد لأنظمة الطاقة أن تتمتع بمزيد من المرونة للتكيف مع تغيير تصميم شبكات الطاقة الكهربائية وتخطيطها وتشغيلها، حيث تؤدي عملية دمج وحدات التوليد الموزع، إلى تدفق الطاقة باتجاهين في شبكات التوزيع وتساهم في تيار العطل وبالتالي قد يحدث ما يسمى في أنظمة الحماية بما يسمى إعماء الحماية وفشل في تنسيق أنظمة الحماية [6].

ونتيجة الحاجة الشديدة لتحديد مواقع الأعطال في شبكات التوزيع الكهربائية، ذات الانتشار المتعدد لوحدات التوليد الموزع DGs في أماكن مختلفة من شبكات التوزيع، اندفعت شركات إنتاج الطاقة للاتجاه نحو التشخيص الذكي لإيجاد مكان العطل في شبكات التوزيع، بوجود وحدات توليد موزع فيها.

تم إثبات أن حماية النظام، خاصة على مستوى التوزيع، تتعرض للخطر عندما يتم دمج عدد كبير من مصادر التوليد الموزع في النظام [7] [8] ، حيث تؤثر وحدات التوليد الموزع على انتقائية تجهيزات الحماية، بسبب تأثير التيارات التي تقدمها، وتغير اتجاه جريان الاستطاعة الناتج عن إضافتها، وبذلك ينتج حالتين لفقدان تنسيق تجهيزات الحماية، وهي إعماء الحماية والفصل الكاذب.

تحدث حالة إعماء الحماية عندما تقل حساسية قاطع الحماية، حيث يكون تيار العطل المرئي من قاطع الحماية في منطقة الحماية باتجاه المنبع (الشبكة العامة) upstream، أقل من قيمته الحقيقية، بسبب وجود وحدة توليد موزع متموضعة في منطقة الحماية بالاتجاه المعاكس أي باتجاه المولد الموزع، downstream، حيث يعمى جهاز الحماية عن الأعطال في هذه المنطقة بسبب تغذية وحدة التوليد الموزع له [9] [10] .

تحدث حالة الفصل الخاطئ، عندما يعمل قاطع الحماية بوجود عطل في خط موازي للخط الواقع فيه، أو في منطقة

تحديد مكان العطل في نظم التوزيع الكهربائية بوجود التوليد الكهربائي الموزع..... العينية، صالحة والحزوري

upstream أخرى حيث لا ينبغي أن يفصل فيها، ويكون ذلك بسبب التغذية الخلفية لتيار العطل من قبل وحدة التوليد الموزع الموجودة في downstream قاطع الحماية له [9] [10].

قد ينتج أيضاً عن إضافة وحدات توليد موزع فقدان المنصهرات في شبكات التوزيع، حيث أن المنصهرات تنتشر في شبكات التوزيع بشكل واسع من أجل فصل العطل الدائم، بينما يقوم معيد الإغلاق الآلي بتصحيح الأخطاء المؤقتة وحماية المنصهرات، ولكن وجود وحدات توليد موزع في المنطقة وتزويده المستمر لتيار العطل ربما يؤدي لخسارة المنصهرات في حالة الأعطال المؤقتة [11].

تقسم الدراسات بشكل عام استراتيجية تحديد مكان العطل إلى عدة أجزاء، الجزء المتعلق بكشف العطل بداية، ثم تحديد نوع العطل، ثم تحديد المنطقة التي حدث فيها العطل، ثم تحديد بُعد العطل عن أحد قضبان التجميع بشكل دقيق، مما يعني السهولة للوصول لهذه النقطة من قبل عمال الصيانة، والقدرة على عزل منطقة العطل بسهولة، وإعادة هيكلة الشبكة، من أجل ضمان استمرارية التوريد بالخدمة الكهربائية، مما يزيد وثوقه الشبكة الكهربائية.

تعددت الخوارزميات التي تدرس آلية تحديد مكان الأعطال في الشبكات الكهربائية، منها خوارزميات المخطط التكيفي، التي تركز على تحديد موقع الأعطال في شبكات النقل [12] [13]، ولكن لم تجدي أي منها نفعاً، في تحديد مكان العطل بشكل دقيق عند تطبيقها في شبكات التوزيع، وذلك بسبب بنية الخطوط غير المتجانسة، ووجود أفرع جانبية كثيرة، والسلوك المختلف في استهلاك الأحمال من قبل المستهلكين، فضلاً عن دمج وحدات التوليد الموزع في شبكات التوزيع [14].

برزت الشبكات العصبونية الصناعية بشكل أكبر، في مجال الكشف عن الأعطال في شبكات التوزيع [15]، وفي تحديد مكان العطل في الشبكات [16].

استخدمت SVM (support vector machines) لتحديد مكان العطل في شبكات التوزيع بوجود وحدات توليد موزع، وهي

تعتمد على نمط قياسات التوترات والتيارات المقاسة في طرف كل من الشبكة العامة، وأطراف مصادر التوليد الموزع، وقد قدمت هذه التقنية متانة عالية بزيادة وحدات التوليد الموزع في الشبكة [17].

وقد استعملت بشكل واسع في تصنيف الأعطال، مع وجود أكثر من وحدة توليد موزع.

من سيئات هذه الطريقة وجوب إعادة التدريب والتعلم لأي تغيير في هيكلية الشبكة، وقد تم دمج الشبكات SVM & ANN لتحديد موقع العطل لأنواع مختلفة من الأعطال في شبكات التوزيع الشعاعية، باستخدام القياسات في المحطات الفرعية والحمايات وقواطع الحماية [18]، ولكن دون وجود وحدات توليد موزع في الشبكات.

استخدمت الطرائق التقليدية في تحديد مكان الأعطال في شبكات التوزيع بوجود وحدات توليد موزع، وقد بين المرجع [19] آثار دمج وحدات التوليد الموزع في شبكات التوزيع، حيث غيرت مطال إشارات الأعطال (التوتر والتيار) مما يعني التأثير على دقة الخوارزمية في تحديد مكان العطل في شبكات التوزيع، لهذا السبب تم التعامل مع هذه المشكلات في المرجع [20] من خلال التنسيق بين عمل المنصهرات ومعدات الإغلاق، والحد من استطاعة وحدات التوليد الموزع المربوطة مع الشبكة، وبالتالي الحد من تيار العطل المساهم به من قبل وحدة التوليد الموزع.

اتجهت بعض الدراسات لاستخدام طريقة الممانعة، حيث بين الباحث تأثر القواعد التي تعتمد على الممانعات من أجل تحديد مكان العطل، بممانعة العطل، والبعد بين نقطة القياس ومكان العطل [3] ، حيث يزداد الخطأ في تقدير مكان العطل بزيادة كل من ممانعة العطل والمسافة بين العطل ونقطة القياس.

وتعتمد دقة قواعد الممانعة، على بارامترات الخط وخواصه، وبقيمة التحميل المطبقة عليه، وتتعلق نسبة الخطأ في تحديد مكان العطل لهذه القواعد، بتعقيد الشبكة وخواص الأنظمة غير

تحديد مكان العطل في نظم التوزيع الكهربائية بوجود التوليد الكهربائي الموزع..... العينية، صالحة والحزوري

المتوازنة، ووجود عدة فروع، بالإضافة لمقاومات الأعطال المختلفة.

حصل عدة حالات تم فيها تخمين مكان العطل في عدة مواقع، نتيجة الأسباب السابقة، لذلك لجأ الباحثون للتحقق من حالة تجهيزات الحماية المزودة بها الشبكة، لتحديد مكان العطل، أما في الشبكات التي لا تحوي تجهيزات حماية (online)، بقيت هذه المشكلة دون حل [21].

تستخدم الطريقة المقدمة في هذا البحث تجهيزات الكترونية ذات تقنية عالية تسمى مؤشرات الأعطال (Fault Indicator)، تستخدم هذه التجهيزات لكشف وتحديد مكان الأعطال في شبكات التوزيع الشعاعية، حيث استخدمت هذه التجهيزات بداية في الشبكات الكهربائية، لكشف تيار العطل من دون الحاجة إلى إرسالها إلى مركز التنسيق.

اعتمد مركز التنسيق سابقاً على التقارير المرسلة من قبل الزبائن، عبر وسائل الاتصالات، إلى مركز التنسيق لتخبر عن انقطاعات التغذية الكهربائية، وبالتالي حدوث الأعطال في الشبكة الكهربائية، ثم يقوم مركز التنسيق بإرسال طواقم الصيانة التي تقوم بمتابعة الإشارات الضوئية أو السمعية لمؤشرات الأعطال في منطقة حدوث العطل، إلى أن تصل إلى المكان الدقيق وتقوم بإصلاحه.

تم تطوير هذه الآلية بحيث يتم الاستفادة من تفعيل مؤشرات الأعطال، وتطوير بنيتها بحيث يمكنها من إرسال الإشارات إلى مركز التنسيق عبر وسائل الاتصالات السلكية واللاسلكية، حيث يتم منح الإشارات الواردة إلى مراكز التنسيق تأخير زمني لتجنب حالات الأعطال المؤقتة.

كما تم تطوير خوارزميات التشغيل في مراكز التنسيق بما يناسب الوظيفة الجديدة في كشف وتحديد مكان العطل، ويتم عادة استخدام خوارزميات الأمثلة الخطية لهذه الوظيفة [28].

إن وجود وحدات التوليد الموزع ضمن شبكات التوزيع الكهربائي أضاف قيوداً جديدة إلى خوارزميات تحديد وكشف مكان العطل المطبقة على شبكات التوزيع التقليدية الشعاعية كالخوارزمية

المشكلة في [28]، حيث أن أهم مشكلة تعترض الخوارزمية هي تغذية العطل من اتجاهين، من المولد الموزع ومن الشبكة العامة وهذا ما ينطبق على الشبكات الحلقية.

يهدف البحث إلى تطوير الخوارزمية المعروضة في [28] بعد إضافة وحدات التوليد الموزع على المغذيات الرئيسية، حيث تعتمد خوارزمية تحديد مكان العطل في الخوارزمية المقترحة على الإشارات الواردة من مؤشرات الأعطال فقط، والموزعة على طول خطوط شبكات التوزيع، والمرقمة بترقيم متسلسل معروف بالنسبة لمركز التوزيع والتنسيق (DSO Distribution System Operator).

حيث تم اختبار وتجريب هذه الطريقة سواء كانت المعلومات الواردة لمركز التوزيع صحيحة بشكل كامل، أو في حال ورود إشارات خاطئة من بعض مؤشرات الأعطال.

سنقدم في هذا البحث بنية مؤشرات الأعطال، بالإضافة لبنية نظام الاتصالات الخاص بمؤشرات الأعطال، بما يخدم كشف وتحديد مكان العطل في شبكات التوزيع بوجود وحدات توليد موزع.

نقدم في الجزء التالي من هذا البحث، بنية نظام التوزيع بشكله العام، ثم خوارزمية كشف العطل، وتحديد موقعه، بالاعتماد على الإشارات المرسلة من مؤشرات الأعطال فقط، يتم بعدئذ تطبيق الخوارزمية، على شبكة مرجعية معقدة IEEE69-BUS، ولحالات خاصة متعددة، تعطي المتانة والموثوقية للمبدأ المقترح.

1. هدف البحث Research Object:

يهدف البحث إلى تطوير الخوارزمية المقدمة في [28] بحيث نأخذ بعين الاعتبار وجود وحدات التوليد الموزع في نظام التوزيع الكهربائي، حيث تهدف الدراسة إلى كشف الأعطال، وتحديد مواقعها، في شبكات التوزيع الكهربائية ذات الهيكلية المعقدة بوجود وحدات توليد موزع.

من أجل إنجاز هذا الهدف، لابد من استخدام التقنيات الحديثة، في كشف الأعطال، وهنا نجد أن استخدام مؤشرات

تحديد مكان العطل في نظم التوزيع الكهربائية بوجود التوليد الكهربائي الموزع..... العينية، صالحة والحزوري

- الأعطال (Fault Indicator) تقدم حلاً جيداً كما ورد في العديد من الدراسات المرجعية.
 - مؤشرات الأعطال التي يتم إعادة تشغيلها بالتيار .Current reset
 - مؤشرات الأعطال التي يتم إعادة تشغيلها بالتوتر .Voltage reset
 - مؤشرات الأعطال التي يتم إعادة تشغيلها بمؤقت زمني . Time reset
- تتمثل الوظيفة الأساسية لمؤشرات الأعطال في اكتشاف تيار العطل، وتقديم دليل على اكتشاف تيار العطل، تتوفر مجموعة متنوعة من خيارات عرض مؤشرات الأعطال، فمن الممكن أن يكون إنذار مسموع كمكبرات الصوت، أو ضوء أو عداد أو غيرها.

