مجلة جامعة دمشق للعلوم الهندسية
المجلد41 العدد (3) – 2025: 173-185

Damascus University Journal for engineering sciences
Vo 41 number (3) -2025: 173-185

التأهيل الذاتي لشبكة IEEE-9bus باستخدام حماية التيار ذات الخواص الزمنية العكسية في بيئة Simulink/Matlab

عبير أحمد زين*[1] رائد محمد الشرع[2] غيث هاشم ورقوزق[3]

*[1]. طالبة دراسات عليا (دكتوراه)، مهندسة – كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية – قسم هندسة الطاقة الكهربائية – جامعة دمشق – دمشق – سورية
(معرف أوركيد https://orcid.org/0000-0003-4330-1113).

[2]. استاذ مساعد، دكتور، مهندس، قسم هندسة الطاقة الكهربائية – كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية – جامعة دمشق – دمشق – سورية
(معرف أوركيد https://orcid.org/0000-0002-4376-1868).

[3]. استاذ مساعد، دكتور، مهندس، قسم هندسة الطاقة الكهربائية – كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية – جامعة دمشق – دمشق – سورية
(Orchid ID https://orcid.org/0000-0003-4548-6131)

الملخص:

نتيجة تزايد الطلب على الكهرباء بشكل مطرد، والهيكل الحالي للشبكات الكهربائية الخاضع للتحكم المركزي غير المناسب لتلبية متطلبات الطاقة المعقدة الحديثة، تظهر مفاهيم مثل الشبكات الصغيرة والشبكات الذكية وأنظمة الطاقة متعددة المصادر ومحطات الطاقة الافتراضية جنبًا إلى جنب مع مفاهيم جديدة مثل نظام الوكلاء المتعددين MAS (Multi Agents System) وإنترنت الأشياء والتأهيل الذاتي. حيث يتم نقل شبكة الطاقة الكهربائية لدينا إلى نظام إدارة طاقة أكثر لامركزية وذو كفاءة عالية[4] .

إن القدرة على تحمل العطل من أهم خصائص الشبكات الكهربائية حيث يضمن التأهيل الذاتي لها المرونة والتحكم السريع، يعتمد التأهيل الذاتي الذي سنتطرق له في هذه المقالة على استخدام مبدأ التجزر باستخدام حماية التيار ذات الخواص الزمنية القادرة على صنع القرار بفصل الجزء المعطل وتغيير مسارات التيار ضمن شبكة IEEE-9bus بهدف استمرار تغذية الأحمال رغم وجود العطل.

سيتم من خلال هذه المقالة دراسة سلوك حماية التيار ذات الخواص الزمنية العكسية وأثر التنسيق فيما بينها على استمرارية تغذية الأحمال ليتم استخدامها لاحقاً ضمن مفهوم الوكلاء المتعدد على نموذج لشبكة IEEE-9bus ودراسة قدرة هذا البرنامج على حمايتها بوجود عطل عند أحد قضبان تجميع الشبكة بعد بنائها ضمن بيئة Matlab.

الكلمات المفتاحية: التأهيل الذاتي، التجزر، حماية التيار.

تاريخ الايداع: 2023/2/12
تاريخ القبول: 2023/4/24

حقوق النشر: جامعة دمشق – سورية، يحتفظ المؤلفون بحقوق النشر بموجب **CC BY-NC-SA**

ISSN (online): 2789-6854
http://journal.damascusuniversity.edu.sy/index.php/index/index

IEEE-9bus network self-healing using inverse time-characteristic current protection in a Simulink/Matlab environment

Abeer Ahmad zein*[1] Raed Mohammad Alcharea[2] Ghaith Hashem Warkozek[3]

*[1]. Postgraduate Student, Eng Department of Electrical Power Engineering, Faculty of Mechanical and Electrical Engineering, Damascus University, Damascus, Syria

.(Orchid ID https://orcid.org/0000-0003-4330-1113)

[2]. Associate Professor, Dr, Department of Electrical Power Engineering, Faculty of Mechanical and Electrical Engineering, Damascus University, Damascus, Syria.

(https://orcid.org/0000-0002-4376-1868 معرف أوركيد)

[3]. Associate Professor, Dr, Department of Electrical Power Engineering, Faculty of Mechanical and Electrical Engineering, Damascus University, Damascus, Syria.

(Orchid ID https://orcid.org/0000-0003-4548-6131)

Received: 12/2/2023
Accepted: 24/4/2023

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

Abstract:

As a result of the steadily increasing demand for electricity, and the current structure of electric grids under centralized control not suitable to meet the complex energy demands, concepts such as micro grids, smart grids, multi-source power systems and virtual power stations are emerging along with new concepts such as the Multi-Agent System (MAS) and the Internet of Things and self-healing. Our electric power grid is being transferred to a more decentralized and highly efficient energy management system [4].

The ability to fault tolerant is one of the most important characteristics of electrical networks, as it gives self-healing for flexibility and rapid control. The self-healing that we will present in this article depends on the use of the principle of islanding by using inverse definite over current relay that can make decision by separating the faulty part and changing current paths within a network IEEE-9bus with the aim of continuing to feed the loads despite the fault.

This article will explain the work of current protection and the effect of coordination between it on feeding loads, then it will be applied to a model of the IEEE-9bus network and study the ability of this device to protect it in the event of a fault at one of the network nodes after building it within the Matlab environment

Keywords: self-Healing, islanding, current protection.

المقدمة: Introduction

تبين هذه المقالة أهمية التنسيق بين حمايات التيار الزائد الموزعة على خطوط النقل بهدف فصل المنطقة التي تحوي العطل مع استمرارية التغذية لباقي الشبكة بموثوقية عالية وبالتالي تساعد في تخفيف الضياعات الكبيرة الناتجة عن خروجها عن الخدمة.

