

تأثير محطات شحن المركبات الكهربائية على أداء مُرحلة المسافة

شاكر محمود خضير

عمر شرف الدين يحيى shakeralhyane@uomosul.edu.iq o.yehya@uomosul.edu.iq وسام محمد نجم wisam.20enp50@student.uomosul.edu.iq

جامعة الموصل - كلية الهندسة - قسم الهندسة الكهربائية - موصـل - العـراق

تاريخ القبول: 2022-10-5

تاريخ الاستلام: 2022-8-15

الملخص

تعتبر الحماية المسافية مهمة واساسية في منظومات التوزيع وتغير طبولوجيا المنظومة من وقت لآخر، يؤدي أضافة المركبات الكهربائية لمنظومه التوزيع إلى زيادة مستوى العطل وضخ التفاقيات في المنظومة، بينما المركبات هي احمال متغيرة باستمرار، فهذا يؤدي إلى صعوبة تضييق الحمايات التي تعتمد على التيار في عملية ضبطها، ونتيجة لذلك يتم استخدام الحماية المسافية في منظومات التوزيع. هذه الورقة البحثية تبين تأثير اضافة محطات شحن المركبات الكهربائية على أداء مُرحلة الحماية المسافية في منظومة التوزيع، حيث تم بناء مُرحلة حماية مسافية بالإضافة إلى شبكات الذكاء الاصطناعي تكيف مع ظروف المنظومة. كانت نفقة نموذج الشبكة العصبية المستخدم لكشف العطل (99.9%) ونسبة الخطأ في تحديد موقع العطل (%0.00079%).

الكلمات الدالة:

مُرحلة المسافة، المركبات الكهربائية، محطات الشحن، شبكات الذكاء الاصطناعي

This is an open access article under the CC BY 4.0 license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).
<https://rengj.mosuljournals.com>

1. المقدمة

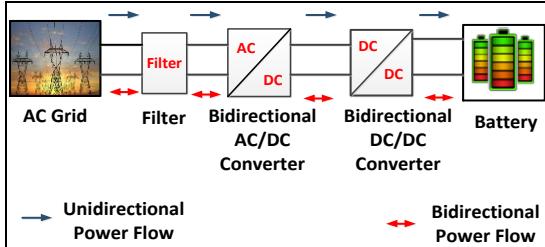
تمتاز المركبة الكهربائية (EV) بالعديد من المزايا، مثل عزم الدوران العالي، قليلة الصديق، وعدمية التلوث (Zero Emission)، تقليل استهلاك الوقود الاحفوري، وبالتالي تقليل انبعاث الغازات والحد من ظاهرة الاحتباس الحراري. علاوة على ذلك، فإن المركبات الكهربائية يمكن أن تدعم منظومة القراءة في أوقات الذروة عندما تعمل هذه المركبات بتقنية من المركبة إلى الشبكة (V2G) [1]. التكامل الهائل للمركبات الكهربائية في منظومة التوزيع لا يقتصر فقط على تباين وضع التشغيل وهيكليّة منظومة التوزيع، ولكنه يعمل على التأثير على خصائص عناصر المنظومة. مع زيادة معدل دمج المركبات الكهربائية في منظومة التوزيع، تصبح الاستجابة اللحظية لتغيير العطل أكثر تعقيداً، وبالتالي يصبح إعداد الحماية والتسيق بين مناطق الحماية المختلفة أكثر صعوبة [2].

تم إجراء العديد من الدراسات حول تأثير اضافة محطات شحن في انظمة التوزيع. في الورقة البحثية [8]، قام الباحثون في دراسة تأثير الشحن السريع (Fast charging FC) للمركبات الكهربائية على منظومة توزيع بدون استخدام التعويض (Compensation) ولعدة مواقع مختلفة، حيث تم دراسة سريان القدرة، تحليل الاعطال و استخدام الحماية اللازمة لحماية المحول من تيارات الاعطال المختلفة. في الورقة البحثية [1]، قام الباحثون في دراسة تأثير دمج محطات شحن المركبات الكهربائية (EVCSs) على تنسيق مرحلات الحماية ودقتها في شبكات التوزيع، تم وضع الحلول اللازمة لتقديري تأثير اضافة هذه المحطات.

في ظل التطور الحاصل في انظمة التوزيع وانتشار المركبات الكهربائية بشكل كبير، أصبح من الضروري الاهتمام بأنظمة الحماية، وذلك بسبب تغير طبولوجيا المنظومة حسب عدد المركبات الكهربائية التي يتم دمجها في هذه المنظومة، وبالتالي سوف تؤدي إلى تغيير مستوى تيارات العطل في المنظومة، لكون هذه المركبات تعتبر احمال متغيرة وغير متوقعة.

المركبة الى الشبكة (V2G) مع مختلف استراتيجيات شحن المركبات الكهربائية وتحليل اثارها على شبكات توزيع القراءة. حيث اتضحت من خلال هذه الورقة البحثية بان المركبات الكهربائية المزودة بتقنية من المركبة إلى الشبكة (V2G) لها العديد من المزايا، تنظيم القراءة (Active Power Regulation)، دعم القراءة الفاعلية، موازننة الحمل وترشيح التيار من التوافقيات. وعلى الرغم من هذه المزايا التي ذكرت تواجه هذه التقنية عدة مشاكل منها، تدهور البطاريات، مشكلة الاتصالات بين المركبة والشبكة وتغيرات في البنية التقنية لشبكة التوزيع. في الورقة البحثية [7]، قام الباحثون بدراسة تأثير اضافة محطات الشحن على مستوى تيار العطل، حيث توصل الباحثون أنه عند اضافة محطات الشحن سوف تؤدي إلى زيادة مستوى العطل (Short Circuit Level)، وزيادة الطلب على القراءة الفاعلية(Reactive power). مع ذلك، هناك عدد قليل من الدراسات حول تأثير اضافة محطات الشحن على اجهزة الحماية في انظمة التوزيع. في الورقة البحثية [8]، قام الباحثون في دراسة تأثير الشحن السريع (Fast charging FC) للمركبات الكهربائية على منظومة توزيع بدون استخدام التعويض (Compensation) ولعدة مواقع مختلفة، حيث تم دراسة سريان القدرة، تحليل الاعطال و استخدام الحماية اللازمة لحماية المحول من تيارات الاعطال المختلفة. في الورقة البحثية [1]، قام الباحثون في دراسة تأثير دمج محطات شحن المركبات الكهربائية (EVCSs) على تنسيق مرحلات الحماية ودقتها في شبكات التوزيع، تم وضع الحلول اللازمة لتقديري تأثير اضافة هذه المحطات.

في ظل التطور الحاصل في انظمة التوزيع وانتشار المركبات الكهربائية بشكل كبير، أصبح من الضروري الاهتمام بأنظمة الحماية، وذلك بسبب تغير طبولوجيا المنظومة حسب عدد المركبات الكهربائية التي يتم دمجها في هذه المنظومة، وبالتالي سوف تؤدي إلى تغيير مستوى تيارات العطل في المنظومة، لكون هذه المركبات تعتبر احمال متغيرة وغير متوقعة.



شكل (2) شاحن يعمل بالاتجاهين حسب سريان القراءة.

في هذا البحث تم استخدام شاحن ي تكون من ست نبضات ثلاثي الطور مسيطر عليه ذو حلقة مغلقة، للحصول على فولتية اخراج ثابتة، باستخدام التاييرسترات (Thyristors).

5. تأثير محطة الشحن على مرحلة المسافة

يتتم تقسيم الاحمال المتصلة بالشبكة الكهربائية الى نوعين، احمال خطية، واحمال غير خطية، تعتبر محطات شحن المركبات الكهربائية احمالا غير خطية، بما ان محطات شحن المركبات الكهربائية تعمل على تحويل التيار المتناوب الى تيار مستمر باستخدام اجهزة الكترونيات القراءة، ونتيجة لعمليات الغلق والفتح لمفاتيح الكترونيات القراءة، يؤدي الى توليد تواقيع وبالتالي تشهووج موجتي التيار والفولتية، بالإضافة الى تقليل عامل القراءة، تقليل الفولتية، زيادة الخسائر في المنظومة وتزييف التحميل ستدى الى زيادة التواقيعات (Harmonics)، وبالتالي تؤدي الى حدوث اشتغال خاطئ لأجهزة الحماية [16].