يوجد العديد من أشكال مؤشرات الأعطال، تم إدراج بعضها في الشكل (1)، يبلغ حجم مؤشرات الأعطال بحجم قبضة اليد بشكل عام، فعلى سبيل المثال يبلغ ارتفاع المؤشر (d) في الشكل (1) 128mm وأبعاده حوالي 93mm ووزنه حوالي 600g ، ويبلغ متوسط ثمنه حوالي 60 دولار [23].



الشكل (1) أشكال مؤشرات الأعطال

تتميز مؤشرات الأعطال بسهولة تركيبها، فمعظم الأشكال تحوي في قاعدتها على مقبضين لتثبيتها على الكبل بسهولة، ويرفق مع كل نوع من المؤشرات قطعة مخصصة لا يمكن فك المؤشر من الكبل إلا عن طريقها، وذلك من أجل حمايتها من السرقة.

2. بنية نظام التوزيع Distribution System Structure:

- من أهم الجوانب التي تؤخذ بالحسبان عند تحديد مكان العطل، هي خواص أنظمة شبكات التوزيع الشعاعية والتي تصنف إلى:
- أ - اختلاف خصائص الكابلات (حجم وطول)، و اختلاف طريقة التمديد (هوائية أو أرضية).
 - ب - عدم التوازن، الناتج عن اختلاف طبيعة الأحمال (أحادية ، ثنائية أو ثلاثية الطور).
 - د - وجود نقاط فرعية متفرقة على طول المغذي، وفروع لتغذية الأحمال.

3. مؤشرات الأعطال Fault Indicators:

- هي أجهزة إلكترونية تستخدم في الشبكات الكهربائية، من أجل تحديد مكان الأعطال، وتقليل الوقت اللازم لاكتشاف مكانها.
- تصنف أنواع مؤشرات الأعطال بحسب طريقة إعادة تشغيلها إلى [22]:
- أ - مؤشرات الأعطال التي يتم إعادة تشغيلها يدوياً Manual reset
 - ب - مؤشرات الأعطال التي يتم إعادة تشغيلها آلياً Automatic reset وتقسم إلى:

تحديد مكان العطل في نظم التوزيع الكهربائية بوجود التوليد الكهربائي الموزع..... العينية، صالحة والحزوري

على كل طور، ستعطي إشارة لوجود عطل، تشكل هذه الإشارات مدخلات لعملية الأمثلة، بينما تقوم الخوارزمية التي تستخدم تقنية الأمثلة الخطية، بتحديد مكان العطل بناءً على إيجاد مصفوفة تابع هدف محدد، مع الأخذ بالحسبان، تلقي إشارات خاطئة أو وهمية.

يتألف تابع الهدف، من المجموع الجبري لتابعين m, f ، يعبران عن حالات الإشارات الخاطئة بمؤشرات الأعطال (إخفاق في العمل Failure و خلل وظيفي Malfunction).

تحدد الخوارزمية حالة مؤشرات الأعطال المطابقة لحالة العطل الفعلي، حتى لو كانت الإشارات الواردة من مؤشرات الأعطال تحوي إشارات خاطئة، عن طريق إيجاد القيمة الصغرى لتابع الهدف. تنتج الإشارات الخاطئة عن نوعين من حالات العمل: أ - الإخفاق في العمل Failure: يحدث عند فشل مركز التنسيق في تلقي إشارة من المؤشر (بسبب خلل فني في المؤشر)، بالرغم من وجوب تلقيها، أي بالرغم من مرور تيار العطل فيها.

ب - الخلل الوظيفي Malfunction: يحدث عند تلقي إشارة من أحد المؤشرات، على الرغم من وجوب عدم تلقي الإشارة، بسبب عدم مرور تيار العطل فيها. وتعزى أسباب الإشارات الخاطئة:

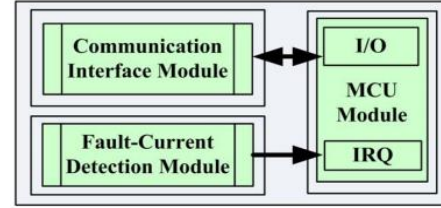
- فشل المعالج الصغرى في مؤشرات الأعطال، في اتخاذ قرار وجود العطل، بسبب خلل ما في حلقة التحكم.
- فشل شبكة الاتصالات، حيث يتم إرسال الإشارة إلى نظام SCADA، عن طريق شبكة WAN، وبالتالي يوجد عدة عوامل تؤثر على جودة الإشارة المنقولة إلى مركز العمليات.
- مسألة البرامج، فالبيانات من FI يجب أن تجتاز جدار حماية البيانات، ليتم معالجتها في مركز العمليات، وبالتالي من الممكن ترشيح البيانات الصحيحة قبل وصولها إلى المعالجة.

ستساهم المقالة في:

- 1 - تحديد مكان عطل أو أكثر في شبكات التوزيع التي تحوي وحدات توليد موزع.

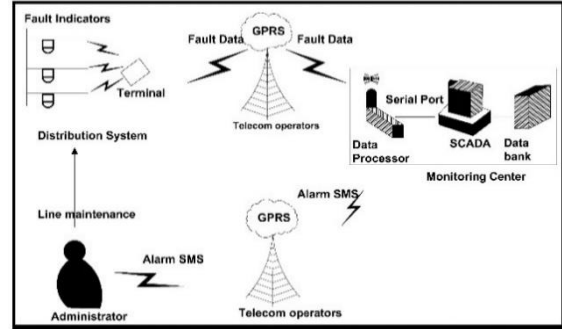
4. بنية مؤشرات الأعطال Fault indicator structure:

تنقسم مكونات مؤشر العطل، إلى جزء لكشف تيار العطل، واجهة اتصال، ووحدة معالجة صغرى، ويزود الجزء المتعلق بكشف التيار، بليد ضوئي كما يبين الشكل (2).



الشكل (1) بنية مؤشر العطل مع واجهة الاتصال [24]

يتم تحديد حالة وجود عطل، بمقارنة مطال التيار المقاس، مع عتبة التنبيه، حيث تجري معالجة الإشارة في وحدة المعالجة المصغرة [25]، وعند حدوث عطل يتم إرسال الإشارة لاسلكياً بتردد 900[MHz]، إلى مركز عمليات نظام التوزيع المطلوب، يبين الشكل (3)، بنية نظام الاتصالات حيث يتم دمج الإشارات الراديوية، الصادرة عن مؤشرات الأعطال، ومعالجتها بالزمن الحقيقي، عن طريق شبكة WAN، ويتحدد موقع العطل بشكل آلي، عن طريق هذه الإشارة، في مركز عمليات نظام التوزيع.



الشكل (3) بنية نظام الاتصالات لنظام مؤشرات الأعطال

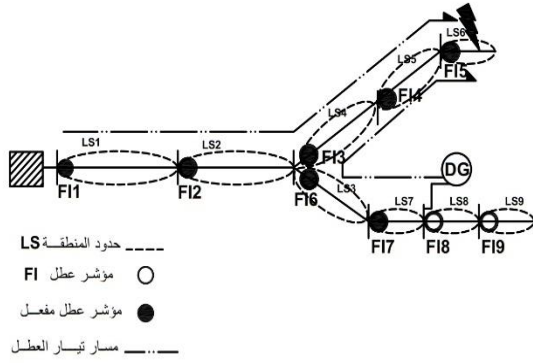
5. مبدأ الخوارزمية المقترحة principle of the proposed algorithm:

تعتمد الخوارزمية على الإشارات الواردة من مؤشرات الأعطال فقط، بغض النظر عن نوع العطل، سواء كان LL, LG، LLL, LLG أو LLLG فإن مؤشرات الأعطال المتموضعة

تحديد مكان العطل في نظم التوزيع الكهربائية بوجود التوليد الكهربائي الموزع..... العينية، صالحة والحزوري

3. من أجل كل جزء من أجزاء الشبكة يتم تحديد مسار تيار العطل من كل مؤشر عطل باتجاه كل نظام توليد في الشبكة، سواء كان توليد موزع أو شبكة رئيسية.

فعلى سبيل المثال يمكن أخذ الشبكة الموضحة في الشكل (2) والتي تحوي 9 عقد مع وحدة توليد موزع على قضيب التجميع رقم 8، نقسم هذه الشبكة إلى أجزاء (LS_5)، ونوزع مؤشرات الأعطال كما في الشكل (2)، على فرض حدوث عطل عند LS_5 ، فإن مؤشرات الأعطال الواقعة في مسار تيار العطل بين LS_5 والشبكة العامة هي $\{FI_1, FI_2, FI_3, FI_4\}$ ، $\{FI_5\}$ ، ومؤشرات الأعطال الواقعة في مسار تيار العطل بين LS_5 و وحدة التوليد الموزع في العقد 8 هي $\{FI_3, FI_4\}$ ، $\{FI_5, FI_6, FI_7\}$



الشكل (2) عطل وحيد في شبكة تحوي على 9 عقد ووحدة توليد موزع واحدة

وكذلك يجب تحديد هذا المسار لجميع أجزاء الخطوط LS_5 .

8-1. متغيرات مسألة الأمثلة Variables of

Problem

سنبين فيما يلي متغيرات مسألة الأمثلة:

(a) مصفوفة y_0 ترمز إلى مصفوفة دخل الخوارزمية، وهي تعبر عن حالة جميع مؤشرات الأعطال المتوفرة في مركز التشغيل بعد حدوث العطل، وهي مصفوفة بسطر واحد ومجموعة من الأعمدة، عددها يساوي عدد مؤشرات الأعطال، قيم عناصر هذه المصفوفة هي أصفار تدل على عدم تفعيل

2- تحديد مؤشرات الأعطال الخاضعة

لحالة إخفاق في العمل Failure.

3 - تحديد مؤشرات الأعطال الخاضعة

لحالة خلل وظيفي في العمل Malfunction.

6. بيئة الأمثلة CPLEX:

تم تسمية بيئة الأمثلة CPLEX بهذا الاسم، للتعبير عن مصطلح Simplex method، والمنفذ بلغة ال C (C Programming Language)، ثم تم تطويره لاحقاً من شركة IBM، ليدعم لغات برمجة أخرى، مثل Visual Basic، Fortran، Java... الخ.

تتسم بيئة الأمثلة CPLEX بأنها بيئة عالية الأداء، وتستخدم لحل مسائل الأمثلة الخطية وغير الخطية (linear and nonlinear programming problems) ذات المتغيرات الصحيحة والمستمرة، والمسائل التربيعية بنوعها (convex and non-convex quadratic programming problems).

ونظراً لعدم توفر بيئة IBM ILOG CPLEX، تم استخدام بيئة البرمجة Eclips الداعمة للغة البرمجة Java، باستخدام مكتبات الأمثلة من بيئة الأمثلة IBM ILOG CPLEX [26].

7. تشكيل مسألة الأمثلة Formation of

Optimization Problem

من أجل إدخال وحدات التوليد الموزع في تشكيل مسألة الأمثلة، لابد لتشكيل مسألة الأمثلة من بعض الفرضيات الخاصة [27]، [28]:

1. يتم تقسيم الشبكة المدروسة إلى عدة أجزاء (LS Line section) حيث يمثل كل جزء قطاع العمل لمؤشر حدوث العطل.
2. يتم توزيع مؤشرات الأعطال على كل جزء (Line section) وتعطى أجزاء الشبكة ومؤشرات الأعطال أرقام تسلسلية معلومة في مركز التشغيل.

العينية، صالحة والحزوري

تحديد مكان العطل في نظم التوزيع الكهربائية بوجود التوليد الكهربائي الموزع.....

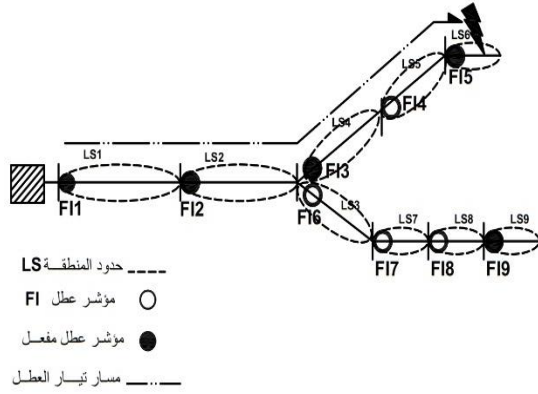
مؤشرات الأعطال، و وحدات تدل على تفعيل مؤشر العطل عند حدوث العطل.

$$y_i = [1,1,1,1,1,0,0,0,0]$$

$$f_i = [0,0,0,1,0,0,0,0,0]$$

$$m_i = [0,0,0,0,0,0,0,0,1]$$

$$x_i = [0,0,0,0,1,0,0,0,0]$$



الشكل (3) عطل وحيد في شبكة تحوي 9 عقد

للمساعدة في تمثيل القيود المنطقية لمسألة الأمثلة تم استخدام بعض الرموز المنطقية:
 \otimes يمثل الضرب المنطقي.
 \oplus يمثل الجمع المنطقي.
 \sim يمثل النفي المنطقي.

