

## تأثير الحث التبادلي لنظام التعاقب الصفري على أداء مرحلة المسافة

السيد أحمد عطية البدراني  
مدرس مساعد  
المعهد التقني -

د. عبد الغني عبد الرزاق عبد الغفور  
أستاذ مساعد  
كلية الهندسة - قسم الكهرباء

قسم الكهرباء

### الخلاصة

لأجل ضمان قيام أجهزة منظومة الحماية المعتمدة على مبدأ المسافة المحمية بدورها بشكل جيد من دون حدوث تقصير بالأداء ، يجب الأخذ بعين الاعتبار جميع الكميات و المحددات التي تؤثر على دقة قياس حماية المسافة والمفروضة من قبل منظومة القدرة الكهربائية ، إن البحث يتناول المشكلة التي تواجه مرحلة المسافة التقليدية (Conventional Distance Relay) والمصممة في الأصل لحماية خط نقل مفرد الدائرة عندما تستخدم لحماية خط نقل مزدوج الدائرة بسبب تأثير الحث التبادلي لنظام التعاقب الصفري ، وقد تمت هذه الدراسة بتحليل الدائرة التي تمثل حالة عطل خط مع الأرض لإحدى خطوط النقل المزدوجة وإيجاد قيم التيار والفولتية لمرحلة المسافة عند مواقع عطل وظروف تشغيلية مختلفة ، كما وقد تم اختيار جزء من منظومة خطوط النقل الهوائية المزدوجة (132 kV) لشبكة كهرباء العراق للمنطقة الشمالية لغرض إجراء هذا البحث.

وقد أظهرت نتائج البحث أن الحث التبادلي لنظام التعاقب الصفري سوف يجعل مرحلة المسافة تميل إلى قصر أو بعد في المدى الحثي حسب ظروف التشغيل و تغيير مستوى القصر وسريان القدرة لمصدر التغذية عند نهايتي خط النقل، وتوصل البحث إلى إمكانية تعويض هذا التأثير عن طريق حقن مرحلة المسافة بتيار التعاقب الصفري للمسار المجاور ، وكانت هذه الطريقة فعالة في حالة كون المرحلة وموقع العطل في نفس الدائرة وأيضا في حالة كون المرحلة وموقع العطل في دائرة مختلفة ولكن بمحددات.

## Influence of Mutual Coupling due to Zero-Sequence On The Performance of Distance Relay

Dr. Abdul Ghani A. Abdul Ghafoor  
Electrical Department  
College of Engineering

Mr. Ahmed Ateya Al-Badrany  
Electrical Department  
Technical Institute

### Abstract

To get accurate performance of the distance protection function, Must be all influencing quantities and limitations on the measuring accuracy of distance relay that imposed by power system in considered. This research includes study and analysis of the problems which faces the conventional distance relay which was designed for single circuit distance protection when applied double circuit of over head transmission line,

due to mutual coupling zero - sequence system in this case, For various operational conditions and fault location, This work had been conducted with (I.N.R.G. 132 kV) transmission lines systems under to ground fault condition, The current and voltage at the relay and fault location were calculated.

The results show that zero sequence mutual coupling may cause the distance relay to seriously over reach under reach for different operational situations and fault locations, Values of short circuit levels ratio and power flow for feed sources which connected to the line ends have major effect in this problem.

This research indicate the possibility of zero sequence coupling compensation by injecting proportion of the zero sequence current flowing in the parallel feeder into the relay to reduce this effect, This method is successful when relay and fault location are in the a same circuit, Also when relay and fault location are in different circuits but with limits .

**Keywords:** Protection, Distance Relay, Influence of Mutual Coupling.

## 1 . مقدمة:

أستعمل في (3/6/2005) معتمدة على قياس المسافة ذات أهمية كبيرة في حماية خطوط النقل الهوائية وتستند هذه الحماية على قياس ممانعة الخط بشكل مستمر إذ إنها تتحسس بوجود العطل عند حدوث اختلاف في ممانعة خط النقل وعليه تقوم بإصدار إشارة الإفلات فهي بطبيعة سلوكيتها تعد حماية غير وحدوية.