من أهم المواصفات الواجب توافرها للحصول على أداء جيد للحاكمة تحسين الموثوقية، ومواجهة العطل ومنع الاضطرابات من الانتشار عبر الشبكة الكهربائية عبر استخدام مجموعة حواكم مختلفة لعزل الجهاز أو جزء من الشبكة خلال العطل[2][3] .

درس Salman Rezaei أثر إضافة التوليد الموزع على شبكة 230kV، وكيفية تنسيق الحمايات لتفادي فشل الكشف عن العطل[11] .

درس Liu, H; Chen, X; Yu, K; Hou, Y التأهيل الذاتي باستخدام نظرية الوكلاء المتعددين وتم إدراج دراسة حالة عن شبكة تتألف من ثلاث محطات وكان العطل على محول دخل أحد الأحمال حيث تم التأهيل الذاتي لدى الباحثين عن طريق فصل المحولة وتغذية الحمل من مسار آخر[6] .

ستتم مناقشة التأهيل الذاتي لنموذج IEEE-9bus من الشبكة الكهربائية باستخدام جهاز حماية تيار زائد ذات خواص زمنية عكسية حيث تعتبر المكون الأكثر استخداماً لحماية انظمة الطاقة من التأثيرات الضارة للأعطال[1] ، حيث تؤكد نتائج البرنامج الحاسوبي في ورقتنا البحثية على أهمية التنسيق بين الحمايات على استمرارية تغذية الأحمال. تم التوصل إلى استمرارية تغذية الحمل بنفس قيمه قبل حدوث العطل.

1- هدف البحث: Research objective

يتناول البحث دراسة سلوك حماية التيار ذات الخواص الزمنية العكسية وأثر التنسيق فيما بينها على استمرارية تغذية الأحمال.

2- مواد وطرائق البحث:

تم في هذا البحث استخدام طريقة النمذجة والمحاكاة لشبكة IEEE-9bus كما استخدمنا حماية تيار زائد ذات خواص زمنية عكسية عند بداية ونهاية كل خط نقل.

ومن أجل التأكد من تحقيق هدف البحث بدقة، تم بناء الدارة باستخدام برنامج محاكاة MATLAB/SIMULINK الأمر الذي يساعد على توضيح ميزات وسلبيات هذا البرنامج في حالة دراسة التأهيل الذاتي لشبكة مصغرة وتبيان قدرته على معالجة العطل ومقارنة نتائجنا مع أحد المراجع الذي استخدم برنامج Etap.

3- الدراسة النظرية:Theoretical study

3-1 حماية التيار الزائد: over current relay

تستخدم هذه الحماية بشكل كبير في نظم القدرة الكهربائية، وتعمل عند ازدياد قيمة التيار المار في عناصر الشبكة نتيجة لظهور قصر أو زيادة الحمولة الكهربائية[13] .

تعد هذه الحماية حماية بسيطة لاعتمادها على كمية كهربائية واحدة لكي تعمل ولكنها غير انتقائية أي أن زيادة التيار التي تنتج بسبب قصر دارة ما خارج المنطقة المحمية يؤدي إلى تشغيلها لذلك يضاف للحماية عناصر أخرى تؤمن الانتقائية مثل الحاكمات الزمنية[13] .

تقسم حسب الحاكمات الزمنية إلى:

أ. حاكمة التيار الزائد اللحظية.

ب. ذات خواص زمنية محددة.

ت. ذات خواص زمنية عكسية[1] .

ISSN (online): 2789-6854
http://journal.damascusuniversity.edu.sy/index.php/index/index

3-2 عمل حماية التيار الزائد:
over current relay working principle

يعتمد على مجموعة من حواكم التيار تعمل عندما تزداد قيمة التيار في الدارة المحمية عن القيمة الحدية المعير عليها الحاكمة ويسمى تيار إقلاع الحماية I_{pp} وفق العلاقة:

$$I_{pr}=\frac{I_{pp}}{n_{ct}} \qquad (3)$$

حيث:

n_{ct}: هي نسبة التحويل لمحولات التيار التي تغذي حاكمة التيار[13] .

I_{pr}: هو تيار ثانوي محول التيار كما تراه الحاكمة

تعمل الحاكمة عندما: $I>I_{pr}$ حيث I: هو تيار دخل الحاكمة حتى لا تعمل في حالة العمل الطبيعي يجب أن يكون تيار إقلاع الحماية أكبر من تيار الحمل الأعظمي[13] :

$$I_{pp}>I_{nom}$$
$$I_{pp}>I_{max} \qquad (4)$$

من المهم جدا تحديد إعدادات هذه الحماية بشكل دقيق حيث تؤدي الإعدادات الخاطئة إلى التحسس لعطل في حال عدم وجوده أو المرور بعطل دون التحسس له[1] .

4-2- مبدأ عمل حماية التيار الزائد ذات الخواص الزمنية العكسية:

Inverse definite over current relay working principle

يعتمد هذا النوع من الحمايات على زمن التشغيل العكسي للحاكم [1] أي أن قيمة تيار العمل للحاكمة تتناسب عكسا مع تيار عمل الحاكمة، يمكن حساب زمن التشغيل للحاكمة باستخدام المنحنيات المميزة ويمكن حسابها حسب معيار IEC 60255أو BS142 وفقا للمعادلة:

$$T=\frac{C}{(\frac{I}{I_s})^{\alpha}-1}*TMS \qquad (5)$$

حيث:

T: زمن عمل الحاكمة.

C: ثابت يحدد من خصائص الحاكمة.

I_s: تيار التشغيل.

I: تيار دخل الحاكمة.

α : ثابت يحدد الخواص العكسية للزمن[1] .