ونتيجة استخدام العبارات المنطقية في كتابة القيود، لابد من تحويل العبارات المنطقية إلى عبارات خطية، من أجل التعامل معها في بيئة الأمثلة الخطية، حيث يتم تحويل الجمع المنطقي إلى عبارات خطية بناء على القوانين التالية [27]:

$$K = A_1 \oplus A_2 \oplus \dots \oplus A_{n-1} \oplus A_n$$

(1)

$$\leftrightarrow \begin{cases} K \geq A_i, \forall i \in \{1,2,\dots,n\} \\ K \leq A_1 + A_2 + \dots + A_{n-1} + A_n \end{cases}$$

(2)

حيث:

K, A_1, A_2, \dots, A_n هي متغيرات أولية ذات قيم 0 أو 1.

وتحويل الضرب المنطقي لعبارات خطية يتم بناء على المعادلات التالية [27]:

ولا بد من الإشارة بأن مصفوفة الدخل y_0 قد تحوي على حالات خلل وظيفي Malfunction أو إخفاق في العمل Failure لبعض مؤشرات الأعطال.

(b) مصفوفة y_i وهي تمثل مصفوفة حالة مؤشرات الأعطال المخمنة في مركز التشغيل بعد تطبيق خوارزمية إيجاد مكان العطل، أي أن هذه المصفوفة تعبر عن خرج الخوارزمية المدروسة.

(c) مصفوفة f_i وهي تمثل مصفوفة حالة مؤشرات الأعطال التي قد خضعت لحالة إخفاق Failure، حيث تعطي قيمة 1 في حال كان المؤشر يخضع لحالة إخفاق Failure (يعطي المؤشر قيمة 0 على الرغم من مرور تيار العطل فيه)، و 0 في حالة عكس ذلك.

(d) مصفوفة m_i وهي تمثل مصفوفة حالة مؤشرات الأعطال التي قد خضعت لحالة خلل وظيفي Malfunction حيث تعطي قيمة 1 في حال كان المؤشر يخضع لحالة خلل وظيفي Malfunction (يعطي المؤشر قيمة 1 على الرغم من عدم مرور تيار العطل فيه)، و 0 في حالة عكس ذلك.

(e) مصفوفة x_i : وهي تعبر عن خرج الخوارزمية بعد إجراء عملية الأمثلة، وتمثل حالة أجزاء الخط من حيث احتواؤها على عطل أو لا، حيث تعطي 1 في حال كان الجزء معطل، وتعطي 0 في حال كان الجزء من الخط سليم.

(f) P_{FI} و P_{LS} ترمز لمجموعة أجزاء الخط (LS line section) و مجموعة مؤشرات الأعطال (FI Fault indicator) في الشبكة المدروسة على التوالي.

يظهر المثال المبين في الشكل (3) شبكة بسيطة تحوي 9 عقد، تم توزيع مؤشرات الأعطال عليها، وتقسيمها إلى أجزاء LS_s ، وإفترض عطل في، سنيين قيم كل من المتغيرات من أجل التوضيح:

$$y_0 = [1,1,1,0,1,0,0,0,1]$$

تحديد مكان العطل في نظم التوزيع الكهربائية بوجود التوليد الكهربائي الموزع..... العينية، صالحة والحزوري

من أجل تحويل القيد للشكل الخطي نتبع قواعد التحويل،
فبالاعتماد على المعادلة (2) نحصل على:

$$\begin{cases} y_i \leq \sum_{j \in P_{FI_i}} y_j \\ y_i \geq y_j, i \in P_{FI}, j \in P_{FI_i} \end{cases} \quad (7)$$

(c) القيد المتعلق بتحديد حالة مؤشرات الأعطال في مركز التوزيع:

تتوفر إشارة تفعيل لمؤشرات الأعطال في مركز التوزيع
بالحالتين:

1. تحسس مؤشر العطل لمرور تيار العطل فيه وإرساله بدون وجود حالة إخفاق Failure.
2. عدم تحسس مؤشر العطل لتيار العطل ووقوع حالة خلل وظيفي Malfunction.

يمكن صياغة القيد المعبر عن الشرطين المذكورين كما يلي:

$$y_{0-i} = y_i \otimes (\sim f_i) \oplus (\sim y_i) \otimes m_i, i \in P_{FI} \quad (8)$$

نستخدم المتحول y_0 للرمز لمصفوفة حالة مؤشرات الأعطال المتوفرة في مركز التوزيع، ونستخدم المتحولات f_i و m_i للرمز لمصفوفة كل من المؤشرات التي تعرضت لحالة إخفاق Failure وخلل وظيفي Malfunction للمؤشر i على الترتيب.

من أجل التحويل للشكل المنطقي ينبغي تقسيم الجملة المنطقية المبينة في المعادلة (8) إلى قسمين:

$$h_i^1 = y_i \otimes (\sim f_i) \quad (9)$$

$$h_i^2 = (\sim y_i) \otimes m_i \quad (10)$$

ثم نطبق توابع التحويل للشكل الخطي حيث بالاعتماد على المعادلتين (2) و (4) نحصل على:

$$\begin{cases} h_i^1 \leq y_i, h_i^1 \leq 1 - f_i \\ h_i^1 \geq y_i + (1 - f_i) - 1 \\ h_i^2 \leq 1 - y_i, h_i^2 \leq m_i \\ h_i^2 \geq 1 - y_i + m_i - 1 \\ y_{0-i} \geq h_i^1, y_{0-i} \geq h_i^2 \\ y_{0-i} \leq h_i^1 + h_i^2 \end{cases} \quad (11)$$

$$K = A_1 \otimes A_2 \otimes \dots \otimes A_{n-1} \otimes A_n$$

(3)

$$\leftrightarrow \begin{cases} K \leq A_i, \forall i \in \{1, 2, \dots, n\} \\ K \geq A_1 + A_2 + \dots + A_{n-1} + A_n - (n - 1) \end{cases}$$

(4)

سنستخدم كل من قاعدتي التحويل مباشرة بعد كتابة كل قيد.

2-8. قيود مسألة الأمثلة Constraints of Problem:

(a) القيد المتعلق بتحديد القسم المعطل، حيث لا بد أن تكون إشارة مؤشر العطل المجاور لمنطقة العطل ذات قيمة تساوي الواحد أي $y=1$ لذلك لا بد من تحقيق ما يلي:

$$y_i \geq x_j, j \in P_{LS} \& i \in P_{FI} \quad (5)$$

نستخدم المتحول x_j لرمز لحالة القسم LS_j ، ونستخدم المتحول y_i للرمز لحالة مؤشرات الأعطال المخمنة من قبل خوارزمية العطل، وتكون قيمة $y_i = 1$ بوجود شرطين:

- 1) $x_j = 1$ تعني وجود عطل في القسم LS_j .
- 2) وجود مؤشر العطل FI_i على طول مسار العطل بين القسم المعطل LS_j ومصدر التوليد.

حيث: P_{FI} ، P_{LS} عدد كل من FI_s و LS_s على التوالي

(b) القيد المتعلق بتحديد الحالة المتوقعة لكل مؤشر عطل:

$$y_i = y_1 \oplus y_2 \oplus \dots \oplus y_l, i \in P_{FI} \& l \in P_{FI_i} \quad (6)$$

حيث: P_{FI_i} : مجموعة مؤشرات الأعطال الواقعة على طول مسار تيار العطل، بين المؤشر FI_i ومصادر التوليد المتوفرة سواء شبكة عامة أو منبع توليد موزع، حيث $y_i = 1$ عندما تتحسس جميع المؤشرات الموجودة في المجموعة P_{FI_i} لتيار العطل، فعلى سبيل المثال، في الشبكة المبينة في الشكل (2) يعطي المؤشر y_{FI3} قيمة (1) في حال كانت قيمة y تساوي (1) لجميع المؤشرات التي تقع على مسار تيار العطل بين FI_3 والشبكة العامة، وبين FI_3 ووحدة التوليد الموزع، أي يجب أن تكون $\{ y_{FI6}, y_{FI7}, y_{FI2}, y_{FI1} \}$ جميعها ذات قيمة تساوي (1) .

تحديد مكان العطل في نظم التوزيع الكهربائية بوجود التوليد الكهربائي الموزع..... العينية، صالحة والحزوري

تعتبر المتحولات غي هذه الحالة غير مجدية وغير منطقية حيث تتعارض مع الواقع، لذلك تم وضع قيد لتجنب مثل هذه الحالات كما يلي:

$$y_i \otimes m_i = 0 \quad (16)$$

$$\sim y_i \otimes f_i = 0 \quad (17)$$

$$m_i \otimes f_i = 0 \quad (18)$$

حيث: $i \in P_{FI}$

للتحويل للشكل الخطي نطبق توابع التحويل الخطي:

$$\begin{cases} y_i + m_i \leq 1 \\ 1 - y_i + f_i \leq 1 \\ m_i + f_i \leq 1 \end{cases}$$

(19)

3-8. التابع الهدف Objective Function:

بشكل مشابه لما تم دراسته في [28] ، فإن التابع الهدف في هذا البحث، هو تصغير مجموع الإشارات الخاطئة التي يمكن أن تؤثر على عملية تحديد المكان الفعلي للعطل.

حيث تعبر الإشارات الخاطئة، عن مجموع الإشارات الناتجة عن حالات فشل العمل لمؤشرات الأعطال في حالتي الإخفاق Failure والخلل الوظيفي Malfunction.

نعتبر عن التابع الهدف بالمعادلة:

$$objFun = \min (N_{Failure} + N_{malfunction})$$

(20)

حيث: $N_{Failure}$: هي مؤشرات الأعطال التي تعطي قيمة 1 في مصفوفة التخمين في حين أنها تعطي قيمة 0 في المصفوفة المتوفرة من مؤشرات الأعطال بعد حدوث العطل، أي أن مؤشر العطل يقع في مسار تيار العطل، ولكنه فشل في إرسال إشارة لمركز التوزيع.

$N_{malfunction}$: هي مؤشرات الأعطال التي تعطي قيمة 0 في مصفوفة التخمين في حين أنها تعطي قيمة 1 في المصفوفة المتوفرة من مؤشرات الأعطال بعد حدوث العطل، أي أن مؤشرات الأعطال لا تقع على طول مسار تيار العطل، ومع ذلك فقد أعطت إشارة تفعيل في مركز التوزيع.

(d) القيد المتعلق بحساب عدد مؤشرات الأعطال التي تعرضت لإخفاق في العمل Failure، حيث نرمز لهذا القيد بالرمز $N_{failure}$ ، يصاغ القيد على الشكل:

$$N_{failure} = \sum_{i \in P_{FI}} f_i$$

(12)

(e) القيد المتعلق بحساب عدد مؤشرات الأعطال التي تعرضت لخلل وظيفي Malfunction، حيث نرمز لهذا القيد بالرمز $N_{malfunction}$ ، يصاغ القيد على الشكل:

$$N_{malfunction} = \sum_{i \in P_{FI}} m_i$$

(13)

(f) القيد المتعلق بتحديد مكان عدة أعطال:

تستطيع هذه الخوارزمية تحديد مكان أكثر من عطل، في فروع مختلفة، لا يكفي من أجل هذا الغرض التعامل فقط مع حالة مؤشرات الأعطال، لذلك نفترض $P_{LS,i}$ هي مجموع الأجزاء من الخط الواقعة في منطقة upstream للجزء i .