ان قيمة الممانعة المنظورة من قبل مرحلة المسافة تتأثر بشكل كبير نتيجة للتواقيعات الموجودة في التيار والفولتية مما يؤدي الى سوء الاداء والاشتغال الخاطئ لمراحل المسافة نتيجة لهذه التواقيعات. يمكن حساب قيمة التيار والفولتية التي تحدد قيمة الممانعة المنظورة، كما مبينة في المعادلة (2,1)

$$|V_{rms}| = \sqrt{V_1^2 + (|V_i||_{h=5})^2 + (|V_i||_{h=7})^2 + \dots} \quad (1)$$

$$|I_{rms}| = \sqrt{I_1^2 + (|I_i||_{h=5})^2 + (|I_i||_{h=7})^2 + \dots} \quad (2)$$

ولكي يتم حساب الممانعة المنظورة من قبل مرحلة المسافة يتم استخدام المعادلة ادناه.

$$Z_{relay} = \frac{|V_{rms}| \angle \theta}{|I_{rms}| \angle \phi} \quad (3)$$

حيث تمثل V_{rms} ، I_{rms} ، V_r ، I_r ، الفولتية والتيار ضمنه معهما التواقيعات الموجودة، بينما تمثل Z_{relay} ، الممانعة المنظورة من قبل مرحلة المسافة. نتيجة لهذا التواقيعات التي يتم حقها في منظومة التوزيع تؤدي الى حدوث بعد المدى (Over Reach) لمرحلة المسافة، وكذلك يؤثر على تحديد موقع العطل، ولذلك لا بد من وضع الخطوات اللازمه لتفادي هذه التاثيرات.

لبيان تأثير اضافة المركبات الكهربائية على اداء مرحلة المسافة في منظومة توزيع مقتربة مكونة من عموميين يتم دراسة مجموعة من الحالات، في بداية الامر يتم اجراء التمثيل الحاسوبي للمنظومة المقتربة وبحمل ثابت لبيان الحاله الطبيعية المنظومة، ومن ثم يتم دراسة مجموعة من الحالات لفرض بيان التاثير، اضافة 30 مركبة، 50 مركبة، 75 مركبة، الحالات التي تمت دراستها مبينة أدناه.

1- الحاله الطبيعية للمنظومة بدون اضافة المركبات الكهربائية، مع تغير قيمة مقاومة العطل (0-15 اوم) وتغير موقع العطل بنسبة من 5% الى 80%， واجراء العطل طور مع الارضي (Line to Ground Single) (LGS). وتسجيل قيم المقاومة (R) المفاعة (X).

2- اضافة 30 مركبة كهربائية وإعادة السيناريو للحاله الاولى.

3- اضافة 50 مركبة وإعادة السيناريو للحاله الاولى.

في هذه الورقة البحثية سوف يتم التحقق من تأثير اضافة Fast Charging Station FCS على مرحلة المسافة في منظومة التوزيع، باستخدام برمجيات (MATLAB/SIMULINK)، ومن ثم تصميم مرحلة تكيفية باستخدام شبكات الذكاء الاصطناعي (Artificial Neural Networks ANNs).

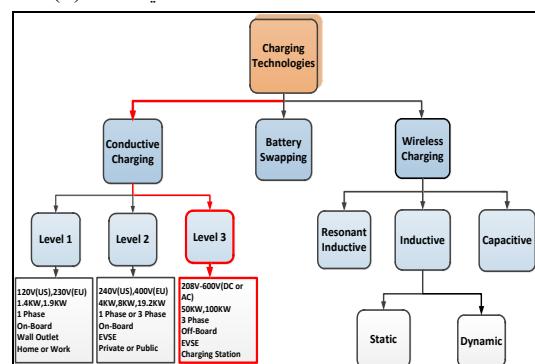
تم تقسيم هذه الورقة البحثية الى ثمانية اقسام، القسم الاول المقدم، القسم الثاني المبادئ الاساسية لمراحل المسافة، القسم الثالث تقنيات الشحن المختلفة، القسم الرابع تكوين الشاحن، والقسم الخامس تأثير محطة الشحن على خصائص مرحلة المسافة، القسم السادس شبكات الذكاء الاصطناعية، القسم السابع نتائج المحاكاة والقسم الثامن الاستنتاجات.

2. المبادئ الاساسية لمراحل المسافة

إن الهدف الاساسي لمرحلات المسافة حماية خطوط النقل وبالتالي حماية وضمان سلامة المنظومة الكهربائية [9]. تعتمد مرحلة المسافة في عملها على الممانعة المقاسة في لحظة العطل، يتم ادخال كل من اشارة الفولتية والتيار الى مرحلة المسافة بشكل مستمر، تعمل المرحلة بصورة مستمرة على قياس الممانعة، في الحاله الطبيعية، تكون الممانعة المنظورة من قبل المرحلة اكبر من ممانعة الضبط للمرحلة، وهذا لا يحدث اي اشتغال للمرحلة. عند حدوث عطل معين، فإن الممانعة المنظورة من قبل مرحلة المسافة تكون اقل من الممانعة التي تم ضبط مرحلة المسافة عليها، وبذلك تعمل المرحلة على اتخاذ القرار واصدار اشاره الافلات الى قاطع الدورة لفصل الجزء المعطوب عن الشبكة [10][11]. لكن هنالك عوامل اخرى تؤثر على عمل المرحلة، مثل مقاومة العطل، وانظمة نقل التيار المتناوب المرنة (FACTS) [12]. ايضاً اضافة محطات شحن المركبات الكهربائية تؤدي الى حدوث بعد المدى (Over Reach) لمرحلة المسافة، وهذا ما سوف يتم دراسته في هذه الورقة البحثية.

3. تقنيات الشحن المختلفة

تتم عملية شحن بطاريات المركبات الكهربائية عن طريق اجهزة الكترونيات القراءة، حيث يتم استخدام تقنيات مختلفة لإجراء عملية الشحن، وهناك العديد من التقنيات المستخدمة في عمليات شحن المركبات الكهربائية، كما مبينة في الشكل (1).

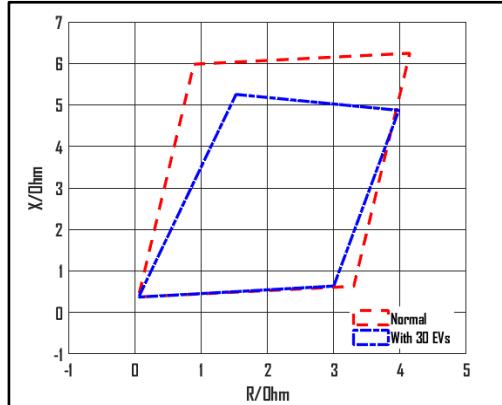


شكل (1) التقنيات المستخدمة في شحن المركبات الكهربائية.

4. تكوين الشاحن

لشحن المركبات الكهربائية، يتم استخدام معدل الفولتية (Rectifier) للحصول على الفولتية المستمرة من اجل شحن البطاريات لخزن الطاقة الكهربائية واستخدامها في امداد المحرك الكهربائي الذي يقود المركبة الكهربائية. هنالك عدة اليات لشحن البطاريات منها، الشواحن ثلاثة وحادية الطور [13]، تصنف ايضاً الشواحن حسب اتجاه القراءة. الشكل (2) يبين شاحن يعمل بالاتجاهين.

يتم اضافة 30 مركبة كهربائية الى منظومة التوزيع، وإعادة نفس السيناريو في الحالة الاولى. الشكل (5) يبين خصائص المُرحلة في للحالة الثانية وتاثير اضافة 30 مركبة كهربائية مقارنة بالحالة الاولى.

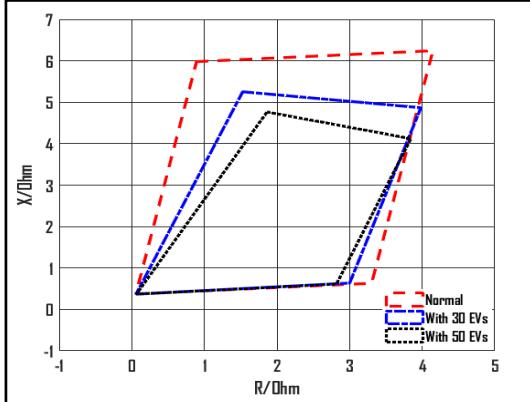


شكل (5) خصائص المُرحلة في حالة اضافة 30 مركبة كهربائية مقارنة بالحالة الطبيعية.