يوضح الجدول (1) قيم الثوابت السابقة:

الجدول (1) المتغيرات في منحنيات خصائص حماية التيار [1]

Relay characteristic type	α	C
Standard Inverse	0.02	0.14
Very Inverse	1	13.5
Extremely Inverse	2	80
Long Inverse	1	120

4-3- التأهيل الذاتي:Self-Healing

التأهيل الذاتي هو الخاصية التي تمكن النظام من ملاحظة الأعطال وعزلها وإجراء التعديلات اللازمة لإعادة النظام إلى وضعه الطبيعي من خلال (إعادة تكوين – فصل أحمال – التحكم في قوى خرج المولد ...) بدون أي تدخل بشري [6][3].

لتحقيق التأهيل الذاتي يجب أن يحتوي النظام على حساسات – تحكم آلي وبيئة برمجية متطورة تستخدم الزمن الحقيقي في نقل البيانات لتحديد وعزل العطل وإعادة هيكلية الشبكة الموزعة لتقليل انقطاع التيار الكهربائي[7][3] .

أحد الأهداف الأساسية لشبكة التأهيل الذاتي هو تحسين موثوقية النظام ويمكن تحقيق ذلك من خلال إعادة تكوين القواطع وأجهزة إعادة الإغلاق الموجودة في الشبكة لعزل القسم المعطل عن التغذية وإعادة التغذية الكهربائية لأكبر عدد ممكن من الأحمال من مصادر ومغذيات بديلة[6]، تحتاج هذه العملية من الوقت من دقيقة إلى 5 دقائق لإعادة هيكلة الشبكة[12][3] .

وهناك عدة طرق للتأهيل الذاتي:

1. التجزر .Islanding
2. تقنين الأحمال Load shedding.
3. وحدات قياس الطور(PMU)

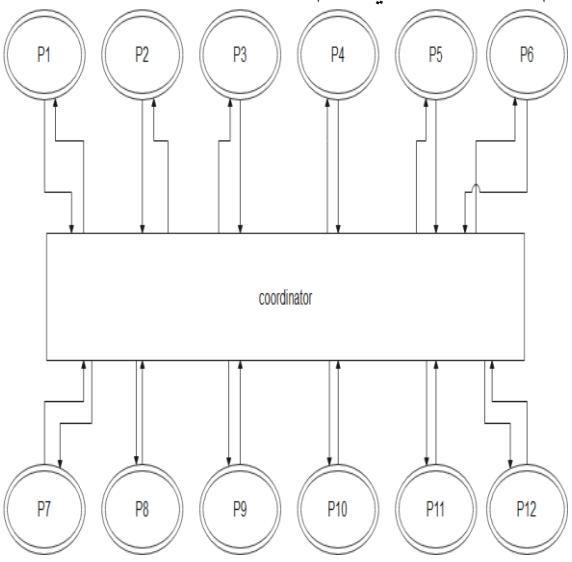
measurement unit phaser: تستخدم هذه الطريقة في الشبكات المتحكم بها في الزمن الحقيقي وهذه الطريقة تكون أكثر سرعة وأمان.

4. حماية الشبكة من الهجوم السيبراني.

5. الغور تمات تحكم باستخدام المنطق العائم[7] .

من أهم الطرق المستخدمة في التأهيل الذاتي خاصية التجزر التي تعتمد على فصل المنطقة المعطلة وتحويل الشبكة الكهربائية إلى مجموعة من الجزر هذه الجزر إما أن تكون قادرة على تلبية الطلب من الطاقة الكهربائية أو موصولة مع جزر أخرى تحتوي التوليد اللازم من أجل ضمان استمرارية الشبكة ريثما تم إصلاح العطل الموجود[7] .

يوضح الشكل (3) مخطط توضيحي للتأهيل الذاتي حيث تتشابك مخرجات الحمايات ضمن المنسق coordinator الذي يقوم بإخراج مصفوفة من 12 محرف تحوي مجموعة أصفار وواحدات (1: القاطع يفتح، 0: القاطع يغلق) الذي سيتم تطبيقه لاحقا في نظام الوكلاء المتعددين.

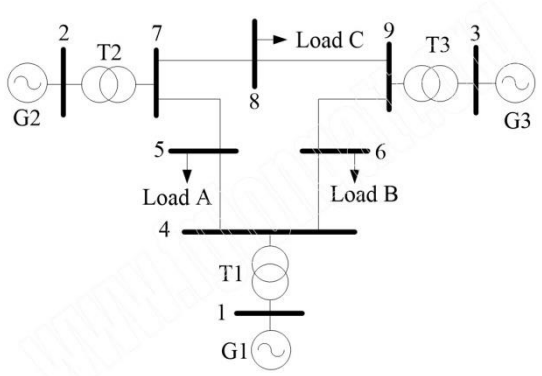


الشكل (3) مخطط توضيحي لمبدأ التأهيل الذاتي

5- الجزء العملي:The practical part

5-1- مكونات الشبكة:

تم بناء شبكة IEEE-9busحيث يوضح الشكل (4) مخطط الخط الواحد لها.



الشكل (4) منحني الخط الواحد لشبكة IEEE-9 bus.[9]

وتتألف من:

1- محطات التوليد:

لدينا في شبكة IEEE-9busثلاث محطات توليد تم ربطها على قضبان التجميع (1-2-3) بتوترات مختلفة (16.5-18- 13.8) على التوالي كما يبين الجدول (2).

الجدول (2) محددات محطات التوليد[5]

Qmax Mvar	Qmin Mvar	P MW	V (KV)	Bus Type	Bus ID
0	0	---	24	Slack	1
inf	inf	270	18	voltage	2
inf	inf	125	15.5	voltage	3

2- محطات التحويل:

تحتوي الشبكة المدروسة ثلاث محولات تقوم برفع توتر محطات التوليد إلى 230KV، يبين الجدول (3) محددات هذه المحولات.