إن من المعضلات ذات التأثير المباشر على السلوكية الصحيحة لمرحلات المسافة كثيرة وخاصة في خطوط النقل المعقدة ، ومنها تأثير الحث التبادلي لنظام التعاقب الصفري في خطوط النقل المزدوجة [1].

## 2 . تأثير الحث التبادلي في خطوط النقل الهوائية المزدوجة الدائرة:

إن خطوط النقل الهوائية ذات الدائرة المزدوجة على نفس البرج أو على أبراج مختلفة يحدث فيها اقتران حثي تبادلي بين مسارات التيارات في هذه الخطوط [2].  
إن تأثير الحث التبادلي في حالة الأعطال الأرضية لنظام التعاقب الموجب والسالب يكون قليلاً جداً لأن قيمة ممانعة الحث التبادلي لمركبة التعاقب الموجب تكون بحدود (10% - 5%) من قيمة ممانعة الحث الذاتي لنفس المركبة ، وكذلك الحال في نظام التعاقب السالب ، وعليه يمكن إهمال تأثيرهما.

أما تأثير الحث التبادلي في حالة الأعطال الأرضية لنظام التعاقب الصفري فإن ممانعة الحث التبادلي لمركبة التعاقب الصفري تكون قيمتها بحدود (70% - 50%) من قيمة ممانعة الحث الذاتي لنفس المركبة ، وعليه سوف تؤثر على قيمة تيار العطل وبالتالي بالاتجاه الخاطيء للتيار. إن ممانعة الحث التبادلي بين نظامي التعاقب الصفري بدون تأثير سلك التأسيس يمكن أن تعطى بالمعادلة التالية [2]:

$$Z_{OM} = 3.R_E + (j. \omega. 6. \ell_n \frac{D_e}{A_L}) . 10^{-4} \quad [\Omega / km] \quad \dots (2-1)$$

(Angular Frequency)  $(\omega = f \pi 2)$  تمثل التردد الزاوي للنظام ،  
 (Geometrical Mean Distance)  $(R_E)$  معدل البعد الهندسي  
 (Ground Resistance) وهي معادلة تجريبية تعتمد على تردد النظام وتكون وفق  
 العلاقة التالية [2]:

$$R_E = (\pi / 2) \cdot \alpha \cdot 10^{-4} \quad [\Omega / \text{km}] \quad \dots (2-2)$$

(Penetration Depth)  $(D_e)$  والذي يمثل بدوره عمق الاختراق  
 المكافئ لمسار التيار العائد للأرض ويمكن التعبير عنه بالمعادلة التالية [2]:

$$D_e = 1650 \sqrt{\frac{\rho}{\omega}} \quad \dots (2-3)$$

حيث إن  $(\rho)$  تمثل المقاومة النوعية للأرض (Specific Resistance of Earth)

### 3. طرائق تعويض تأثير مركبة نظام التعاقب الصفري لمرحلة قياس المسافة:

تأثير شبكة التعاقب الصفري سوف يظهر في حالة الأعطال الأرضية مما يؤثر على أداء  
 مرحلة قياس المسافة لذلك تستخدم مرحلة المسافة الأرضية (Ground Distance Relay)  
 وعليه فإن هنالك طريقتين لأجل تعويض هذا التأثير لتحسين الأداء ضمن هذه الظروف لهذا  
 النوع من المرحلات هما : طريقة تعويض تيار التعاقب الصفري ( Zero Sequence  
 Current Compensation)، وطريقة تعويض فولتية التعاقب الصفري ( Zero Sequence  
 Voltage Compensation)[3].