الشكل (5) يبين انه في حالة اضافة 30 مركبة كهربائية يؤدي الى حدوث بعد المدى لمُرحلة المسافة، اي ان المانعة المنظورة في حالة وجود المركبات الكهربائية اصبحت اقل من قيمتها في الحالة الطبيعية، وهذا يؤدي الى سوء الاداء ومشاكل في الاختبارية للقواطع التي يجب ان تفصل في لحظة العطل، كذلك الحال بالنسبة لموقع العطل، حيث تكون هناك صعوبة في تحديده، وذلك لأن عملية تحديد العطل تعتمد بالأساس على قيمة المانعة.

الحالة الثالثة:

وبزيادة عدد المركبات الكهربائية الى 50 مركبة، وإعادة نفس السيناريو في الحالة الاولى، الشكل (6) يبين خصائص المُرحلة في الحالة الثالثة وتاثير اضافة 50 مركبة كهربائية مقارنة بالحالة الاولى والثانية.

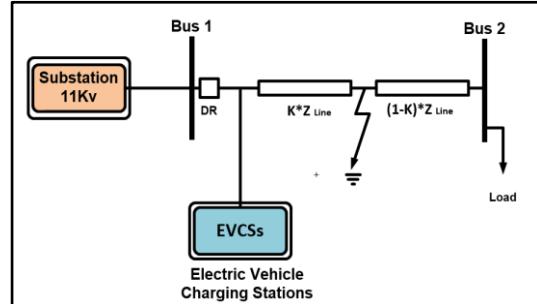


شكل (6) خصائص المُرحلة في حالة اضافة 50 مركبة كهربائية مقارنة بالحالة الطبيعية و30 مركبة.

الحالة الرابعة:

وبزيادة عدد المركبات الكهربائية إلى 75 مركبة، وإعادة نفس السيناريو في الحالة الاولى. الشكل (7) يبين خصائص المُرحلة في للحالة الرابعة وتاثير اضافة 75 مركبة كهربائية مقارنة بالحالات السابقة.

4- اضافة 75 مركبة كهربائية وإعادة نفس السيناريو السابق، فيما يلي نموذج المنظومة المقترحة، لبيان تأثير اضافة المركبات الكهربائية على مُرحلة المسافة. والموضحة في الشكل (3)، بينما يبين الجدول (1) مقتنيات المنظومة.



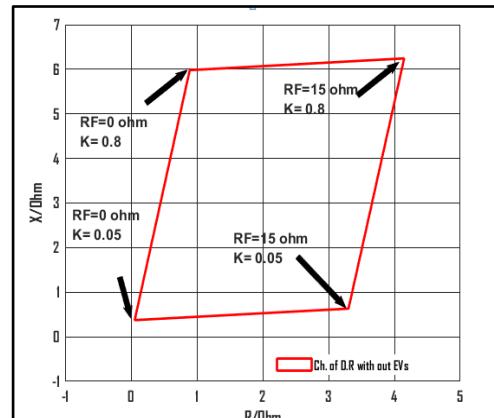
شكل (3) منظومة التوزيع المقترحة لبيان تأثير محطات الشحن.

جدول(1) بيانات المنظومة المقترحة

Element	Data
Substation	3 Phase, $V_{ph-ph} = 11kV$, f=50 Hz
EV capacity	Charging current=75 A, V Battery=450 V , Pin=34 Kw
Transmission Line	$[Ω/Km]=0.0474$, $R_0=[Ω/Km]=R_1=0.3073$, $L_1[mH/Km]=1.011$, $L_0[H/Km]=0.003476$, $C_1[F/Km]=11.3 * 10^{-9}$, $C_0[F/Km]=8.14 * 10^{-9}$, Line Length = 58.8 Km
Load	3 phase Yg , $V_{ph-ph} = 11kV$, f=50 Hz S=11.2 KVA, PF=0.8944 lag

الحالة الاولى:

في هذه الحالة يتم تمثيل الشكل (3) باستخدام برمجيات الحاسوب (MATLAB/SIMULINK)، يتم تطبيق العطل طور الى الارض (A-G) عند زمن ($t=1.3$ sec) (A-G) وبدون اضافة اي مركبة كهربائية والتي تمثل الحالة الطبيعية للمنظومة. يتم تغير قيمة (K) بمقدار 5% الى 80%، ولقيم متغيرة من مقاومة العطل (15-0 أوم). يتم تسجيل جميع القراءات التي يتم الحصول عليها، والتي تمثل قيمة المقاومة (X/Ohm) والمحاثة (R/Ohm)، ومن ثم رسم خصائص المُرحلة المسافية باستخدام قيم المقاومة والمحاثة التي تم الحصول عليها. يبين الشكل (4) خصائص مُرحلة المسافة في الحالة الطبيعية.



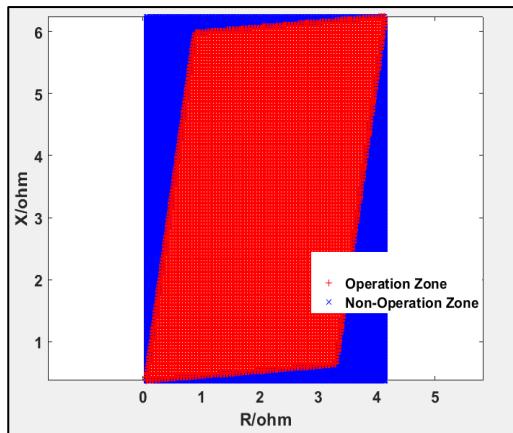
شكل (4) خصائص مُرحلة المسافة في الحالة الطبيعية.

الحالة الثانية:

(Function Soft Max) المستخدمة في اكتشاف العطل واصدار اشاره الافلات، ودالة التنشيط الخطية (Linear) المستخدمة لتحديد موقع العطل. يتم جمع البيانات اللازمة لتدريب الشبكات العصبية من خلال البيانات التي تم جمعها من الحالات التي تمت دراستها أعلاه. فيما يلي كيفية الحصول على البيانات لاستخدامها في عملية التدريب، من أجل الحصول على نموذج الشبكة العصبية المسؤولة عن اصدار اشارة الافلات، وخرى مسؤولة عن تحديد موقع العطل، يتم اجراء عطل طور الى الارض (A-G Fault) لأربعة نقاط من اجل رسم الخصائص لمراحل المسافة، النقطة الاولى عطل عند 5% من طول الخط المحمي ومقاومة عطل 0 اوم، النقطة الثانية عطل عند موقع 80% ومقاومة عطل 0 اوم، النقطة الثالثة عطل عند موقع 5% ومقاومة عطل 15 اوم، النقطة الرابعة عطل عند موقع 80% ومقاومة عطل 15 اوم. ومن ثم يتم رسم الخصائص للمرحلة باستخدا دوال الماتلاب، بعد ان تم رسم الخصائص للمرحلة، ايضاً باستخدا دوال الماتلاب يتم تحويل هذه الخصائص الى مجموعة من النقاط والتي تمثل جدول يتكون من المنطقة الحماية الاولى. يتم استخراج هذه القيم بشكل جدول يتكون من عمودين ، العمود الاول قيمة المقلاومة، العمود الثاني قيمة المقاولة، ومن ثم يتم ادخال هذه القيم الى الشبكة العصبية لتكون مجموعة التدريب للكشف عن العطل اذا كان داخل هذه الخصائص او خارجها. فيما يلي عمليات التدريب التي جرت على البيانات التي تم استخراجها من كل حالة من الحالات.

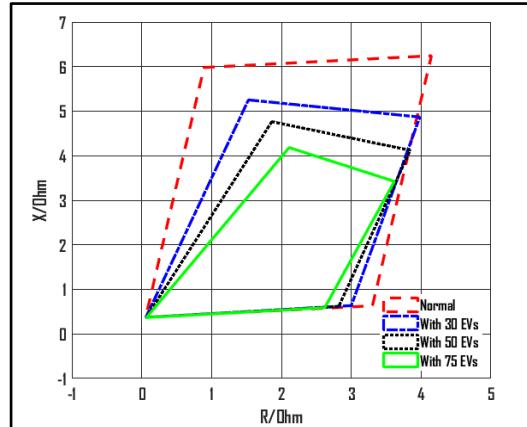
الحالة الاولى:

يتم تحويل خصائص مرحلة المسافة في الشكل(4) الى مجموعة من البيانات (Data) كما في الشكل (8)، يتم ادخال هذه البيانات الى الشبكة العصبية لتكون مجموعة التدريب، وبذلك تكون هذه البيانات جاهزة لتدريب الشبكات العصبية الاصطناعية. الشكل (8) بين خصائص مرحلة في الحالة الطبيعية بيئة نقاط.