يتم صياغة هذا القيد على الشكل:

$$x_i \otimes x_{j \in P_{LS,i}} = 0, i \in P_{LS}$$

(14)

للتحويل للشكل الخطي نطبق توابع التحويل الخطي فنجد:

$$x_i + x_{j \in P_{LS,i}} \leq 1$$

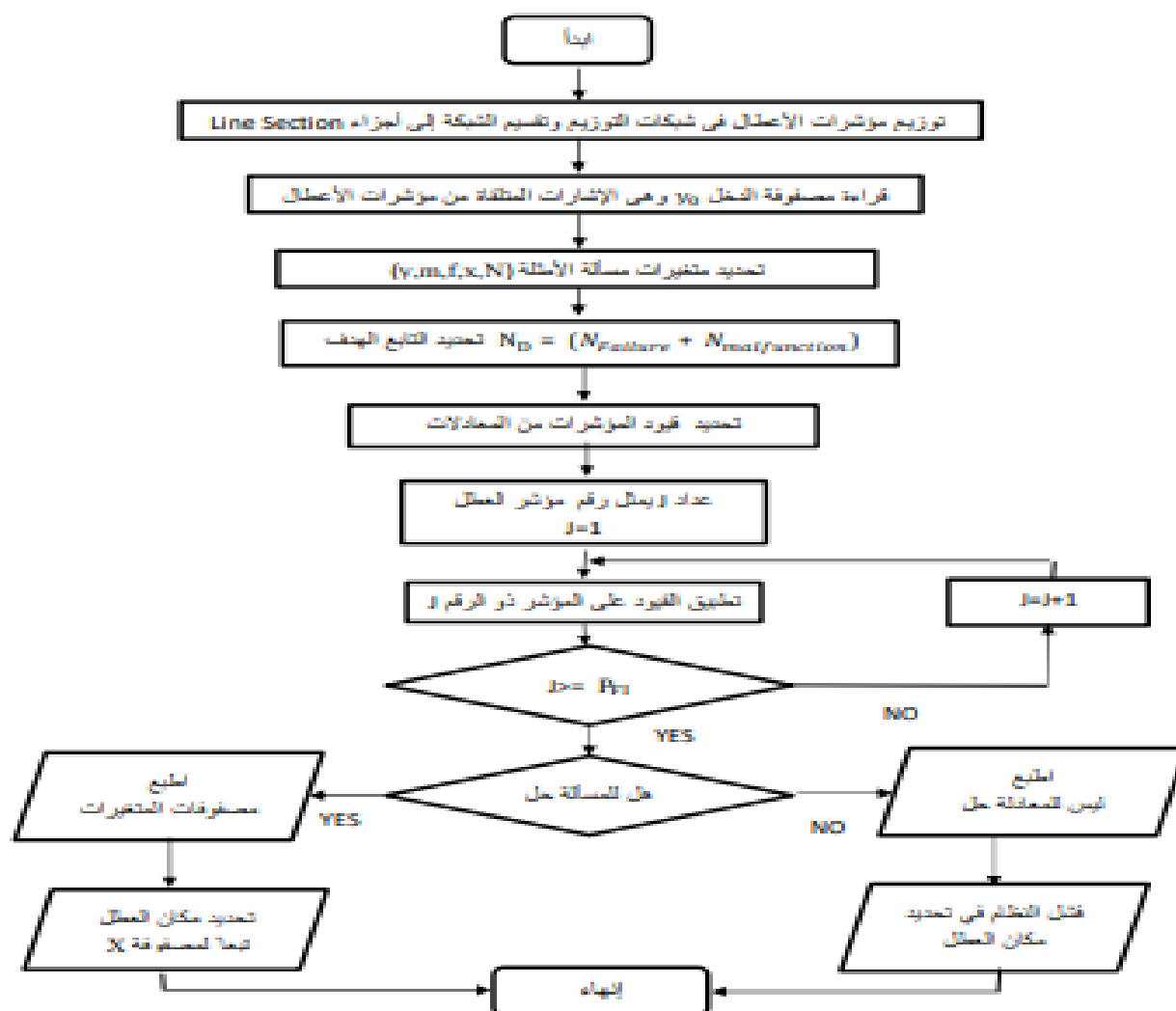
(15)

أي ينبغي أن يمر تيار العطل من جميع أجزاء الخطوط الواقعة في منطقة upstream لكل جزء من الخط يوجد فيه عطل.

(g) القيود المتعلقة بمنطقية المتحولات:

يمكن ملاحظة عدم الوصول لحالة منطقية في بعض الحالات للمتحولات في مسألة الأمثلة، فعلى سبيل المثال لا يمكن لأي مؤشر عطل من أن يخضع لحالتي إخفاق Failure وخلل وظيفي Malfunction معاً، أو حالة وقوع مؤشر العطل على طول مسار تيار العطل وخضوعه لحالة خلل وظيفي Malfunction ، أو حالة عدم وقوع مؤشر العطل على مسار تيار العطل وخضوعه لحالة إخفاق في العمل Failure.

تحديد مكان العطل في نظم التوزيع الكهربائية بوجود التوليد الكهربائي الموزع..... العينية، صالحة والحزوري
تمت برمجة مسألة الأمثلة، بما فيها التابع الهدف والقيود كاملة الأمثلة CPLEX، يبين
لتحديد منطقة العطل، باستخدام لغة Java، وتم استخدام البيئة الشكل () المخطط الانسيابي للخوارزمية المقترحة
البرمجية eclipse-java-2022-03-R في كتابة التعليمات
البرمجية المعبرة عن مسألة الأمثلة، وذلك بعد استدعاء مكتبات



الشكل (6) خوارزمية الأمثلة لتحديد مكان العطل في شبكات التوزيع بوجود وحدات توليد مو

4-8. دراسة حالة Case Study

تغذى الشبكة المدروسة من مصدر توليد 100MVA بتوتر 12.66kV، مع وجود وحدتي توليد موزع عند كل من العقد 61 و 49، باستطاعة 1.59 M.W و 0.86 M.W على التوالي، باقي المعلومات المتعلقة بالأحمال ومحددات

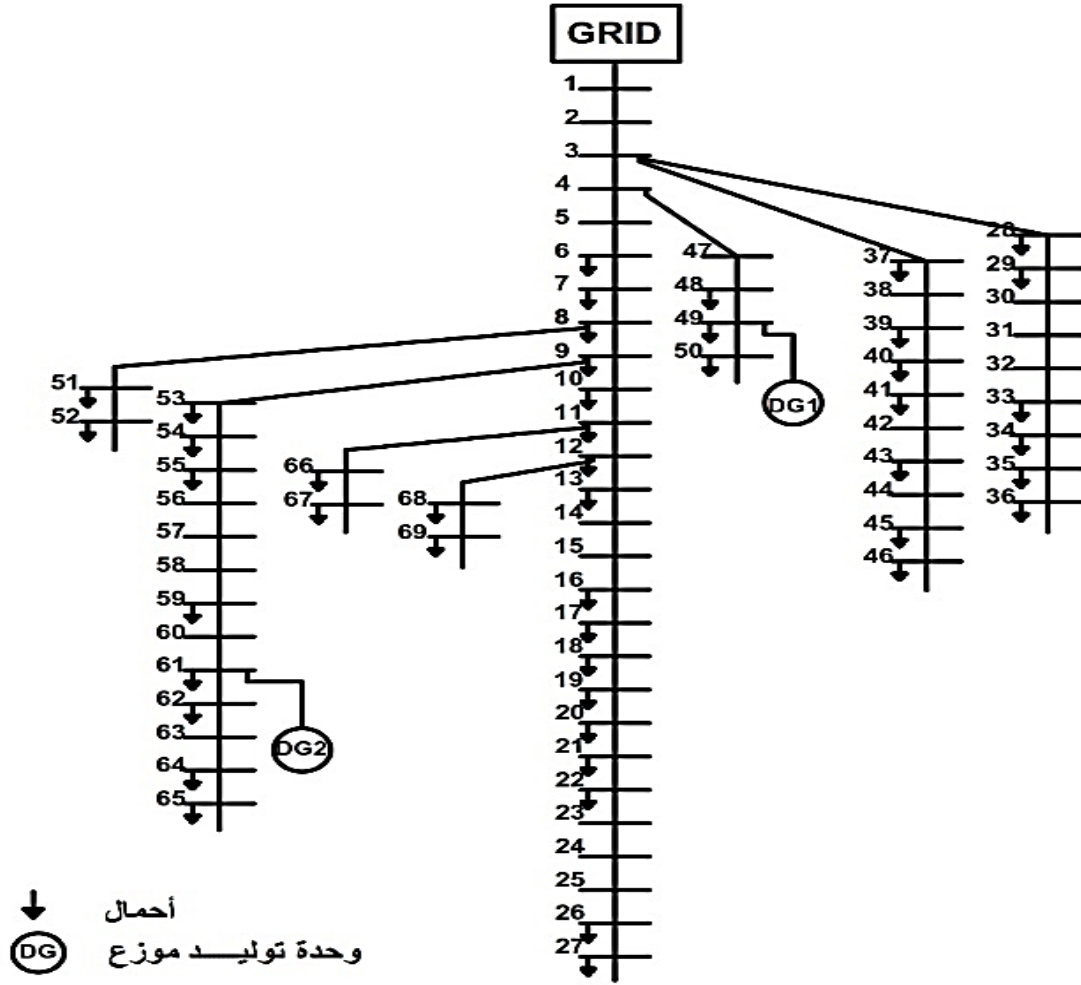
يبين الشكل (7) الشبكة المدروسة، والمكونة من 7 فروع تحوي 69 عقد.

العينية، صالحة والحزوري

تحديد مكان العطل في نظم التوزيع الكهربائية بوجود التوليد الكهربائي الموزع.....

الملحق.

الخطوط موضحة في الجدول (2) و الجدول (3) في

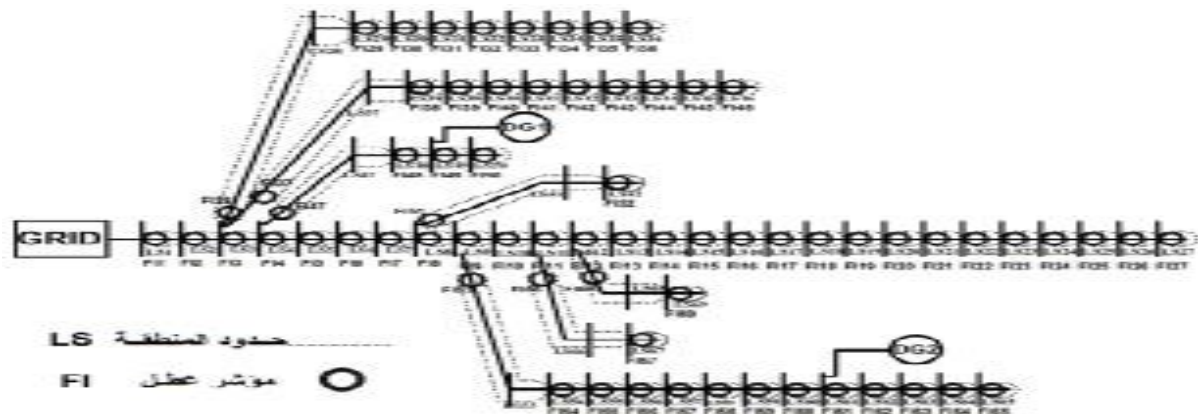


الشكل (7) مخطط الخط الواحد لشبكة توزيع IEEE 69-BUS

على مصدر المرجع (8) توزيع مؤشرات الأعطال، وتوزيع الأقسام LSs على الشبكة المدروسة.

نقوم بداية بتوزيع مؤشرات الأعطال، على طول المغذيات في الشبكة، وعند كل قضيب تجميع، ثم يتم ترميز المنطقة التي تلي مؤشر

العطل بالقسم Section LS Line، يبين خطأ! لم يتم العثور



الشكل (4) الشبكة المدروسة مع توزيع مؤشرات الأعطال، وتحديد حدود المناطق LS.

بدايةً عند تحسس مؤشرات الأعطال لمرور تيار العطل فيها، ترسل مؤشرات الأعطال حالتها إلى مركز التوزيع، من أجل تحديد مصفوفة الدخل.

فعلى سبيل المثال، عند حدوث عطل في الجزء 31 المبين في خطأ! لم يتم العثور على مصدر المرجع.)، سترسل جميع مؤشرات الأعطال حالة عملها بحيث تكون مفعلة أو غير مفعلة، بحسب وجودها في مسار تيار العطل أو لا، كما هو مبين في خطأ! لم يتم العثور على مصدر المرجع.).

مفعّل	58	غير مفعّل	35	غير مفعّل	12
مفعّل	59	غير مفعّل	36	غير مفعّل	13
مفعّل	60	غير مفعّل	37	غير مفعّل	14
غير مفعّل	61	غير مفعّل	38	غير مفعّل	15
غير مفعّل	62	غير مفعّل	39	غير مفعّل	16
غير مفعّل	63	غير مفعّل	40	غير مفعّل	17
غير مفعّل	64	غير مفعّل	41	غير مفعّل	18
غير مفعّل	65	غير مفعّل	42	غير مفعّل	19
غير مفعّل	66	غير مفعّل	43	غير مفعّل	20
غير مفعّل	67	غير مفعّل	44	غير مفعّل	21
غير مفعّل	68	غير مفعّل	45	غير مفعّل	22
غير مفعّل	69	غير مفعّل	46	غير مفعّل	23

الجدول (9) حالة مؤشرات الأعطال عند العطل المبين في خطأ! لم يتم

العثور على مصدر المرجع.) (حالة افتراضية):

رقم المؤشر	حالة المؤشر	رقم المؤشر	حالة المؤشر	رقم المؤشر	حالة المؤشر
1	مفعّل	24	غير مفعّل	47	مفعّل
2	مفعّل	25	غير مفعّل	48	مفعّل
3	مفعّل	26	غير مفعّل	49	غير مفعّل
4	مفعّل	27	غير مفعّل	50	غير مفعّل
5	مفعّل	28	مفعّل	51	غير مفعّل
6	مفعّل	29	مفعّل	52	غير مفعّل
7	مفعّل	30	مفعّل	53	مفعّل
8	مفعّل	31	مفعّل	54	مفعّل
9	غير مفعّل	32	غير مفعّل	55	مفعّل
10	غير مفعّل	33	غير مفعّل	56	مفعّل
11	غير مفعّل	34	غير مفعّل	57	مفعّل

أعطى البرنامج نتائج صحيحة من حيث تحديد مكان العطل، وحالة كل مؤشر، حيث يبين خطأ! لم يتم العثور على مصدر المرجع. نتائج مسألة الأمثلة عند حدوث عطل وحيد عند، بما فيها قيمة التابع الهدف والتي تمثل قيم الإشارات الخاطئة، مساوية للصفر.