الجدول (3) محددات محطات التحويل[5]

S (MVA)	Voltage (KV)	to	From
100	124/230	Bus4	Bus1
100	18/230	Bus7	Bus2
100	15.5/230	Bus9	Bus3

3- خطوط النقل:

تتضمن هذه الشبكة ستة خطوط نقل تربط قضبان التجميع فيما بينها كما تقوم على نقل الطاقة الكهربائية للأحمال عند توتر 230KV يبين الجدول (4) محددات خطوط النقل.

الجدول (4) محددات خطوط النقل[5]

C_0 nF	C_1 nF	L_0 mH	L_1 mH	R_0 mΩ	R mΩ	Length (Km)	line
5.89	9.81	3.9	1.3	588	59	89.93	4-5
4.88	8.14	3.9	1.3	924	93	97.336	4-6
5.41	9.01	3.9	1.3	994	99.4	170.34	5-7
5.99	9.98	3.9	1.3	115	115	179.86	9-6
5.89	9.81	3.9	1.3	590	59	76.176	7-8
5.9	9.83	3.9	1.3	106	59	106.65	9-8

4- الاحمال:

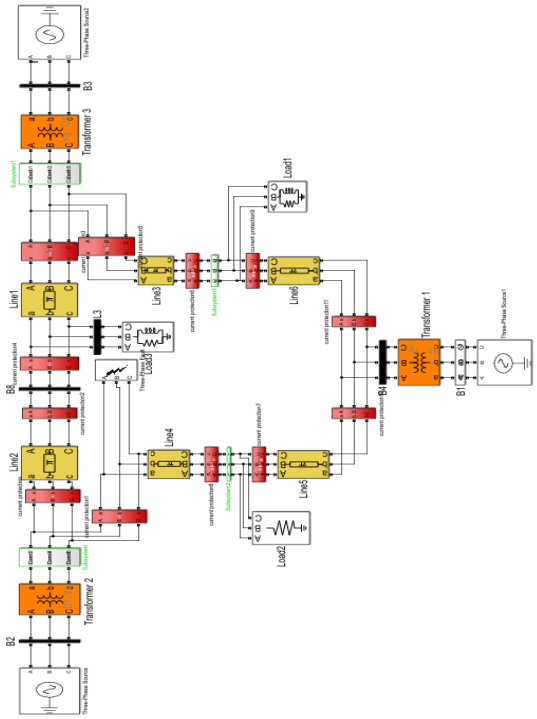
يتم تغذية ثلاثة أحمال من خلال الشبكة المدروسة مربوطة على قضبان التجميع (5-6-8) عند توتر 230KVهذه الأحمال تمثل ثلاث وكلاء مستهلكين، كما يبين الجدول (5) محددات هذه الأحمال.

الجدول (5) محددات الأحمال[5]

P(MW)	Q(MVAR)	Bus ID
125	50	5
90	30	6
100	35	8

5-2- التأهيل الذاتي:

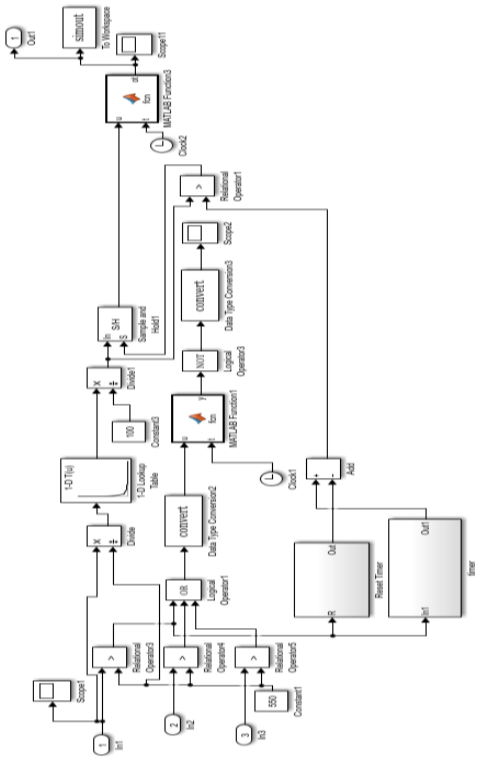
قمنا ببناء هذه الشبكة باستخدام برنامج MATLAB لدراسة أداء جهاز الحماية وتوضيح مبدأ عمله القائم على حماية الشبكة المدروسة عند وجود عطل في محطات التحويل وخارجها مع استمرارية تغذية أكبر عدد من الوكلاء (الأحمال) غير المتضررين بالعطل، يوضح الشكل (5) الدارة المكافئة لشبكة IEEE-9bus في بيئة MATLAB



الشكل (5) الدارة المكافئة لشبكة IEEE-9busفي بيئة Matlab

يتم توضيح الصندوق الخاص بدارة الحماية من خلال الشكل (6) حيث يمثل حماية التيار ذات الخواص الزمنية العكسية، بداية يقرأ قيمة التيار ويقارنه مع قيمة مرجعية تمثل (1.2In) وإذا تجاوز هذه القيمة يتحسس لعطل ويتم إرسال القيمة إلى look-up-table الذي تم إدخال بارامترات منحنى الخواص الزمنية العكسية standard ويقوم بحساب الزمن الواجب الفصل عنده على أساس المنحني الخاص وعند مرور هذا الزمن يعطي أمر الفصل.

يوضح الشكل (6) مكونات الصندوق الخاص بحماية التيار ذات الخواص الزمنية العكسية في بيئة MATLAB



الشكل (6) نموذج حماية التيار الزائد ذات الخواص الزمنية العكسية في بيئة MATLAB

5-3- اختبار دارة الحماية في شبكة IEEE-9bus:

سيتم اختبار هذا الدارة عند وجود عطل ثلاثي الطور عند قضيب التجميع 7 بهدف التأكد من عمل الحمايات وتحقيقها لمبدأي الانتقائية والموثوقية في تحديد العطل وعزله مع استمرارية تغذية الحمل بالاستطاعة المطلوبة.