شكل (8) خصائص مرحلة المسافة في الحالة الطبيعية بيئة نقاط.

بعد ان تم الحصول على مجموعة التدريب (Training Group) باستخدام الماتلاب (MATLAB) يتم تدريب الشبكات العصبية باستخدام خوارزمية خاصة بالتصنيف (Classification) واستخدام خوارزمية (Scaled conjugate gradient)، الجدول (2) يمثل مواصفات الشبكة العصبية التي تعطي افضل النتائج، حيث يمثل العمود الاول من الجدول عدد العصبونات (Neurons) في الطبقة الخفية، العمود الثاني يمثل الخوارزمية المستخدمة للتدرير، العمود الثالث والرابع يمثل نسبة الخطأ للبيانات، بينما يمثل العمود الاخير عدد التكرار لتدريب الشبكة العصبية.



شكل (7) خصائص مرحلة في حالة اضافة 75 مركبة مقارنة مع الحالات السابقة.

من خلال الحالات التي تمت دراستها، يلاحظ أن خصائص مرحلة المسافة في الحالة الطبيعية (Normal) لها شكل معين وكما تم توضيحه في الشكل (4)، لكن عندما تم اضافة 30 مركبة كهربائية يلاحظ أن خصائص مرحلة المسافة يحدث لها إنكماش، بمعنى آخر تصبح قيمة المانعة المنظورة لهذه الحالة أقل من قيمة المانعة المنظورة في الحالة الطبيعية وهذا ما يتم توضيحه في الشكل (5)، أيضاً مع زيادة عدد المركبات الكهربائية من (30) الى (50) مركبة كهربائية، يلاحظ حدوث انخفاض في قيمة المانعة المنظورة ايضاً مقارنة بالحالات السابقة، وهذا ما يسمى بـ"بعد المدى" (Over Reach) الذي يحدث لمرحلة المسافة. يمثل الشكل (7) جميع الحالات التي تمت دراستها لغرض بيان تأثير اضافة المركبات الكهربائية على اداء مرحلة المسافة، يتبيّن أن اضافة المركبات الكهربائية في المرحلة يؤدي الى حدوث بعد المدى لمرحلة المسافة، ولكن تعمل هذه المرحلة بشكل صحيح يجب أن يتم تكيف خصائص هذه المرحلة حسب عدد المركبات المتصلة بالشبكة، الحالة الطبيعية، اضافة 30 مركبة كهربائية، 50 مركبة كهربائية، 75 مركبة كهربائية في بحثنا هذا.

6. شبكات الذكاء الاصطناعي (ANN)

شبكات الذكاء الاصطناعي هي فرع من فروع الذكاء الاصطناعي (Artificial Intelligent AI)، يمكن تعريف الذكاء الاصطناعي على أنه محاكاة الكمبيوتر لعملية التفكير البشري [17][18]. تقد الشبكات العصبية ذات التغذية الامامية (Feed Forward Neural Network FNN) أحدى تقنيات الشبكات الاصطناعية، ويتم وصف هذه التقنية بالمعادلة (4).

$$Y = F(\sum_{i=1}^n I_i * w_i) \dots \quad (4)$$

تمثل (Y)، الارجاع للشبكة العصبية الامامية. ويمثل (I_i) عدد الادخالات لهذه الشبكة، بينما يمثل (w_i) الاوزان الخاصة بالانحياز لخلايا الشبكة العصبية. يتم تدريب الشبكات العصبية على مجموعة من البيانات، وذلك للحصول على شبكة عصبية تستطيع التنبؤ بالحالات الأخرى التي لم يتم التدرب عليها. تعتمد نسبة الخطأ للتدرير في الشبكات العصبية على نوع الخوارزمية التي يتم فيها تدريب الشبكات العصبية، نوع دالة التنشيط (Activation function)، عدد الخلايا العصبية، وعدد الطبقات الخفية لهذه الشبكات [19].

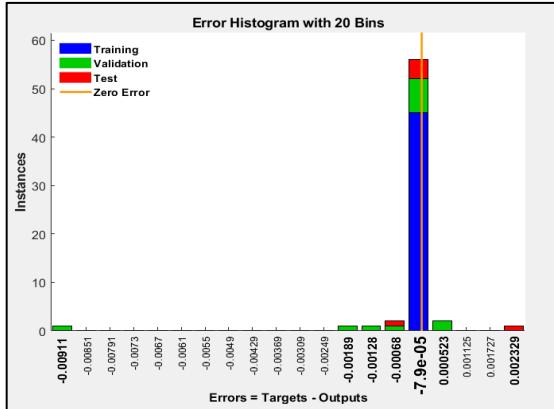
يتم استخدام شبكة عصبية ذات تغذية امامية مكونه من طبقتين، الطبقة الخفية مع دالة التنشيط نوع (Sigmoid

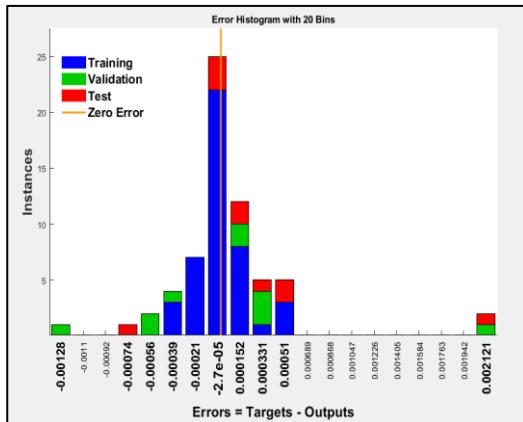
العمود الثالث يمثل نسبة الخطأ للبيانات، العمود الرابع يمثل الانحدار والذي يمثل قوة ترابط البيانات للتنبؤ بالبيانات التي لم يتربّع عليها، بينما يمثل العمود الأخير عدد التكرار لتدريب الشبكة العصبية. تم الحصول على مجموعة التدريب الخاصة بتصحيح الخطأ الحاصل في عملية تحديد الموقع وكانت نتائج تدريب الشبكة العصبية كما مبين أدناه.

جدول(3) وصف افضل تدريب للشبكة العصبية لحالة تحديد موقع العطل في الحالة الطبيعية.

Number of hidden neurons	Training algorithm	Mean Squared Error(MSE)	Regression (R)	Epoch
10	Levenberg-Marquardt	6.5e-9	1	590

يبين الشكل (11) الرسم البياني للخطأ (Error)، والذي يتم من خلاله التعرف على نسبة الخطأ للبيانات التي تم تدريب الشبكة العصبية عليها في الحالة الطبيعية بدون اضافة المركبات الكهربائية.





شكل (14) الرسم البياني للخطأ عند اضافة 30 مرکبة كهربائية.

الحالة الثالثة:
يتم تحويل الخصائص التي تم الحصول عليها في حالة اضافة 50 مرکبة في المنظومة وكما مبينه في الشكل (6)، هذه الخصائص يتم تحويلها ايضاً الى بيانات ليتم تدريب الشبكة العصبية عليها، وبعد الحصول على البيانات تم تدريب الشبكة العصبية والحصول على مواصفات الشبكة العصبية كما مبين في الجدول (6).

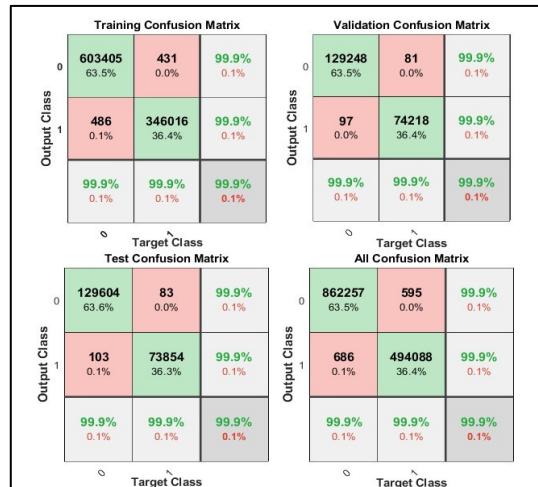
جدول(6) وصف افضل تدريب للشبكة العصبية لحالة كشف العطل في حالة اضافة 50 مرکبة.