ونلاحظ من المصفوفة y أن $FI_{(1 \rightarrow 8)}$ ، $FI_{(28 \rightarrow 31)}$ ، $FI_{(47 \rightarrow 48)}$ ، وكذلك $FI_{(53 \rightarrow 60)}$ قد تم تفعيلها، وهي حالة مطابقة لقيم y_0 المفروضة وهذا يدل على دقة هذه النتيجة.

أن التابع الهدف أعطى قيمة مساوية للثمانية $obj\ fun = 8$ ، وهي عدد الإشارات الخاطئة، وذلك عند المؤشرات $FI_{(53 \rightarrow 59)}$ ، FI_{28} ، وأعطى تقدير صحيح لمصفوفة قيم المؤشرات y التي تم تقديرها في مركز التنسيق، عن طريق تطبيق التابع الهدف والقيود، وأعطى $f=1$ عند كل من $FI_{(53 \rightarrow 59)}$ ، FI_{28} ، وبقي تقدير مكان العطل صحيح عند $x_{31} = 1$

أن التابع الهدف أعطى قيمة مساوية للثمانية $obj\ fun = 8$ ، وهي عدد الإشارات الخاطئة، وذلك عند المؤشرات $FI_{(53 \rightarrow 59)}$ ، FI_{28} ، وأعطى تقدير صحيح لمصفوفة قيم المؤشرات y التي تم تقديرها في مركز التنسيق، عن طريق تطبيق التابع الهدف والقيود، وأعطى $f=1$ عند كل من $FI_{(53 \rightarrow 59)}$ ، FI_{28} ، وبقي تقدير مكان العطل صحيح عند $x_{31} = 1$

ثم يتم تحويل هذه الاشارات إلى قيم 0 أو 1 من أجل تشكيل مصفوفة دخل الخوارزمية المقترحة والتي يتم ترميزها ب y_i . سنعمل على تطبيق سيناريوهات مختلفة للأعطال، وسندرس فاعلية الطريقة المدروسة في ايجاد مكان العطل.

(a) حالة عطل وحيد:

يبين خطأ! لم يتم العثور على مصدر المرجع. فرضية حدوث عطل وحيد على LS31، بدون وجود أي حالة فشل لمؤشرات الأعطال.

(b) حالة عطل وحيد مع وجود حالة إخفاق Failure

في عدة مؤشرات أعطال:

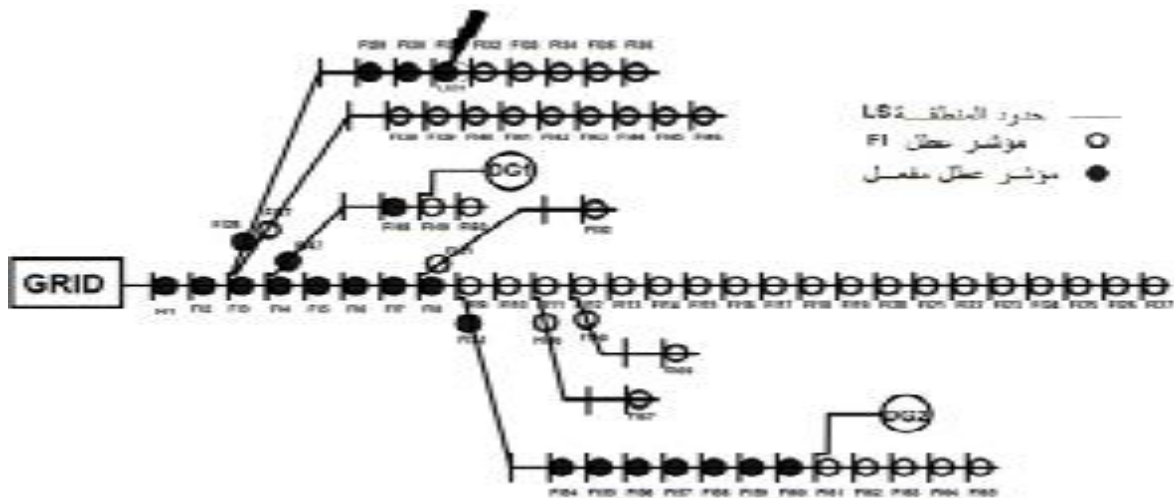
يبين (حالة عطل على LS31 مع فشل المؤشرات $FI_{(53 \rightarrow 59)}$ ، FI_{28} ، في إرسال الإشارة إلى مركز التوزيع.

تم تطبيق التابع الهدف المقترح، والقيود التي تم ذكرها، لتعطي الطريقة النتائج المبينة في الشكل (8)، حيث نجد أن التابع الهدف أعطى قيمة مساوية للثمانية $obj\ fun = 8$ ، وهي عدد الإشارات الخاطئة، وذلك عند المؤشرات $FI_{(53 \rightarrow 59)}$ ، FI_{28} ، وأعطى تقدير صحيح لمصفوفة قيم المؤشرات y التي تم تقديرها في مركز التنسيق، عن طريق تطبيق التابع الهدف والقيود، وأعطى $f=1$ عند كل من $FI_{(53 \rightarrow 59)}$ ، FI_{28} ، وبقي تقدير مكان العطل صحيح عند $x_{31} = 1$.

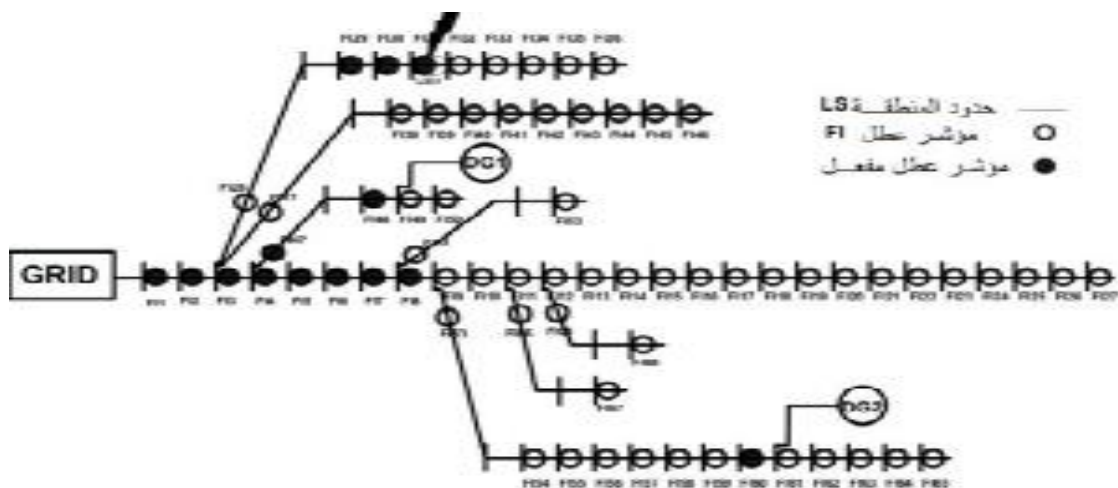
(c) حالة عطل وحيد مع وجود حالة إخفاق Failure

في عدة مؤشرات أعطال:

يبين (حالة عطل على LS31 مع فشل المؤشرات $FI_{(53 \rightarrow 59)}$ ، FI_{28} ، في إرسال الإشارة إلى مركز التوزيع. تم تطبيق التابع الهدف المقترح، والقيود التي تم ذكرها، لتعطي الطريقة النتائج المبينة في الشكل (8)، حيث نجد



الشكل (9) حالة عطل وحيد في LS_{31}



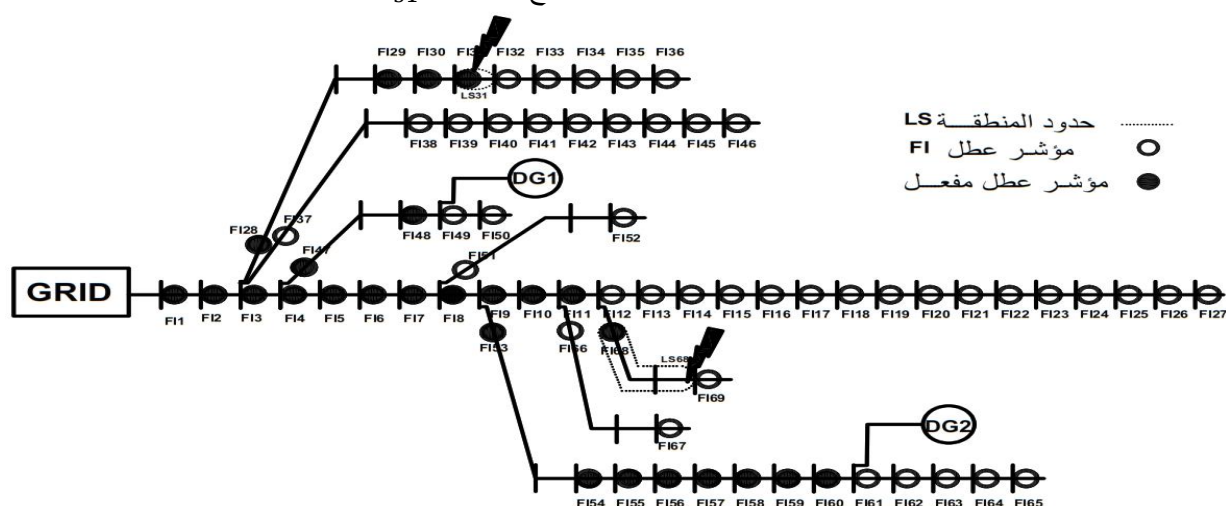
الشكل (10) حالة عطل في LS_{31} وفشل في المؤشرات $FI_{(53 \rightarrow 59)}$ و $FI_{17,18}$ [28]

إرسال الإشارة لمركز التوزيع، وإرسال إشارات خاطئة (خلل وظيفي Malfunction) من $FI_{17,18}$. تم تطبيق التابع الهدف المقترح، والقيود التي تم ذكرها، لتعطي الطريقة النتائج المبينة في الشكل (9) حيث نجد أن التابع الهدف أعطى قيمة مساوية

(d) حالة عطل وحيد مع وجود حالة إخفاق Failure وحالة خلل وظيفي Malfunction في عدة مؤشرات أعطال: يبين خطأ! لم يتم العثور على مصدر المرجع. حالة عطل على LS_{31} مع فشل المؤشرات $FI_{(53 \rightarrow 59)}$ ، و FI_{28} ، في

تحديد مكان العطل في نظم التوزيع الكهربائية بوجود التوليد الكهربائي الموزع.....
 العينية، صالحة والحزوري
 العشرة $obj\ fun = 10$ ، وهي عدد الإشارات الخاطئة، وذلك عند
 المؤشرات $FI_{(53 \rightarrow 59)}$ ، و FI_{28} في مصفوفة حالات الإخفاق
 لمؤشرات الأعطال (f Failure) و $FI_{17,18}$ في مصفوفة
 حالات الخلل الوظيفي (m Malfunction).

صحيح عند $x_{31} = 1$.