1- آلية عمل الحمايات:

في دارتنا السابقة يوجد ستة خطوط نقل و12 حماية تيار زائد IODT، تم توزيع هذه الحمايات بداية ونهاية كل خط نقل وعند إعطاء أمر بتشغيل الدارة تبين أن الحمايات بعضها من تحسس للعطل وبأزمنة مختلفة مدرجة ضمن الجدول (6).

الجدول (6) أزمنة عمل حمايات التيار

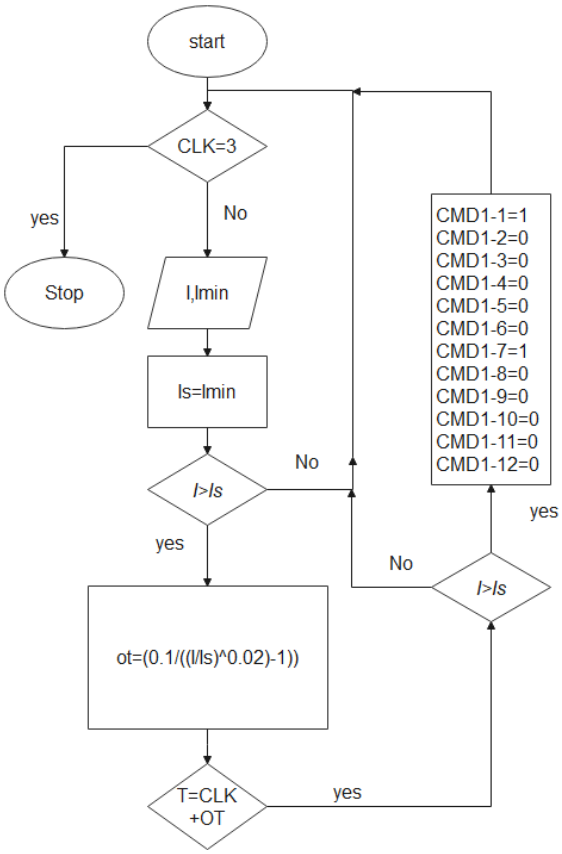
رقم الحماية	اتجاه عمل الحماية		تحسس	زمن الاستجابةOT Simulation	زمن الاستجابةOT calculation
	من bus	إلى bus			
1	7	5	✓	0.25	0.24
2	5	4	✓	0.5	0.61
3	4	6		Inf	Inf
4	6	9		Inf	Inf
5	9	8	✓	0.5	0.48
6	8	7	✓	0.5	0.49
7	5	7	✓	0.4	0.6
8	7	8	✓	0.5	0.48
9	8	9	✓	0.5	49
10	9	6		Inf	Inf
11	6	4		Inf	Inf
12	4	5	✓	0.5	0.61

تبعا للجدول السابق فإن الحمايات ستستجيب في أزمنة مختلفة تبعاً لقيم التيارات المارة بها حيث الحماية ذات الزمن الأقل هي الحماية الأقرب للعطل بالتالي فإن الحماية الأقرب هي الحماية رقم 1 من قضيب التجميع 7 إلى 5 وهو مكان العطل تماما المختار من قبل المبرمج، تم حساب قيم هذه الأزمنة يدويا للتأكد من قيم النمذجة وتم إدراجها في العمود السادس من الجدول 6 حيث وجدنا أن القيم كانت متقاربة في قضبان التجميع القريبة من العطل وكانت نسبة خطأ القراءة تتراوح بين (0.18, 0.042-).

تم تطبيق تنسيق بين الحمايات على أساس الأزمنة (الحماية ذات الزمن الأقل هي التي تقوم بالفصل أولا وتكون الحماية التي تليها بقيمة بالزمن بمثابة حماية احتياطية تعمل في حال فشل الأولى)، الشكل (7) يمثل مخطط يوضح آلية هذا التنسيق.

يبين المخطط أنه مع بدء عملية النمذجة التي مدتها 3secفي مثالنا يقوم بإدخال قيم التيار ومقارنتها مع قيمة مرجعية تساوي 1.2In وإذا كانت أكبر منها يبدأ البرنامج بحساب زمن العمل OTوبعد انقضاء المهلة تقوم CMD بإرسال أوامر الفصل والوصل للقواطع التي عددها 12 (قاطع ضمن كل حماية)

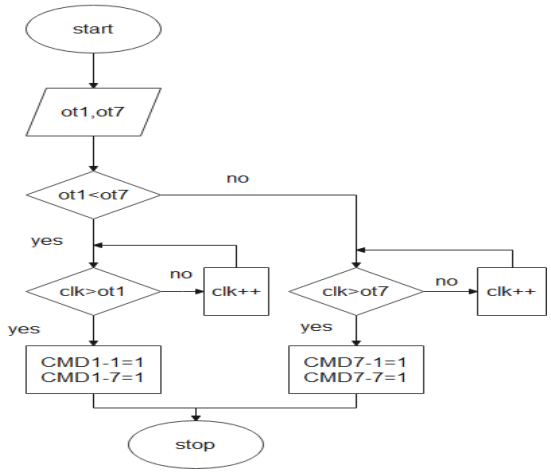
CMD1-2المقصود بها رسالة من الحماية رقم 1 إلى القاطع رقم 2



الشكل (7) المخطط الصندوقي لآلية عمل حماية والتنسيق مع بقية الحمايات

كما تم التنسيق بين الحمايات على طول خطوط النقل حيث يقومان بإرسال أوامر الفصل ليتم فصل الخط كاملا في نفس التوقيت، في مثالنا الحماية 1 و7 تمثلان خط النقل المعطل بالتالي الحماية 1 ترسل أمر ل 7 لتقوم بالفصل عند الزمن 0.25، الشكل (8) يمثل مخطط لآلية هذا التنسيق.