Number of hidden neurons	Training algorithm	Cross-entropy Error	Error	Epoch
10	Scaled conjugate gradient	0.0025	3.44e-4	307

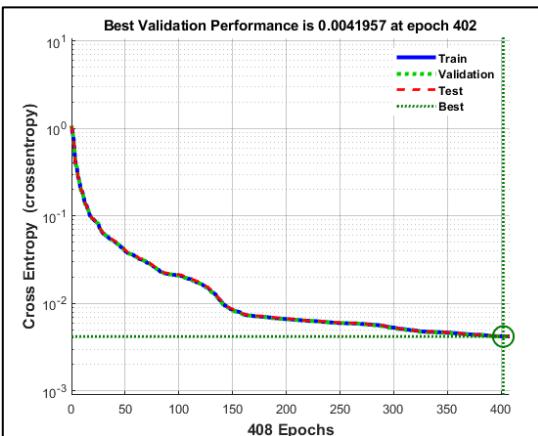
الاشكال (15) و(16) يتم من خلالها عرض مصفوفة الارتباط (Confusion Matrix) التي تبين دقة الشبكة العصبية في التنبؤ والتي تكون دقتها الكلية (100%)، وأفضل اداء (Best validation performance) للشبكة العصبية في اتخاذ القرار من اجل اصدار اشارة الافلات الى قاطع الدورة في حالة اضافة 50 مرکبة كهربائية.



شكل (15) مصفوفة الارتباط في حالة اضافة 50 مرکبة.



شكل (12) مصفوفة الارتباط في حالة اضافة 30 مرکبة.



شكل (13) افضل اداء للتحقق من الصحة للشبكة العصبية في حالة اضافة 30 مرکبة.

في حالة اضافة المركبات الكهربائية تحدث حالة بعد المدى لمراحل المسافة، كما مبين في الشكل (5)، مما يؤدي حدوث خطأ في عملية تحديد موقع العطل، يتم استخدام الشبكات العصبية لتصحيح هذا الخطأ، وبنفس الطريقة في الحالة الاولى يتم الحصول على مجموعة التدريب. فيما يلي النتائج التي تم الحصول عليها من تدريب الشبكات العصبية كما مبينة في الجدول (5).

جدول(5) وصف افضل تدريب للشبكة العصبية لحالة تحديد موقع العطل عند اضافة 30 مرکبة.

Number of hidden neurons	Training algorithm	Mean Squared Error(MSE)	Regression (R)	Epoch
10	Levenberg-Marquardt	3.79e-8	1	155

يبين الشكل (14) الرسم البياني للخطأ (Error Histogram)، والذي يتم من خلاله التعرف على نسبة الخطأ للبيانات التي تم تدريب الشبكة العصبية عليها في الحالة الطبيعية عند اضافة 30 مرکبة كهربائية.

يتم تحويلها ايضاً الى بيانات ليم تدريب الشبكة العصبية عليها، وبعد الحصول على البيانات تم تدريب الشبكة العصبية والحصول على مواصفات الشبكة العصبية كما مبين ادناه.

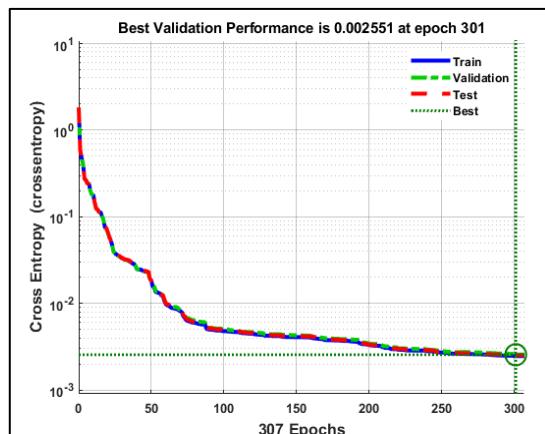
جدول(8) وصف افضل تدريب للشبكة العصبية لحالة كشف العطل في حالة اضافة 75 مرکبة.

Number of hidden neurons	Training algorithm	Cross-entropy Error	Error	Epoch
50	Scaled conjugate gradient	0.002	3.46 e-4	434

الاشكال (20) و(21) يتم من خلالها عرض مصفوفة الارتباط (Confusion Matrix) التي تبين دقة الشبكة العصبية في التنبؤ والتي تكون دقتها (100%)، وافضل اداء (validation performance) للشبكة العصبية في اتخاذ القرار من اجل اصدار اشارة الافلات الى قاطع الدورة في حالة اضافة 75 مرکبة كهربائية.



شكل (20) مصفوفة الارتباط في حالة اضافة 75 مرکبة.



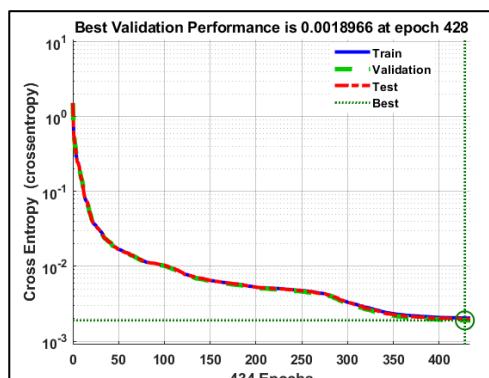
شكل (16) افضل اداء للتحقق من الصحة للشبكة العصبية في حالة اضافة 50 مرکبة.

عند اضافة 50 مرکبة كهربائية تتغير خصائص مُرحلة المسافة كما موضحة في الشكل (6)، وبالتالي يؤدي ايضاً الى صعوبة تحديد الموقع نتيجة بعد المدى الذي يحدث لمُرحلة المسافة، ايضاً يتم استخدام نفس السيناريو السابق لتصحيح هذا الخطأ، وبعد اجراء التدريب للشبكة العصبية، وبطريقة الخطأ والصواب للحصول على اقل نسبة خطأ ممكنة، تم الحصول على المواصفات التالية للشبكة العصبية المستخدمة لتصحيح الخطأ في تحديد موقع العطل، وكما مبينة في الجدول (7).

جدول(7) وصف افضل تدريب للشبكة العصبية لحالة تحديد موقع العطل عند اضافة 50 مرکبة.

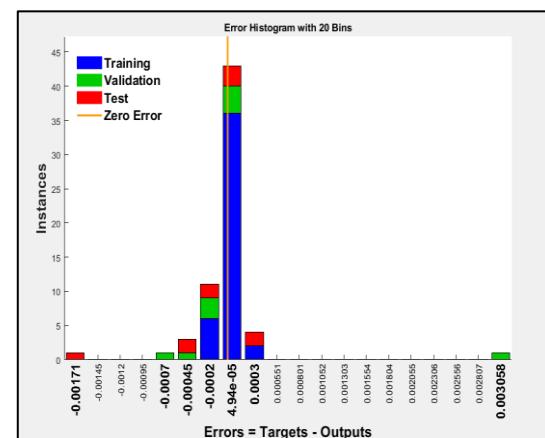
Number of hidden neurons	Training algorithm	Mean Squared Error	Regression (R)	Epoch
12	Levenberg-Marquardt	6.44e-9	1	323

يبين الشكل (17) الرسم البياني للخطأ (Error Histogram)، والذي يتم من خلاله التعرف على نسبة الخطأ للبيانات التي تم تدريب الشبكة العصبية عليها في الحالة الطبيعية عند اضافة 50 مرکبة كهربائية.



شكل (21) افضل اداء للتحقق من الصحة للشبكة العصبية في حالة اضافة 75 مرکبة.