الشكل (5) حالة عطل في LS_{31} ، وفشل في المؤشرات $FI_{(53 \rightarrow 59)}$ و FI_{28} و $FI_{17,18}$

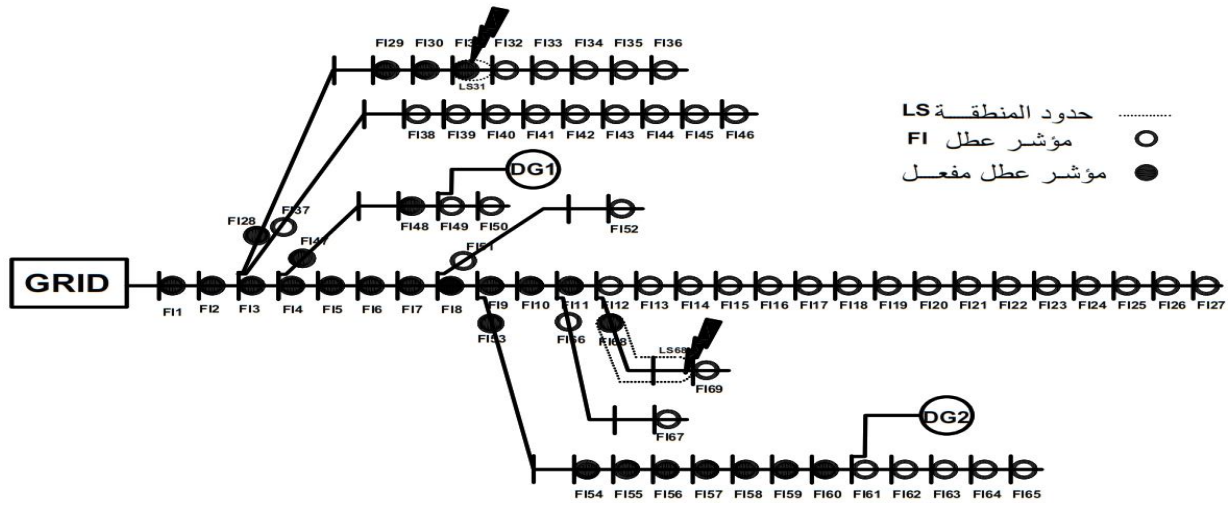
إرسال الإشارة لمركز التوزيع، وإرسال إشارات خاطئة (خلل وظيفي Malfunction) من $FI_{17,18}$. تم تطبيق التابع الهدف المقترح، والقيود التي تم ذكرها، لتعطي الطريقة النتائج المبينة في الشكل (9) حيث نجد أن التابع الهدف أعطى قيمة مساوية للعشرة $obj\ fun = 10$ ، وهي عدد الإشارات الخاطئة، وذلك عند المؤشرات $FI_{(53 \rightarrow 59)}$ ، و FI_{28} في مصفوفة حالات الإخفاق لمؤشرات الأعطال (f Failure) و $FI_{17,18}$ في مصفوفة حالات الخلل الوظيفي (m Malfunction).

كما أعطت الطريقة تقدير صحيح لمصفوفة قيم المؤشرات والتي تم تقديرها في مركز التنسيق، عن طريق تطبيق التابع الهدف والقيود، وأعطى $f=1$ عند كل من $FI_{(53 \rightarrow 59)}$ ، و FI_{28} ، و $m=1$ عند كل من $FI_{17,18}$ ، وبقي تقدير مكان العطل صحيح عند $x_{31} = 1$.

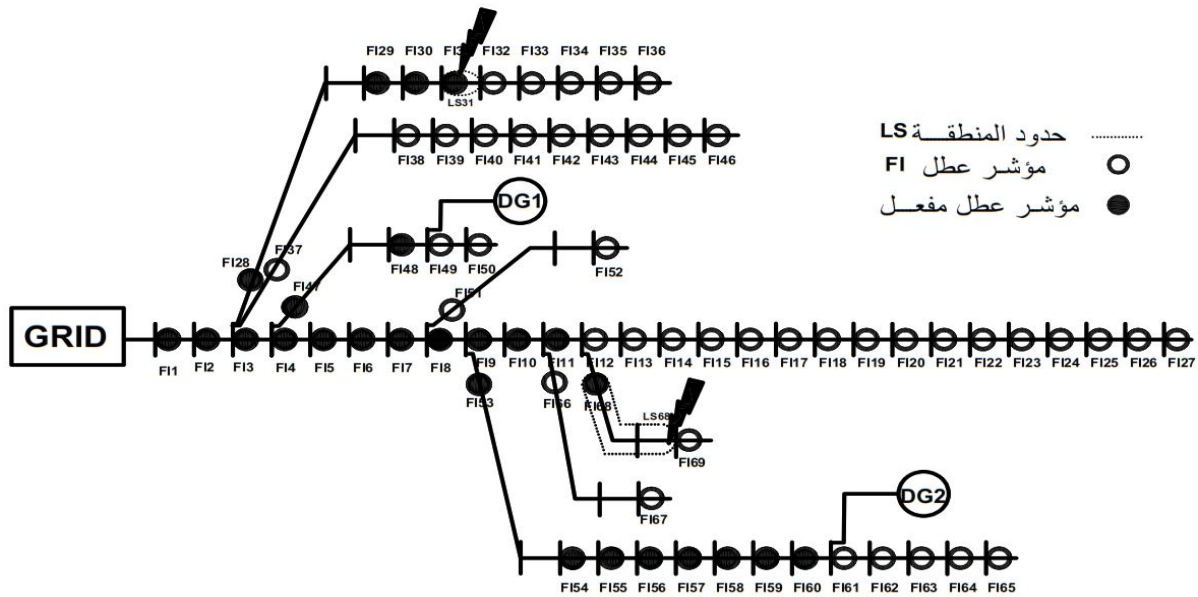
حالة وجود عطلين في الشبكة:

يبين خطأ! لم يتم العثور على مصدر المرجع.) حالة وجود عطلين في الشبكة عند الجزأين LS_{31} ، LS_{68} ، يبين الشكل (10) نتائج تطبيق الخوارزمية المقترحة، حيث نلاحظ قيم المصفوفة y التي تشير للمؤشرات التي قد مر بها تيار العطل، قد أعطت قيم (1) عند المؤشرات $FI_{(1 \rightarrow 11)}$ و $FI_{(28 \rightarrow 31)}$ و $FI_{(47 \rightarrow 48)}$ و $FI_{(53 \rightarrow 60)}$ و FI_{68} . كما تم تقدير العطل بالشكل الجيد،

(e) حالة عطل وحيد مع وجود حالة إخفاق Failure وحالة خلل وظيفي Malfunction في عدة مؤشرات أعطال: يبين خطأ! لم يتم العثور على مصدر المرجع.)، حالة عطل على LS_{31} مع فشل المؤشرات $FI_{(53 \rightarrow 59)}$ ، و FI_{28} ، في



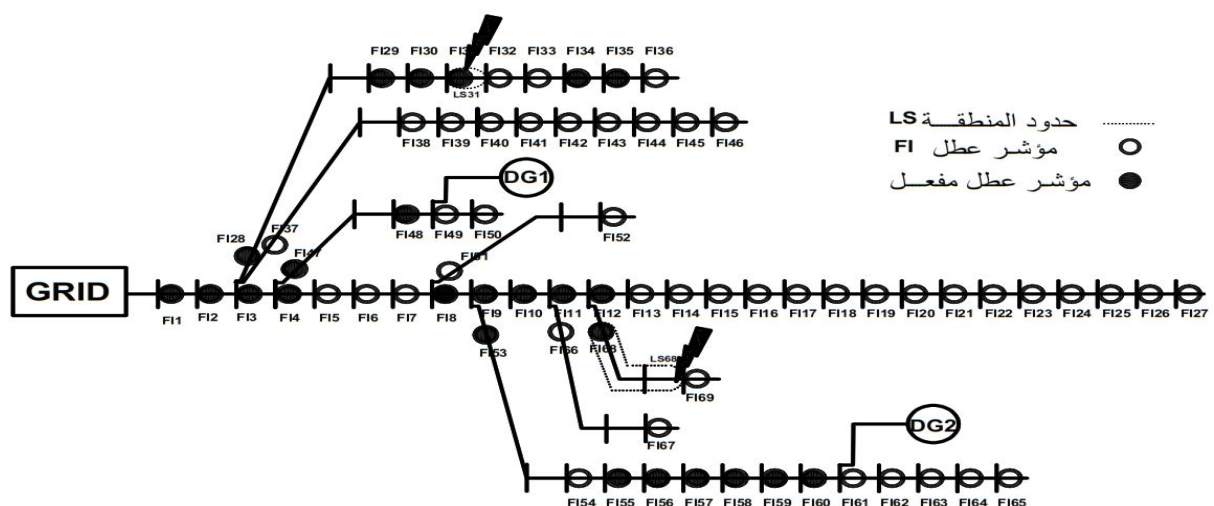
الشكل (6) حالة عطل في LS_{31} ، وفشل في المؤشرات $FI_{17,18}$ و FI_{28} و $FI_{(53 \rightarrow 59)}$



الشكل (12) حالة وجود عطلين في LS_{31} ، LS_{68}

عند تطبيق الخوارزمية المقترحة، تم تقدير العطل بالشكل الجيد كما يبينه الشكل (2011) حيث أعطت المصفوفة y قيمة (1) للمؤشرات على طول مسار تيار العطل $FI_{(1 \rightarrow 11)}$ و $FI_{(28 \rightarrow 31)}$ و $FI_{(47 \rightarrow 48)}$ و $FI_{(53 \rightarrow 60)}$ و FI_{68} ، على الرغم من اختلاف هذه المصفوفة عن المصفوفة y_0 المعبرة عن الإشارات الحقيقية مع وجود أخطاء، بالإضافة لتحديد المؤشرات ذات الإشارة الخاطئة، حيث نلاحظ من مصفوفة f

(f) حالة وجود عطلين في الشبكة مع وجود عدة حالات إخفاق Failure وخلل وظيفي Malfunction لبعض مؤشرات الأعطال:
يبين خطأ! لم يتم العثور على مصدر المرجع. (13) حالة وجود أكثر من عطل في الشبكة، عند الجزأين LS31, LS68، ووجود أخطاء في المؤشرات عند المؤشرات $FI_{(5 \rightarrow 7)}$ ، FI_{54} بحالة إخفاق Failure وحالة فشل عند المؤشرات FI_{12} ، FI_{34} ، FI_{35} بحالة خلل وظيفي malfunction أي وجود ما يعادل 7 إشارات خاطئة وهو ما تم تبيانها في التابع الهدف في الشكل (11) حيث نجد أن $obj\ fun = 7$.



الشكل (13) حالة وجود عطلين في LS_{31} ، LS_{68} ، مع وجود عدة حالات فشل في عدة مؤشرات أعطال.

يبين خطأ! لم يتم العثور على مصدر المرجع. (حالة وجود أكثر من عطل في الشبكة، عند الجزأين LS31, LS68، ووجود أخطاء في المؤشرات عند المؤشرات $FI_{(5 \rightarrow 7)}$ ، FI_{54} بحالة إخفاق Failure وحالة فشل عند المؤشرات FI_{12} ، FI_{34} ،

(g) حالة وجود عطلين في الشبكة مع وجود عدة حالات إخفاق Failure وخلل وظيفي Malfunction لبعض مؤشرات الأعطال:

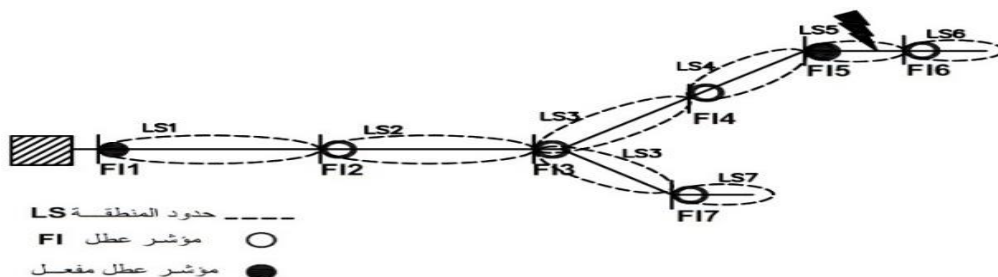
FI_{35} بحالة خلل وظيفي malfunction أي وجود ما يعادل 7 إشارات خاطئة وهو ما تم تبيانها في التابع الهدف في الشكل (11) حيث نجد أن $obj\ fun = 7$.

عند تطبيق الخوارزمية المقترحة، تم تقدير العطل بالشكل الجيد كما يبينه الشكل (11) حيث أعطت المصفوفة y قيمة (1) للمؤشرات على طول مسار تيار العطل $FI(1 \rightarrow 11)$ و $FI(28 \rightarrow 31)$ و $FI(47 \rightarrow 48)$ و $FI(53 \rightarrow 60)$ و FI_{68} ، على الرغم من اختلاف هذه المصفوفة عن المصفوفة y_0 المعبرة عن الإشارات الحقيقية مع وجود أخطاء، بالإضافة لتحديد المؤشرات ذات الإشارة الخاطئة، حيث نلاحظ من مصفوفة f المعبرة عن المؤشرات التي تعرضت لحالة إخفاق Failure قد أعطت قيمة 1 عند كل من FI_{54} و $FI(3 \rightarrow 5)$ ، ونلاحظ من المصفوفة m المعبرة عن المؤشرات التي تعرضت لحالة خلل وظيفي Malfunction، قد أعطت قيمة 1 عند كل من FI_{12} و FI_{34}

ولكن فشلت مؤشرات الأعطال $FI_{(3 \rightarrow 5)}$ بإعطاء إشارة عطل وهي حالات إخفاق Failure، وهي 3 إشارات خاطئة، وبما أن التابع الهدف هو تقليل الإشارات الخاطئة، بالتالي فإن الخوارزمية ستعتبر أن العطل قد حدث في LS_1 وأن FI_5 فشل بإعطاء إشارة العطل وتعرض لحالة خلل وظيفي Malfunction.