بهذه الطريقة تم عزل العطل خلال الفترة 0.25Sec علما أن العطل استمر من 1-2sec وزمن النمذجة 3sec.



الشكل (8) المخطط الصندوقي لآلية التنسيق بين حمايتي بداية ونهاية خط النقل7-5

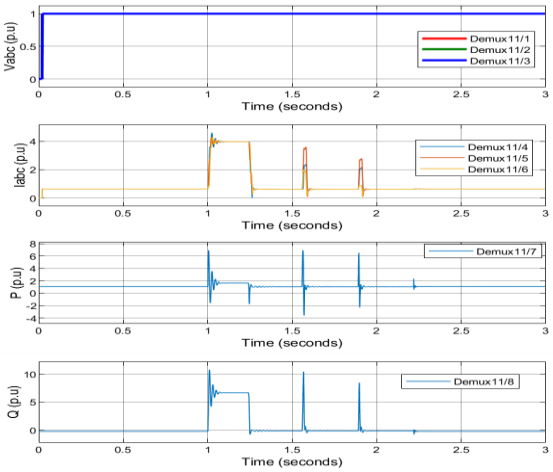
2- أثر العزل على التوليد:

لدينا ثلاثة منابع كان لها نفس السلوك لذلك سيتم عرض نتائج النمذجة لواحد فقط هو المولد الأول عند قضيب التجميع 1.

يوضح لنا الشكل (9) هذه النتائج بالقيم الواحدية حيث نلاحظ أن التوتر حافظ على قيمته مع ازدياد كل من التيار والاستطاعة عن قيمه الواحدية خلال فترة استجابة الحماية (1-1.25sec) وبعد مرور هذا الزمن تم فصل خط النقل المعطل لذلك نلاحظ عودة القيم إلى حالتها الطبيعية في الزمن (1.25-2sec) رغم استمرار العطل على الخط.

تتميز هذه الحماية بمعيد إغلاق آلي تم تعييره على الزمن 0.3sec لذلك عند مرور هذا الزمن سيتم إعادة وصل الخط للتأكد من زوال العطل ويعود للفصل في حالة استمرار العطل كما هو موضح على الشكل في الأزمنة (1.6-1.9-2.2sec).

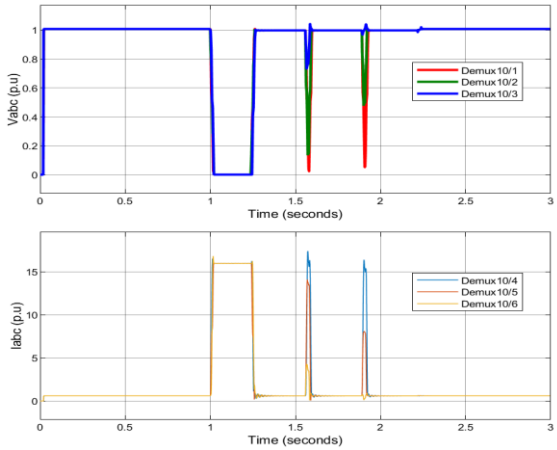
حيث زال العطل في الزمن 2sec لكن معيد الإغلاق يعمل في الزمن 2.2sec لذلك تم إعادة وصل الخط في هذا الزمن.



الشكل (9) أثر العزل على المولد G1

3- أثر العزل على قضيب التجميع 7:

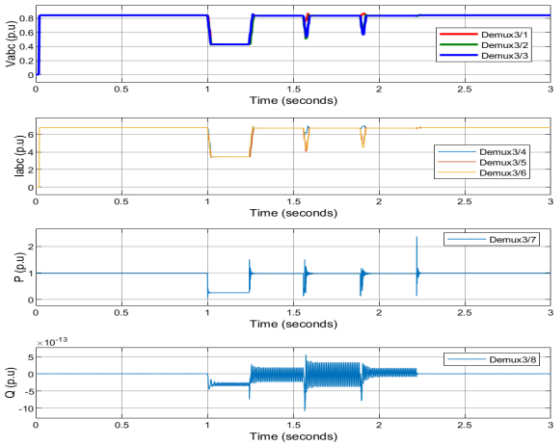
يوضح الشكل (10) أن توتر قضيب التجميع 7 انخفض إلى الصفر في فترة استجابة الحماية خلال الزمن (1-1.25sec) أما التيار فازداد إلى 16p.u وعاد إلى قيمه الأساسية (1.25-2sec).



الشكل (10) أثر العزل على قضيب التجميع 7

4- أثر العزل على الأحمال:

الشكل (11) يوضح أن الحمل استمر في استجرار التغذية بعد عزل الخط المعطل وهو الهدف الأساسي من هذه الطريقة حيث أثناء العطل وقبل فصل الخط انخفض التوتر والتيار والاستطاعة ثم عاد يعد فصل العطل.



الشكل (11) أثر العزل على الأحمال

المناقشة:

نلاحظ من الأشكال (9-10-11) أن التأهيل الذاتي استطاع المحافظة على استجرار الحمل للطاقة رغم غياب خط نقل كما قلل ضياع الاستطاعة المستجرة من المنبع بالتالي قلل الضياعات في الشبكة.