عند اضافة 75 مرکبة كهربائية تتغير خصائص مُرحلة المسافة ايضاً، كما موضحة في الشكل (7)، وبالتالي يؤدي الى صعوبة تحديد الموقع نتيجة بعد المدى الذي يحدث لمُرحلة المسافة، ايضاً يتم استخدام نفس السيناريو السابق لتصحيح هذا الخطأ، وبعد



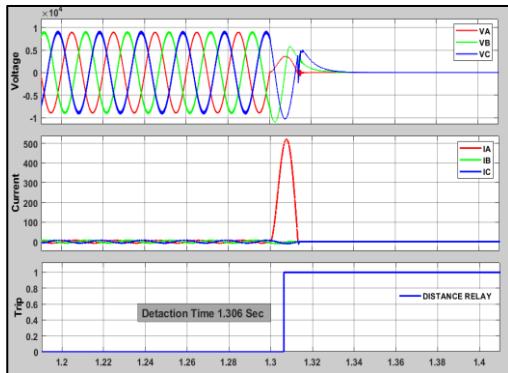
شكل (19) الرسم البياني للخطأ عند اضافة 50 مرکبة كهربائية.
الحالة الرابعة:

ان الخصائص التي تم الحصول عليها في حالة اضافة 50 مرکبة في المنظومة وكما مبينه في الشكل (7)، هذه الخصائص

بعد اكمال تدريب الشبكات العصبية على مجموعات التدريب لكل حالة من الحالات التي تم ذكرها سابقاً، والحصول على أفضل الموصفات للشبكة العصبية، في هذا القسم سوف يتم اختبار المُرحلة المسافية في حالة حدوث العطل الأرضي (SLG)، لإصدار إشارة الأفلات (TRIP)، وكذلك تحديد موقع العطل، لكل الحالات التي تمت دراستها.

نتائج الحالة الأولى

يتم تطبيق عطل ارضي (SLG)، ومقاومة عطل (7Ω)، وموقع عطل عند (50%)، وعند الزمن (1.3 sec)، تعتبر هذه الحالة هي الحالة الطبيعية بدون اضافة اي مركبة كهربائية. الشكل (24) بين تيار العطل الارضي واستجابة مُرحلة المسافة في إصدار اشارة الأفلات.



شكل (24) عطل طور الى الارض عند زمن $t=1.3$ sec.
من خلال الشكل (24)، يلاحظ حدوث العطل الارضي للطور الاول عند زمن (1.3 sec)، نلاحظ إنّ مرحل الحماية قام بإصدار إشارة الأفلات الى قاطع الدورة وبزمن مقداره (6 msec) لعزل الجزء المطعون من المنظومة. أما بالنسبة لموقع العطل، سوف يتم عرض جدول يوضح نسبة الخطأ لمجموعة مختلفة لموقع العطل. وبين الجدول (10) مواقع العطل الفعلية، والمواقع التي تم التنبؤ بها في لحظة العطل، عندما تكون مقاومة العطل (0 Ω).

جدول (10) مواقع العطل المختلفة عند قيمة ($R_F=0 \Omega$) في الحالة الطبيعية.

Actual fault Loc.	ANN Estimated fault Loc.	%Error
5%	0.050004419	-0.000442
15%	0.149760179	0.023982
25%	0.249947508	0.005249
35%	0.359411399	-0.941140
45%	0.449968803	0.003120
55%	0.549966433	0.003357
65%	0.650328907	-0.032891
75%	0.750000991	-0.000099
80%	0.799717419	0.028258

بالنسبة للعطل على بعد 50% من الخط ، ومقاومة عطل ($R_F=7\Omega$) ، كان موقع العطل المتوقع من قبل مُرحلة المسافة (50.0431%) وبنسبة خطأ (0.0431%)، علماً ان المعادلة المستخدمة لإيجاد نسبة الخطأ كما مبينه أدناه. حيث تعتبر هذه النسبة أقل من (5%) وبذلك يكون هذا النموذج ذو دقة عالية في تحديد موقع العطل.

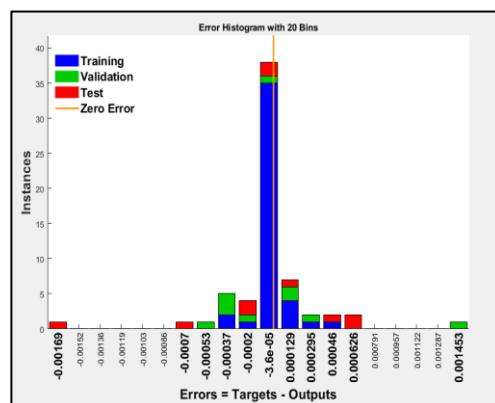
نتائج الحالة الثانية

اجراء التدريب للشبكة العصبية، وبطريقة الخطأ والصواب للحصول على أقل نسبة خطأ ممكنة، تم الحصول على الموصفات التالية للشبكة العصبية المستخدمة لتصحيح الخطأ في تحديد موقع العطل، وكما مبينة في الجدول (9).

جدول (9) وصف افضل تدريب للشبكة العصبية لحالة تحديد موقع العطل عند اضافة 75 مرکبة.

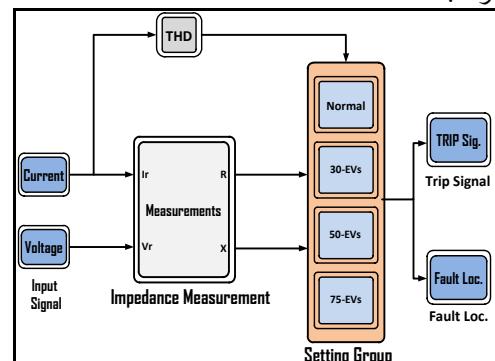
Number of hidden neurons	Training algorithm	Mean Squared Error(MSE)	Regression (R)	Epoch
10	Levenberg-Marquardt	1.38e-8	1	347

يبين الشكل (22) الرسم البياني للخطأ (Histogram) للبيانات التي تم تدريب الشبكة العصبية عليها في الحالة الطبيعية عند اضافة 75 مرکبة كهربائية.



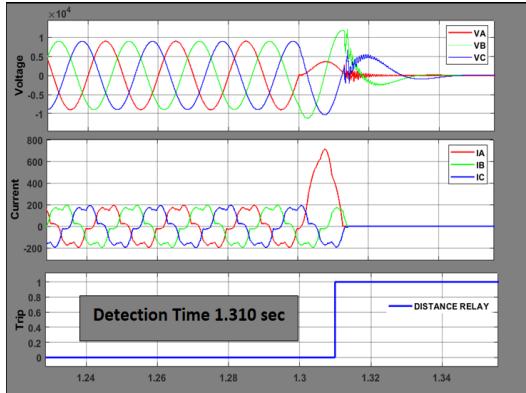
شكل (22) الرسم البياني للخطأ عند اضافة 75 مرکبة كهربائية.

يتم تكيف مُرحلة المسافة، وذلك لكي تلائم حالة المنظومة في الحالة الطبيعية وفي ظل وجود المركبات الكهربائية (75.50,30) مرکبة. إنّ اضافة المركبات الكهربائية يؤدي زيادة التشوه التوافقي الكلي (THD)، وعن طريق قياس التشوه التوافقي يتم معرفة اذا كانت هذه المركبات متصلة بالمنظومة. حيث إنّ مقدار التشوه التوافقي الكلي للمركبات المضافة (%) على التوالي. وبذلك يتم اختيار الخصائص للمُرحلة المسافة بحيث تناسب حالة المنظومة وتعمل بشكل صحيح في اصدار اشارة الأفلات اضافةً إلى تحديد موقع العطل بدقة عالية. الشكل (23) يبين هيكلية مُرحلة المسافة المقترنة.



شكل (23) هيكلية مُرحلة المسافة المقترنة.

7. نتائج التمثيل الحاسوبي



شكل (26) عطل طور الى الارض عند زمن $t=1.3$ sec مع اضافة 50 مركبة.

من خلال الشكل (26)، يلاحظ حدوث العطل الارضي للطور الاول عند زمن (1.3 sec)، نلاحظ ان مرحل الحماية قام بإصدار اشارة الافلات الى قاطع الدورة ويزمن مقداره (10 msec) لعزل الجزء المعطوب من المنظومة. أما بالنسبة لموقع العطل، سوف يتم عرض جداول توضح نسبة الخطأ لمجموعة مختلفة لمواقع العطل في حال اضافة 50 مركبة كهربائية، وبين الجدول (12) مواقع العطل الفعلية، والمواقع التي تم التنبؤ بها في لحظة العطل، عندما تكون مقاومة العطل (0Ω).

جدول (12) موقع العطل المختلفة عند قيمة ($RF=0\Omega$) عند اضافة 50 مركبة.