أيضا فإن هذه الخوارزمية غير قادرة على تحديد مكان العطل بشكل صحيح في حال كان العطل في خط يصل بين أحد وحدات التوليد الموزع والشبكة العامة

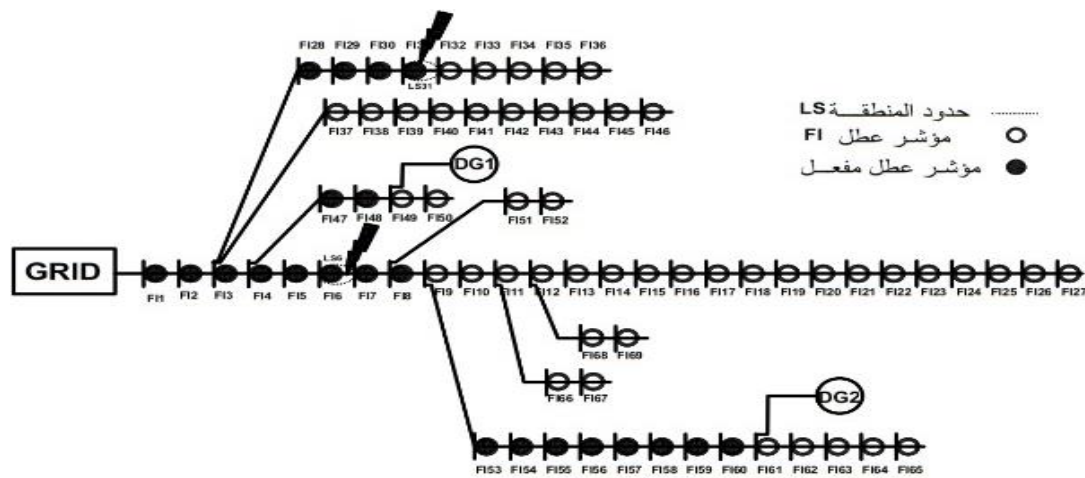
من خلال ما تم شرحه، يتبين اعتماد هذه الطريقة على تطبيق مسألة أمثلة خطية، على البيانات التي قد تم جمعها من مؤشرات الأعطال فقط، نتيجة لذلك يلعب عدد المؤشرات التي تخضع لحالة خلل وظيفي Malfunction أو إخفاق Failure دورا كبيرا في تحديد مكان العطل، وستفقد الخوارزمية قدرتها على تحديد مكان العطل، في حال كانت مؤشرات الأعطال التي فشلت بتقدير تيار العطل أكبر من المؤشرات التي تعمل بشكلها الصحيح، فعلى سبيل المثال الشبكة المبينة في خطأ! لم يتم العثور على مصدر المرجع.)، حدث عطل في LS_5 ،



الشكل (14) حالة عطل في LS_5 ، وعدد المؤشرات التي فشلت في إعطاء إشارة عطل أكثر من عدد المؤشرات التي قد عملت بشكل صحيح

يتبين أن مصفوفة مكان الأعطال x قد أعطت 1 عند كل من LS_{31} و LS_3 وهذا تقدير خاطئ، نتج هذا التقدير الخاطئ، لأن أي عطل في أحد الأجزاء الواصلة بين الشبكة العامة ووحدة التوليد الموزع $LS_{1 \rightarrow 8}$ و $LS_{53 \rightarrow 60}$ ، سيؤدي إلى تفعيل نفس مؤشرات الأعطال أي من $FI_{(1 \rightarrow 8)}$ و $FI_{(53 \rightarrow 60)}$ ، وذلك بسبب تدفق تيار العطل بالاتجاهين، لذلك نتجه في الدراسة القادمة لإضافة عنصر اتجاهي لمؤشرات الأعطال من أجل تقادي هذه الأخطاء.

فعلى سبيل المثال الأعطال المبينة في خطأ! لم يتم العثور على مصدر المرجع. (15) عطل في LS_{31} ، يحدد بشكل دقيق عن طريق الخوارزمية، وعطل في LS_6 وهو على الطريق الواصل بين وحدة التوليد الموزع والشبكة العامة، عند تطبيق الخوارزمية في هذه الحالة تعطي النتائج المبينة في الشكل (2112)، حيث

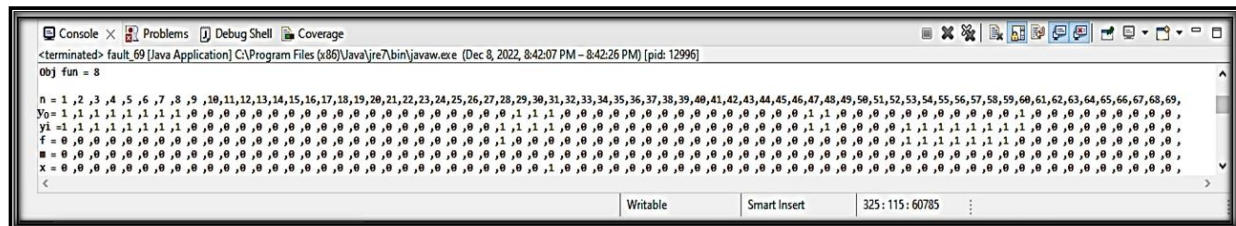


الشكل (7) حدوث عطلين، في LS_6 و LS_{31}

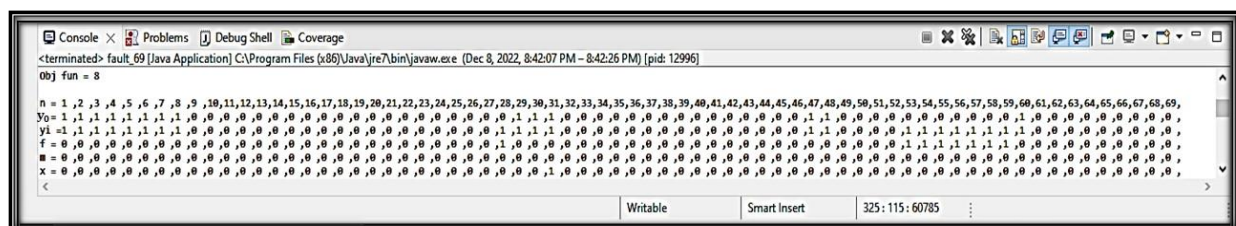
8. الخاتمة Conclusion:

بوجود عطل مع عدة حالات فشل في عمل مؤشرات الأعطال بحالتي الإخفاق في العمل Failure والخلل الوظيفي Malfunction، بالإضافة لتطبيقها على الشبكة العامة بحالة عطلين مع وجود عدة حالات فشل في عمل مؤشرات الأعطال، وقد أعطت نتائج جيدة في تحديد مكان العطل في مختلف السيناريوهات المطروحة. يتم البحث والدراسة حالياً على تعديل الطريقة المدروسة، بإضافة عنصر اتجاهي لمؤشرات الأعطال من أجل حل مشكلات تحديد مكان العطل في الخط الواصل بين أحد وحدات التوليد الموزع والشبكة العامة، ثم العمل على إنجاز نمذجة للشبكة المدروسة مع إيجاد نموذج لمؤشر حدوث العطل، ضمن بيئة الماتلاب Simulink، ثم تطبيق الخوارزمية عند عدة سيناريوهات للأعطال.

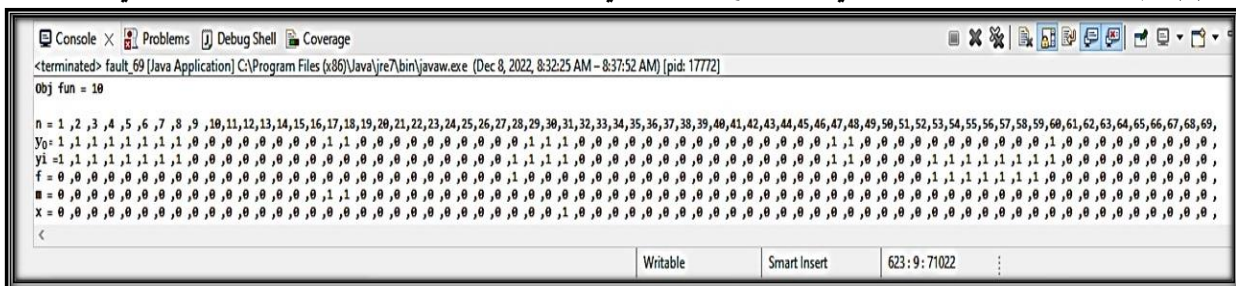
قدمت هذه الدراسة طريقة جديدة آلية لتحديد مكان الأعطال في شبكات التوزيع الكهربائية بوجود وحدات توليد موزع فيها، حيث تم شرح أنواع وأشكال وتطبيقات مؤشرات الأعطال المستخدمة في شبكات التوزيع، ثم إعطاء فكرة عامة عن بيئة الأمثلة CPLEX واستخداماتها في حل مسائل الأمثلة الخطية، ثم تم شرح آلية بناء مسألة الأمثلة بدايةً بتحديد التابع الهدف بتصغير قيم الإشارات الخاطئة، ثم تحديد قيود مسألة الأمثلة. تم تطبيق الخوارزمية المقترحة، باستخدام الأمثلة الخطية، وبالاعتماد على مصفوفة دخل وحيدة y ، على شبكة IEEE-69-BUS تحوي على 7 فروع، ووحدتي توليد موزع مربوطة عند العقد 61 و 49، بتوتر 12.66 KV، وقد تم عرض عدة سيناريوهات للأعطال، تتضمن حالة عمل نظامية بوجود عطل واحد في الشبكة أو أكثر، ثم تم تطبيق الطريقة على الشبكة



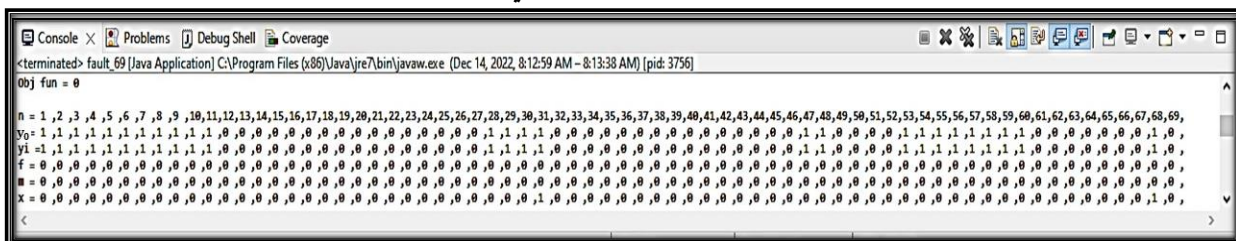
الشكل (16) قيم مصفوفات المتغيرات لعطل وحيد في LS_{31} ، مع وجود فشل في عدة مؤشرات أعطال، والنتيجة عن تطبيق الخوارزمية في بيئة CPLEX



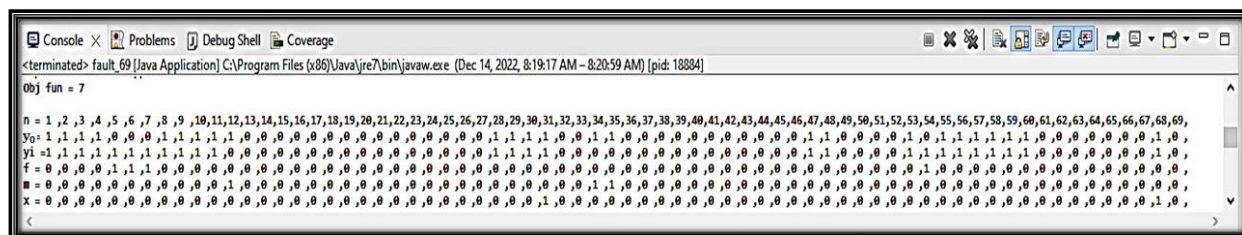
الشكل (8) قيم مصفوفات المتغيرات لعطل وحيد في LS_{31} ، مع وجود فشل في عدة مؤشرات أعطال، والنتيجة عن تطبيق الخوارزمية في بيئة CPLEX