#### 3.1 . طريقة تعويض تيار التعاقب الصفري:

إن هذه الطريقة تعتمد على قياس ممانعة التعاقب الموجب  $(Z_{IL})$  للخط المحمي كمرجع في  
 حالة العطل وتستخدم في حالة كون الخط مرتبطاً بمحولة لها خط متعادل مرتبط بالأرضي عند  
 موقع المرحلة ، وعليه فإن التيار الذي يجهز للمرحلة في هذه الطريقة يكون وفق المعادلة  
 التالية [3]:

$$I_R = I_a + \left( \frac{Z_{0L} - Z_{1L}}{Z_{1L}} \right) \cdot I_0 \quad \dots (3-1)$$

حيث إن  $(I_a)$  تيار الطور العاطل و  $(I_0)$  تيار التعاقب الصفري المار بالمرحلة لذلك فإن الممانعة الظاهرية  $(Z_R)$  التي تقيسها المرحلة في ح (L-G) يمكن كتابتها بالمعادلة التالية:

$$Z_R = Z_{1L} + I_F R_F / (I_a + (Z_{0L} - Z_{1L}) \cdot I_0) \quad \dots (3-2)$$

### 3.2 . طريقة تعويض فولتية التعاقب الصفري:

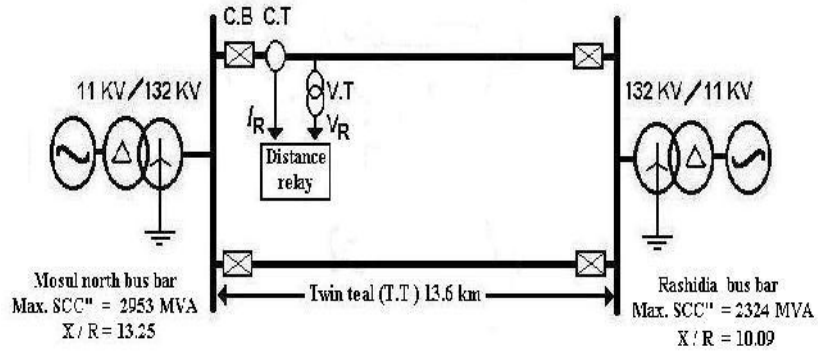
إن هذه الطريقة تعتمد على قياس ممانعة التعاقب الصفري  $(Z_{0L})$   $(Z_{1L})$  المحمي ، ومن محاسن هذه الطريقة أنها تكون أكثر دقة في حالة وجود قدرة متفاعلة كبيرة على أي ظهور تأثير سعوي في خط النقل الهوائي- إن التيار الذي يجزء للمرحلة في هذه الحالة يكون تيار التعاقب الصفري  $(I_0)$  ويساوي  $(I_{res.}/3)$  يمثل التيار المتبقي (Residual Current) ويمكن الحصول عليه من خلال محولة وسطية ( Interposing Transformer ) لذلك فإن الممانعة التي تقيسها المرحلة في حالة عطل (L-G) يمكن كتابتها بالمعادلة التالية [3]:

$$Z_R = Z_{0L} + (I_F / I_0) \cdot R_F \quad \dots (3-3)$$

### 4 ظروف تشغيل مرحلة قياس المسافة في خطوط النقل الهوائية المزدوجة:

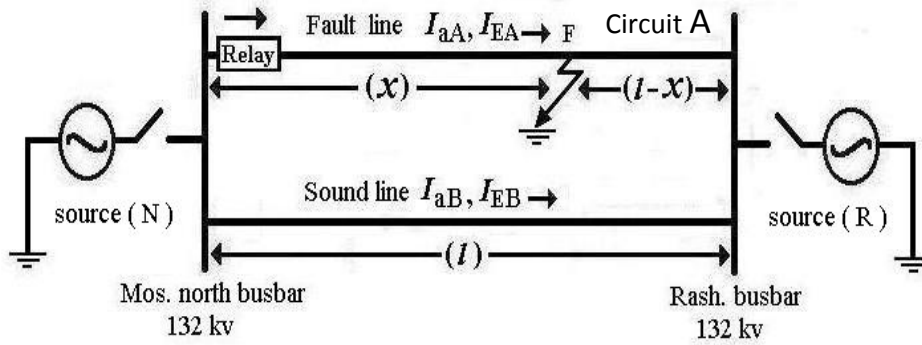
من العوامل المؤثرة على نتائج قياس الممانعة بين موقع العطل وموقع المرحلة هي ظاهرة المغناطيسية التبادلية لمركبة التيار الصفري بين مساري خط النقل الهوائي ، والتي تظهر عند حالات الأعطال الأرضية ، وفي حالات أعطال انقطاع الأطوار والتي يصاحبها نشوء مركبة ية للتيار مما يؤدي إلى حدوث تقصير في الأداء بالنسبة لمرحلة حماية المسافة  $(132 \text{ kV} - 400 \text{ kV})$  ولأجل دراسة هذا التأثير على قياس حماية المسافة العاملة في خطوط النقل الهوائية المزدوجة  $(132 \text{ kV})$  لشبكة كهرباء العراق للمنطقة لشمالية ، تم اختيار جزء من هذه المنظومة وكما يتضح في الشكل (4-1) لغرض إجراء هذا