قدرة برنامج MATLAB على بناء أي دارة وتحديد المخرجات المطلوبة بالشكل المناسب للقارئ على خلاف بقية البرامج على سبيل المثال برنامج ETAP المستخدم في المرجع [13] حيث يتمتع هذا البرنامج بسهولة البناء ولكن مخرجاته محدودة يمكن للمستخدم الاختيار بينها ولا يمكنه التعديل عليها، الشكل (12) نموذج لدارة IEEE-9bus توضح آلية عرض النتائج التي تحدد قيمة لحظية فقط ولا يمكن اتخاذ حالات مختلفة مثل برنامج MATLAB القادر على إخراج القيم بالطرق المختلفة من قيم فيزيائية أو واحدية أو عقدية، كما أن الباحث في المرجع [13] اضطر للقيام بالنمذجة على ثلاث مراحل(قبل – أثناء – بعد العطل) ليوضح لنا آلية التأهيل الذاتي بينما برنامج MATLAB قادر على إخراج جميع هذه الحالات في مرحلة واحدة فقط، لذلك ينصح بالتعامل مع هذا البرنامج رغم صعوبة البناء فيه إلا إن خياراته الواسعة للإخراج والعرض جعله أكثر إيجابية من غيره من البرامج.

إن تطبيق التأهيل الذاتي على الشبكة قدم الميزات التالية:

1- زيادة الموثوقية: حيث الحمايات استطاعت كشف العطل بأزمنة مختلفة وتم تحديد العطل من خلال الزمن الأقصر الذي حددته الحمايات المنتشرة على خطوط النقل.

2- انتقائية أفضل: حيث تم تحديد العطل واختيار القواطع التي ستقوم بالفصل لعزل أصغر جزء ممكن من الشبكة كما يمكن تحسين النتائج في مراحل لاحقة من خلال إضافة حمايات أخرى وزيادة عدد الحمايات المستخدمة.

3- سرعة الاستجابة: حيث تم الربط بين حمايات بداية ونهاية خط النقل لتقوم بالفصل في الزمن نفسه (تم اختيار الزمن الأقل في حال اختلاف أزمنة الفصل بينهما) بالتالي سرعة فصل وضرار أقل.

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

6- الخاتمة:Conclusion

تمت في هذه المقالة نمذجة حماية تيار ذات خواص زمنية عكسية لخطوط النقل ودراسة التأهيل الذاتي باستخدام برنامج (MATLAB) حيث تمكنا من خلال المثال العملي الذي تم بناؤه من معرفة قدرة الحماية على فصل وتطبيق مبدأ التأهيل الذاتي من خلال فصل المنطقة المعطلة مع استمرارية عمل باقي الدارة (حالة التجزر) بهدف تحقيق الموثوقية والانتقائية اللتان تعتبران من أهم ميزات التأهيل الذاتي.

كما تمكنا من دراسة أثر العزل عل أجزاء مختلفة من الدارة (مولد- قضيب تجميع – حمل) نظرا لكون البرنامج يقوم بدراسة حالة مستمرة من الزمن ما يمكن المبرمج من اختيار الجزء المطلوب بشكل محدد، وبما أنها ذات خواص زمنية عكسية لذلك كانت أوامر الفصل مختلفة باختلاف قيمة تيار العطل وبعده عن الحماية.

بهذه الطريقة استطعنا التغلب على الأعطال على اختلاف موقعها ومن الممكن كتطوير لهذه الحالة وضح توليد موزع عند الأحمال يقوم بتغذية الحمل في حال التعتيم الكامل لها.

References:

[1] Almas Muhammad, Leelaruji Rujroj and Vanfretti Luigi(2012). Over-Current Relay Model Implementation for Real Time Simulation & Hardware-In-the-Loop (HIL) Validation. Teknikringen 33, SE-lOO 44, Stockholm, Sweden. 978-1-4673-2421-2/12/$31.00 ©2012 IEEE.

[2] Bashar M salih, Mohammed Ahmed Ibrahim and Ali Nathim(2021). Differential Relay Protection for Prototype Transformer. Przegland Electrotechniczny, ISSN 0033-2097, R.97 NR 6/2021.

[3] Chathurika Chandraratne, R.T. Naayagi, Thillainathan Logenthiran, (2017) "Smart Grid Protection through Self-Healing", IEEE.

[4] HVV Priyadarshana, MA Kalhan Sandaru, KTMU Hemapala and WDAS Wijayapala (16 december2019) ," A review on Multi-Agent system based energy management systems for micro grids", AIMS Energy, paper

[5] Jp,Berard(2017)."IEEE 9 Bus System Example", OPAL-RT Technologies.

[6] Liu, H; Chen, X; Yu, K; Hou, Y(2012)," The Control and Analysis of Self-Healing Urban Power Grid", paper, IEEE.

[7] Mehmet Cinar and Asim Kaygusuz, (2018)" Self-Healing In smart Grid: A Review, BEU Journal of Science.

[8] Mr. Saurabh Kamble,and others (4 April, 2017) ," Transient Stability Analysis of IEEE-9 Bus Electrical Power System ",international Journal Of Engineering And Computer Science ISSN:2319-7242, Page No. 20847-20850

[9] Ouahdi Dris, Farag. M. Elmareim and Rekina Fouad, " TRANSFORMER DIFFERENTIAL PROTECTION SCHEME WITH INTERNAL FAULTS DETECTION ALGORITHM USING SECOND HARMONICS RESTRAIN AND FIFTH HARMONICS BLOCKING LOGIC",

[10] Pavel Tichy and Raymond J. Staron (2010) ." Multi-Agent Technology for Fault Tolerant and Flexible Control" ,Berin Heidelberg.