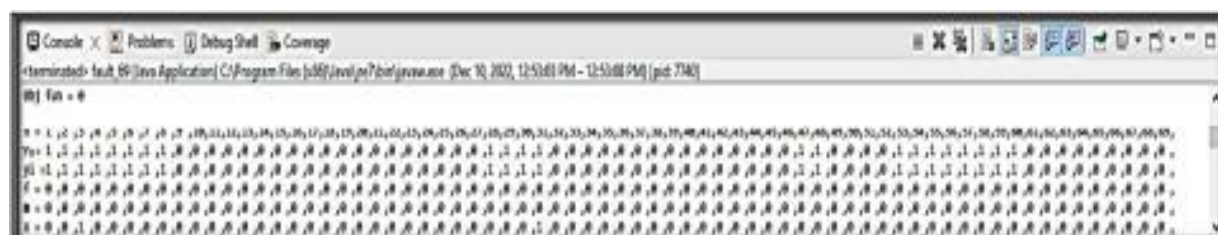
الشكل (9) قيم مصفوفات المتغيرات لعطل وحيد في LS_{31} ، مع وجود إخفاق في العمل Failure و خلل وظيفي Malfuction في عدة مؤشرات أعطال، والنتيجة عن تطبيق الخوارزمية في بيئة CPLEX



الشكل (10) قيم مصفوفات المتغيرات لعطلين في LS_{31} ، LS_{68} ، والنتيجة عن تطبيق الخوارزمية في بيئة CPLEX



الشكل (11) قيم مصفوفات المتغيرات لعطلين في LS_{31} ، LS_{68} مع وجود إخفاق في العمل Failure و خلل وظيفي Malfunction في عدة مؤشرات أعطال، والنتيجة عن تطبيق الخوارزمية في بيئة CPLEX



الشكل (12) قيم مصفوفات المتغيرات لعطلين، في LS_{31} و LS_6 والنتيجة عن تطبيق الخوارزمية في بيئة CPLE

التمويل: هذا البحث ممول من جامعة دمشق وفق رقم التمويل (501100020595).

Fault Location Methods For Power Distribution Systems. Electric Power Systems Research, 78: 657-666.

[4] U Kezunovic, M. (2011). Smart fault location for smart grids. IEEE transactions on smart grid, 2(1), 11-22.

[5] Pérez, R., & Vásquez, C. (2016, October). Fault location in distribution systems with distributed generation using support vector machines and smart meters. In 2016 IEEE Ecuador Technical Chapters Meeting (ETCM) (pp. 1-6).

[6] A. Girgis and S. Brahma, "Effect of distributed generation on protective device coordination in distribution system," In Proc. of 2001 Large

9. References:

[1] U.S. Department of Energy. Economic Benefits of Increasing Electric Grid Resilience to Weather Outages. Available online:

http://energy.gov/sites/prod/files/2013/08/f2/Grid%20Resiliency%20Report_FINAL.pdf

[2] CNN. "Hurricanes Irma and Harvey have racked up billions in damages. Who pays?" Available online: Hurricanes Irma and Harvey have racked up billions in damages. Who pays? (cnn.com).

[3] Mora-Flórez, J., J. Meléndez and G. Ca rrillo-Caicedo. (2008): Comparison Of Impedance Based

- [15] Postolache, O., Pereira, J. D., Cretu, M., & Girão, P. S. (1998, May). An ANN fault detection procedure applied in virtual measurement systems case. In IMTC/98 Conference Proceedings. IEEE Instrumentation and Measurement Technology Conference. Where Instrumentation is Going (Cat. No. 98CH36222) (Vol. 1, pp. 257-260). IEEE.
- [16] Usman, M. U., Ospina, J., & Faruque, M. O. (2018, August). Fault classification and location identification in a smart distribution network using ANN. In 2018 IEEE power & energy society general meeting (PESGM) (pp. 1-6). IEEE.
- [17] Agrawal, R., & Thukaram, D. (2013, February). Identification of fault location in power distribution system with distributed generation using support vector machines. In 2013 IEEE PES Innovative Smart Grid Technologies Conference (ISGT) (pp. 1-6). IEEE.
- [18] Thukaram, D., Khincha, H. P., & Vijaynarasimha, H. P. (2005). Artificial neural network and support vector machine approach for locating faults in radial distribution systems. IEEE transactions on power delivery, 20(2), 710-721.
- [19] Menchafou, Y., El Markhi, H., Zahri, M., & Habibi, M. (2015, December). Impact of distributed generation integration in electric power distribution systems on fault location methods. In 2015 3rd International Renewable and Sustainable Energy Conference (IRSEC) (pp. 1-5). IEEE.
- [20] Fazanehrafat, A., Javadian, S. A. M., Bathaee, S. M. T., & Haghifam, M. R. (2008). Maintaining the recloser-fuse coordination in distribution systems in presence of DG by determining DG's size.
- [21] Awalin, L. J., Mokhlis, H., & Bakar, A. A. (2012). Recent developments in fault location methods for distribution networks. Przegląd Elektrotechniczny, 88(12 A), 206-212.
- [22] IEEE Guide for the Application of Faulted Circuit Indicators on Distribution Circuits, IEEE Engineering Systems Conference on Power Engineering, Jul. 2001.
- [7] Blaabjerg, F., Yang, Y., Yang, D., & Wang, X. (2017). Distributed power-generation systems and protection. Proceedings of the IEEE, 105(7), 1311-1331.
- [8] Lupangu, C., & Bansal, R. C. (2017). A review of technical issues on the development of solar photovoltaic systems. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 73, 950-965.
- [9] Papaspiliotopoulos, V. A., Korres, G. N., Kleftakis, V. A., & Hatziaargyriou, N. D. (2015). Hardware-in-the-loop design and optimal setting of adaptive protection schemes for distribution systems with distributed generation. IEEE Transactions on Power Delivery, 32(1), 393-400.
- [10] Kauhaniemi, K., & Kumpulainen, L. (2004). Impact of distributed generation on the protection of distribution networks. Eighth IEE International Conference on Developments in Power System Protection.
- [11] Cheung, H., Hamlyn, A., Wang, L., Yang, C., & Cheung, R. (2009, July). Investigations of impacts of distributed generations on feeder protections. In 2009 IEEE Power & Energy Society General Meeting (pp. 1-7). IEEE.
- [12] Eriksson, L., Saha, M. M., & Rockefeller, G. D. (1985). An accurate fault locator with compensation for apparent reactance in the fault resistance resulting from remote-end infeed. IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems, (2), 423-436.
- [13] Lawrence, D. J., Cabeza, L. Z., & Hochberg, L. T. (1992). Development of an advanced transmission line fault location system. II. Algorithm development and simulation. IEEE Transactions on Power Delivery, 7(4), 1972-1983.
- [14] Aslan, Y., & Aggarwal, R. K. (2008). Analysis of shunt faults in the laterals of overhead power distribution feeders using superimposed components. Electrical Engineering, 90(4), 255-264.

Std. 1610-2016 (Revision of IEEE Std 1610- 2007), 2017, pp. 1-26.

الجدول (2) كميات الأحمال للشبكة المبينة في الشكل (7) المكونة من 69 عقد

Bus No.	P (KW)	Q (KVAR)	Bus No.	P (KW)	Q (KVAR)
6	2.60	2.20	37	26.00	18.55
7	40.40	30.00	39	24.00	17.00
8	75.00	54.00	40	24.00	17.00
9	30.00	22.00	41	1.20	1.00
10	28.00	19.00	43	6.00	4.30
11	145.00	104.00	45	39.22	26.30
12	145.00	104.00	46	39.22	26.30
13	8.00	5.00	48	79.00	56.40
14	8.00	5.50	49	384.70	274.50
16	45.50	30.00	50	384.70	274.50
17	60.00	35.00	51	40.50	28.30
18	60.00	35.00	52	3.60	2.70
20	1.00	0.60	53	4.35	3.50
21	114.00	81.00	54	26.40	19.00
22	5.00	3.50	55	24.00	17.20
24	28.00	20.00	59	100.00	72.00
26	14.00	10.00	61	1,244.00	888.00
27	14.00	10.00	62	32.00	23.00
28	26.00	18.60	64	227.00	162.00
29	26.00	18.60	65	59.00	42.00
33	14.00	10.00	66	18.00	13.00
34	19.50	14.00	67	18.00	13.00
35	6.00	4.00	68	28.00	20.00
36	26.00	18.55	69	28.00	20.00

الجدول (3) محددات الخطوط للشبكة المبينة في الشكل (7) المكونة من 69 عقد

رقم الخط	عقدة البداية	عقدة النهاية	المقاومة R(Ω)	المفاعلة X(Ω)
1	1	2	0.0005	0.0012
2	2	3	0.0005	0.0012
3	3	4	0.0015	0.0036
4	4	5	0.0251	0.0294
5	5	6	0.3660	0.1864
6	6	7	0.3811	0.1941
7	7	8	0.0922	0.0470
8	8	9	0.0493	0.0251
9	9	10	0.8190	0.2707
10	10	11	0.1872	0.0619
11	11	12	0.7114	0.2351
12	12	13	1.0300	0.3400
13	13	14	1.0440	0.3450

[23] Four-Faith Smart Power, JJZ-FF Overhead Line Fault Indicator. Retrieved 23/8/2022,from: <https://en.four-faith.net/Overhead-Line-Fault-Indicator/Overhead-Line-Fault-Indicator.html#Characteristic>.

[24] Jiang, Y., Liu, C. C., Diedesch, M., Lee, E., & Srivastava, A. K. (2015). Outage management of distribution systems incorporating information from smart meters. IEEE Transactions on power systems, 31(5), 4144-4154.

[25] Jiang, Y., Liu, C. C., & Xu, Y. (2016). Smart distribution systems. Energies, 9(4), 297.

[26] CPLEX. Retrieved 28/8/2022,from: <https://en.wikipedia.org/wiki/CPLEX>.

[27] Jiang, Y. (2019). Toward detection of distribution system faulted line sections in real time: A mixed integer linear programming approach. IEEE Transactions on Power Delivery, 34(3), 1039-1048.

[28] العينية، ندى، صالحة، فؤاد، الحزوري، مصطفى. كشف وتحديد مكان العطل في شبكات التوزيع الكهربائية المزودة بمؤشرات حدوث الأعطال باستخدام تقنية الأمثلة الخطية. مجلة جامعة دمشق للعلوم الهندسية. مُنح قبول النشر في (2022/09/20).

العينية، صالحة والحزوريالموزع تحديد مكان العطل في نظم التوزيع الكهربائية بوجود التوليد الكهربائي

42	42	43	0.0410	0.0478
43	43	44	0.0092	0.0116
44	44	45	0.1089	0.1373
45	45	46	0.0009	0.0012
46	4	47	0.0034	0.0084
47	47	47	0.0851	0.2083
48	48	49	0.2898	0.7091
49	49	50	0.0822	0.2011
80	8	51	0.0928	0.0473
51	51	52	0.3319	0.1114
52	9	53	0.1740	0.0886
53	53	54	0.2030	0.1034
54	54	55	0.2842	0.1447
55	55	56	0.2813	0.1433
56	56	57	1.5900	0.5337
57	57	58	0.7837	0.2630
58	58	59	0.3042	0.1006
59	59	60	0.3861	0.1172
60	60	61	0.5075	0.2585
61	61	62	0.0974	0.0496
62	62	63	0.1450	0.0738
63	63	64	0.7105	0.3619
64	64	65	1.0410	0.5302
65	11	66	0.2012	0.0611
66	66	67	0.0047	0.0014
67	12	68	0.7394	0.2444
68	68	69	0.0047	0.0016

14	14	15	1.0580	0.3496
15	15	16	0.1966	0.0650
16	16	17	0.3744	0.1238
17	17	18	0.0047	0.0016
18	18	19	0.3274	0.1083
19	19	20	0.2106	0.0690
20	20	21	0.3416	0.1129
21	21	22	0.0140	0.0046
22	22	23	0.1591	0.0526
23	23	24	0.3463	0.1145
24	24	25	0.7488	0.2475
25	25	26	0.3089	0.1021
26	26	27	0.1732	0.0572
27	3	28	0.0044	0.0108
28	28	29	0.0640	0.1565
29	29	30	0.3978	0.1315
30	30	31	0.0702	0.0232
31	31	32	0.3510	0.1160
32	32	33	0.8390	0.2816
33	33	34	1.7080	0.5646
34	34	35	1.4740	0.4873
35	3	36	0.0044	0.0108
36	36	37	0.0640	0.1565
37	37	38	0.1053	0.1230
38	38	39	0.0304	0.0355
39	39	40	0.0018	0.0021
40	40	41	0.7283	0.8509
41	41	42	0.3100	0.3623