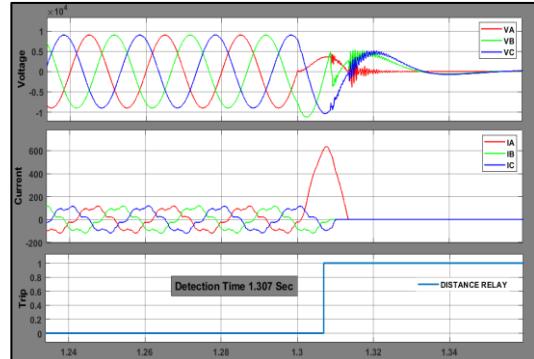
Actual fault Loc.	ANN Estimated fault Loc.	%Error
5%	0.049999106	8.94188 E-05
15%	0.149627753	0.037224664
25%	0.250546802	-0.054680193
35%	0.349997566	0.00024336
45%	0.450255783	-0.02557833
55%	0.549999035	9.65343 E-05
65%	0.650042931	-0.004293094
75%	0.749947732	0.005226791
80%	0.799993721	0.000627874

بالنسبة للعطل على بعد 50% من الخط ، ومقاومة عطل ($Rf=7\Omega$) واضافة 50 مركبة كهربائية، كان موقع العطل المتوقع من قبل مرحلة المسافة (49.866%) وبنسبة خطأ (0.133739244%).

نتائج الحالة الرابعة

وبنفس الاسلوب المتبوع في الحالة الاولى يتم تطبيق العطل الارضي، يتم عرض النتائج ادناه. الشكل (27) يمثل تيار العطل الارضي واستجابة المراحل في حال اضافة 75 مركبة كهربائية.

يتم تطبيق العطل الارضي، يتم عرض النتائج ادناه. الشكل (25) يمثل تيار العطل الارضي واستجابة المراحل في حال اضافة 30 مركبة كهربائية.



شكل (25) عطل طور الى الارض عند زمن $t=1.3$ sec مع اضافة 30 مركبة.

من خلال الشكل (25)، يلاحظ حدوث العطل الارضي للطور الاول عند زمن (1.3 sec)، نلاحظ ان مرحل الحماية قام بإصدار اشارة الافلات الى قاطع الدورة ويزمن مقداره (7 msec) لعزل الجزء المعطوب من المنظومة. أما بالنسبة لموقع العطل، سوف يتم عرض جداول توضح نسبة الخطأ لمجموعة مختلفة لمواقع العطل في حال اضافة 30 مركبة كهربائية، وبين الجدول (11) مواقع العطل الفعلية، والمواقع التي تم التنبؤ بها في لحظة العطل، عندما تكون مقاومة العطل (0Ω).

جدول (11) موقع العطل المختلفة عند قيمة ($RF=0\Omega$) عند اضافة 30 مركبة.

Actual fault Loc.	ANN Estimated fault Loc.	%Error
5%	0.050001405	-0.000140533
15%	0.150094842	-0.009484205
25%	0.24968351	0.03164895
35%	0.35042466	-0.042466041
45%	0.447789023	0.22109772
55%	0.549524804	0.047519626
65%	0.649623016	0.03769839
75%	0.750060355	-0.006035455
80%	0.799995879	0.000412111

بالنسبة للعطل على بعد 50% من الخط ، ومقاومة عطل ($Rf=7\Omega$) واضافة 30 مركبة كهربائية، كان موقع العطل المتوقع من قبل مرحلة المسافة (49.698%) وبنسبة خطأ (0.301%).

نتائج الحالة الثالثة

يتم تطبيق العطل الارضي، الشكل (26) يمثل تيار العطل الارضي واستجابة المراحل في حال اضافة 50 مركبة كهربائية.

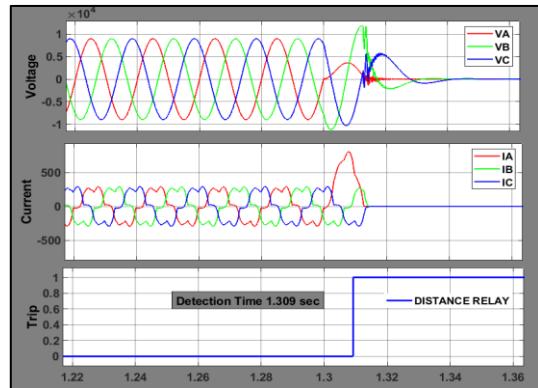
مسيطر عليه. من خلال النتائج يتبين أن أضافة المركبات الكهربائية يؤدي إلى زيادة تيار العطل، زيادة التيار المسحوب من المنظومة وزيادة التفاقيات في التيار المسحوب. كما إن زيادة عدد المركبات الكهربائية يؤدي إلى سوء الأداء للمرحلة، حيث تكون قيمة الممانعة المنظورة من قبل مرحلة المسافة أقل مقارنة بالحالة الطبيعية، وهذا ما يُعرف بـ“بعد المدى” الذي يحدث لمرحلة المسافة، وهذا يؤدي إلى تغير خصائص مرحلة المسافة مع زيادة عدد المركبات الكهربائية المضافة. في هذا البحث تم تصميم مرحلة مسافة ذكية تكيفية بالاعتماد على شبكات الذكاء الاصطناعية لتتكيف مع حالة المنظومة، تعمل على تغيير خصائصها بالاعتماد على مقدار التشوه التفافي للتيار، وبهذا يتم اختيار مجموعة التنظيم (Setting Group) المناسبة حسب عدد المركبات المضافة، في هذا البحث تم تصميم المرحلة بالاعتماد على أربع حالات (الحالة الطبيعية، إضافة 30 مركبة، إضافة 50 مركبة، 75 مركبة كهربائية). من خلال النتائج يتبين صحة المرحلة المقترنة، حيث كانت دقة نموذج الشبكة العصبية (%) 99.9% في كشف العطل، بينما كانت نسبة الخطأ في تحديد موقع العطل أقل بكثير من الحد المسموح، كانت نسبة الخطأ عند موقع العطل (%) 5% هي (0.000442%) في الحالة الطبيعية، وعند إضافة 30 مركبة كانت نسبة الخطأ ولنفس الموقع هي (0.00014%)، أيضاً كانت نسبة الخطأ عند إضافة 50 مركبة هي (8.94 e-5%)، كذلك الحال بالنسبة للحالة الأخيرة عندما تم زيادة عدد المركبات الكهربائية إلى 75 مركبة، حيث كانت نسبة الخطأ في تحديد الخطأ عند موقع عطل (%) هي (0.00079%).

الشكر

يود الباحثون أن يشكروا جميع الذين دعموا هذا العمل. كما يشّكر الباحثون جامعة الموصى كلية الهندسة على دعمهم المتواصل لإثراء هذا البحث بما يحتاجه.

المصادر

- [1] C. Gong *et al.*, “Research on influence and resolution of the relay protections with electric vehicle charging station integrating into distribution network,” *Int. J. Hydrogen Energy*, vol. 42, no. 29, pp. 18747–18753, 2017, doi: 10.1016/j.ijhydene.2017.04.181.
- [2] J. Ma, J. Liu, G. Yang, and A. G. Phadke, “Research on regional centralized protection scheme for distribution network integrated with electric vehicles,” *Int. J. Electr. Power Energy Syst.*, vol. 119, p. 105903, Jul. 2020, doi: 10.1016/j.ijepes.2020.105903.
- [3] M. Nour, J. P. Chaves-Ávila, G. Magdy, and Á. Sánchez-Miralles, “Review of Positive and Negative Impacts of Electric Vehicles Charging on Electric Power Systems,” *Energies*, vol. 13, no. 18, p. 4675, Sep. 2020, doi: 10.3390/en13184675.
- [4] M. Utakrue and K. Hongesombut, “Impact Analysis of Electric Vehicle Quick Charging to Power Transformer Life Time in Distribution System,” in *ITEC Asia-Pacific 2018 - 2018 IEEE Transp. Electrif. Conf. Expo. Asia-Pacific E-Mobility A Journey from Now Beyond*, 2018, pp. 1–5, doi: 10.1109/ITEC-AP.2018.8433281.
- [5] M. Farhoodne, A. Mohamed, H. Shareef, and H. Zayandehroodi, “Power quality impacts of high-penetration electric vehicle stations and renewable energy-based generators on power distribution systems,” *Meas. J. Int. Meas. Confed.*, vol. 46, no. 8, pp. 2423–2434, 2013, doi:



شكل (27) عطل طور الى الارض عند زمن $t=1.3$ sec مع اضافة 75 مركبة.