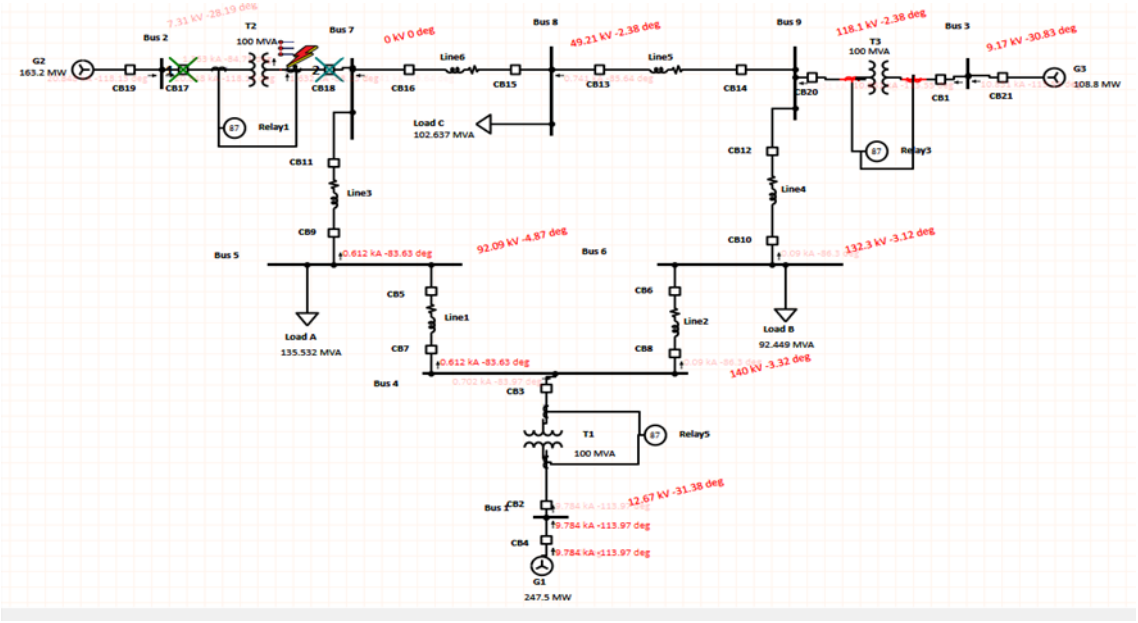
[11] R. Salman(2020). "Adaptive algorithm in distance relay with out of step blocking element compatible with smart grid requirements during sub-synchronous resonance in transmission line", paper, IET Generation, Transmission & Distribution. DOI: 10.1049/gtd2.12012.

[12] U Sheng, K.K.Li, W.L. Chan, and Duan Xianzhong, "Agent-based Self-healing Protection System ".

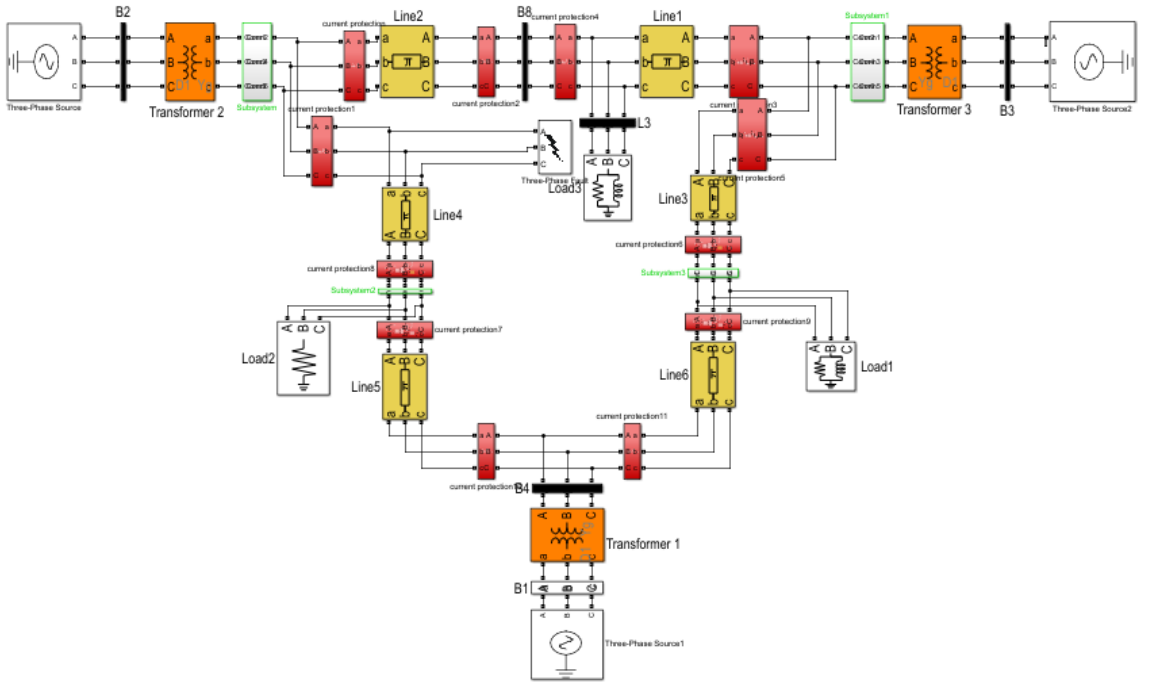
[13] أ. الجابي، سميح و أ. زيدان، خالد (2015). "حماية نظم القدرة الكهربائية"، دمشق: سوريا. منشورات جامعة دمشق.

[14] م. زين، عبير. د. الشرع، رائد و د.ورقوزق، غيث(2022). " التأهيل الذاتي للشبكة الكهربائية باستخدام الحماية التفاضلية"، دمشق: سوريا. مجلة جامعة دمشق للعلوم الهندسية.

الملحق:



الشكل (12) دارة IEEE-9busفي بيئة ETAP.[14]



الشكل (13) دارة IEEE-9busفي بيئة MATLAB

ISSN (online): 2789-6854
http://journal.damascusuniversity.edu.sy/index.php/index/index