من خلال الشكل (27)، يلاحظ حدوث العطل الارضي للطور الاول عند زمن (1.3 sec)، نلاحظ ان مرحل الحماية قام بإصدار اشارة الانفاس الى قاطع الدورة ويزمن مقداره (9 msec) لعزل الجزء المعطوب من المنظومة. أما بالنسبة لموقع العطل، سوف يتم عرض جداول توضح نسبة الخطأ لمجموعة مختلفة لمواقع العطل في حال اضافة 75 مركبة كهربائية، بين الجدول (13) موقع العطل الفعلي، والمواقع التي تم التنبؤ بها في لحظة العطل، عندما تكون مقاومة العطل (0 Ω).).

جدول (13) موقع المختلفة عند قيمة ($RF=0 \Omega$) عند اضافة 75 مركبة.

Actual fault Loc.	ANN Estimated fault Loc.	%Error
5%	0.049992012	0.000798829
15%	0.149992395	0.000760458
25%	0.249988535	0.001146482
35%	0.350252949	-0.02529486
45%	0.450014705	-0.00147054
55%	0.549961502	0.003849778
65%	0.650046843	-0.004684311
75%	0.74999662	0.000338007
80%	0.800637807	-0.063780653

بالنسبة للعطل على بعد 50% من الخط ، ومقاومة عطل ($Rf=7\Omega$) واضافة 75 مركبة كهربائية، كان موقع العطل المتوقع من قبل مرحلة المسافة(%) (50.2455641%) وبنسبة خطأ (0.245564093%). من خلال النتائج التي تم عرضها يمكن القول ان مرحلة المسافة المقترنة تكون مناسبة جداً لهذه الحالات، حيث كانت اشارة الانفاس التي تعمل على فتح قاطع الدورة لعزل العطل سريعة، وتراوح زمن الفصل من (6 ملي ثانية – 10 ملي ثانية)، وهذا الزمن يعبر قليل جداً مقارنة مع المرحلات الرقمية من نوع سيمنز الذي يتراوح زمن الفصل فيها للقطاع الاول (Zone one) بين (30-20) ملي ثانية [20]. وكذلك الحال بالنسبة لتحديد الموقع يعتبر نموذج الشبكة العصبية الخاص بتحديد موقع العطل بدقة العالية وكما موضح في الجداول الخاصة بتحديد موقع العطل اعلاه.

8. الاستنتاجات

في هذه الورقة البحثية تمت دراسة تأثير محطة شحن المركبات الكهربائية على اداء مرحلة حماية المسافة في منظومة التوزيع، حيث تم استخدام شاحن ثلاثي الطور ذو ست نبضات

- [14] P. Richardson, D. Flynn, and A. Keane, "Impact assessment of varying penetrations of electric vehicles on low voltage distribution systems," *IEEE PES Gen. Meet. PES 2010*, pp. 1–6, 2010, doi: 10.1109/PES.2010.5589940.
- [15] L. Wang, Z. Qin, T. Slangen, P. Bauer, and T. van Wijk, "Grid Impact of Electric Vehicle Fast Charging Stations: Trends, Standards, Issues and Mitigation Measures - An Overview," *IEEE Open J. Power Electron.*, vol. 2, pp. 56–74, 2021, doi: 10.1109/OJPEL.2021.3054601.
- [16] A. S. Khraiwish, M. Alshamasin, R. Kassasbeh, Y. Al shibou, Z. Al-Qudah, and M. Al-Busoul, "The Effect of the Harmonics, the Fault Location and the Fault Resistance on the Performance of the Impedance-Type Distance Relay," *Am. J. Appl. Sci.*, vol. 6, no. 4, pp. 788–796, Apr. 2009, doi: 10.3844/ajas.2009.788.796.
- [17] M. Mulholland, D. B. Hibbert, P. R. Haddad, and P. Parslov, "A comparison of classification in artificial intelligence, induction versus a self-organising neural networks," *Chemom. Intell. Lab. Syst.*, vol. 30, no. 1, pp. 117–128, 1995, doi: 10.1016/0169-7439(95)00050-X.
- [18] E. Systemsfer, "Artificial Intelligence and Expert Systems for Engineers," *Artif. Intell. Expert Syst. Eng.*, 2018, doi: 10.1201/9781315137773.
- [19] I. I. Alnaib, A. N. B. Alsammak, and S. Sabry, "Protection Relay Performance Comparison for Faults Detection and Classification Based on ANN and ANFIS," in *Control, Instrumentation and Mechatronics: Theory and Practice*, Z. M. Norhaliza Abdul Wahab, Ed. Springer, Singapore, 2022, pp. 545–555.
- [20] G. Ziegler, *Numerical Distance Protection, Principles and Applications*. John Wiley& Sons, 2011.
- [6] S. Habib, M. Kamran, and U. Rashid, "Impact analysis of vehicle-to-grid technology and charging strategies of electric vehicles on distribution networks - A review," *J. Power Sources*, vol. 277, pp. 205–214, 2014, doi: 10.1016/j.jpowsour.2014.12.020.
- [7] R. Kumar and D. Saxena, "Impact of Plug-In Electric Vehicles on Faulted Distribution System," *Arabian Journal for Science and Engineering*, vol. 45, no. 3, pp. 1599–1614, 2019, doi: 10.1007/s13369-019-04104-1.
- [8] M. Etezadi-Amoli, K. Choma, and J. Stefani, "Rapid-charge electric-vehicle stations," *IEEE Trans. Power Deliv.*, vol. 25, no. 3, pp. 1883–1887, 2010, doi: 10.1109/TPWRD.2010.2047874.
- [9] A. Nasser and S. Arkan, "Enhancement Effects of the STATCOM on the Distance Relay Protection," *Int. J. Comput. Appl.*, vol. 182, no. 40, pp. 10–14, 2019, doi: 10.5120/ijca2019918461.
- [10] A. N. Alsammak and M. I. I. Abdulhameed, "Performance Improvement for Distance Relay Based Fuzzy Logic for All Prospective Faults," *Int. Res. J. Eng. Technol.*, vol. 05, no. 08, pp. 1489–1495, 2018.
- [11] G. Electric, "MiCOM P40 Agile, Technical Manual," 2017.
- [12] A. N. Alsammak and M. S. A. Janderma, "Design a Fuzzy Distance Relay Including STATCOM Effects," *Int. Res. J. Eng. Technol.*, vol. 06, no. 08, pp. 1072–1078, 2019.
- [13] S. Khudher, I. Aris, M. Othman, and N. Mailah, "Output-Input Hybrid Passive Filter Design for Electric Vehicle Charging Station," *Al-Rafidain Eng. J.*, vol. 26, no. 2, pp. 132–142, Oct. 2021, doi: 10.33899/rengj.2021.129599.1084.

Effect of Electric Vehicle Charging Stations on the Performance of Distance Relay

Wisam M. Najem **Omar Sh. Alyozbaky** **Shaker M. Khudher**
wisam.20enp50@student.uomosul.edu.iq *o.yehya@uomosul.edu.iq* *shakeralhyane@uomosul.edu.iq*

Electrical Engineering Department, Collage of Engineering, University of Mosul, Mosul, Iraq

ABSTRACT

Distance protection is considered important and essential in power systems. Due to the development of distribution systems and the system's topology change from time to time, integrating electric vehicles into the distribution system leads to an increase in short circuit level and injection of harmonics into the system. Since the vehicles are continuously variable loads, this leads to difficulty in adjusting the protections that depend on the current in the process of adjusting them. As a result, distance protection is used in distribution systems. This paper shows the effect of integrating electric vehicle charging stations on the relay performance of distance protection in the distribution system. Distance protection relay was built based on artificial neural networks adapted to the system conditions. The accuracy of the neural network model used for fault detection was (99.9%), and the error rate in locating the fault was (0.00079%).

Keywords:

Distance Relay, Electric Vehicles, Charging Stations, Artificial Neural Networks

A ملحق

ثبوت المختصرات

المصطلح بالإنكليزي	المصطلح بالعربي
EVs: Electric Vehicles	المركبات الكهربائية
V2G: Vehicle to Grid	من المركبة إلى الشبكة
PQ: Power Quality	جودة القدرة
FC: Fast Charging	الشحن السريع
FCSs: Fast Charging Stations	محطات شحن المركبات الكهربائية السريعة
ANN: Artificial Neural Networks	شبكات الذكاء الاصطناعي
FACTS: AC Flexible Transmission line	أجهزة نقل القررة المرنة
FFN: Feed Forward Neural Network	الشبكات العصبية ذات التغذية الامامية
SLG: Single Line to Ground	عطل طور إلى الأرض