إن لمستوى القصر عند قضبان العمومي للمحطات تأثيراً كبيراً على تيارات الحث التبادلي لخطوط النقل المزدوجة الدائرة ، وقد تم اعتماد اعظم مستوى قصر (Max. Short Circuit Level) لإيجاد قيم ممانعات المصادر المكافئة ، إذ أن النسبة بين (MVA) للمصدرين الموضحين في الشكل (4-1) في حالة اعظم وأدنى مستوى قصر متساوية تقريباً، ولأجل بيان تأثير هذه المصادر على الحث التبادلي بين المسارين المتوازيين لتيارات مركبة التعاقب الصفري في حالة عطل خط إلى الأرض (L-G) سوف يتم أخذ حالتين لموقع العطل مع إبقاء موقع (A) من ثم استخدام طريقة لتعويض الحث التبادلي ، وكذلك سوف يتم أخذ الحالة عندما يكون أحد الخطين المتوازيين مؤرضاً من طرفيه.



الشكل (4-1) . جزء من خطوط النقل الهوائية الموالية (132 KV) بسبحة المنطقه السماويه

4.1 . التحليل الرياضي لحالة عطل طور مع الأرض في مسار الدائرة (A):  
 في حالة حدوث قصر الطور (a) مع الأرض في مسار الدائرة الأولى (A) لخط النقل  
 (I) كيلومتر والمزود بالقدرة من جهتين وبحالة عدم التحميل، وكون نقطة  
 جهة الفولتية العالية للخط وكون موقع العطل في النقطة (F)  
 حياد (X) كيلومتر من موقع مرحلة المسافة وكما موضح في الشكل (4-2) [4].



الشكل (4-2): خط نقل مزدوج في حالة عطل (L-G) في مسار الدائرة (A)

وعليه فإن فرق الجهد لنظام التعاقب الموجب والذي يظهر عبر مرحلة قياس المسافة يكون

$$V_{1R} = X \cdot Z_{1L} \cdot I_{1A} + V_{1F} \quad \dots (4-1) \quad :[4]$$

لجهد لنظام التعاقب السالب والذي يعبر عنه بالعلاقة التالية :

$$V_{2R} = X \cdot Z_{2L} \cdot I_{2A} + V_{2F} \quad \dots (4-2)$$

إن تيار التعاقب الموجب للمرحلة يكون مساوياً لتيار التعاقب السالب ( $I_{1A} = I_{2A}$ ) وكذلك ممانعة التعاقب الموجب تكون مساوية لممانعة التعاقب السالب ( $Z_{2L} = Z_{1L}$ ) كيلومتر لخط 1 .

أما في نظام التعاقب الصفري والذي يظهر فيه تأثير الحث التبادلي بين تيار التعاقب (A) و تيار التعاقب الصفري ( $I_{0B}$ ) (B) ، فإن فرق الجهد الذي يظهر عبر مرحلة قياس المسافة يكون وفق العلاقة التالي:

$$V_{OR} = X \cdot Z_{OL} \cdot I_{OA} + X \cdot Z_{OM} \cdot I_{OB} + V_{OF} \quad \dots(4-3)$$

وعليه فإن فولتية المرحلة ( $V_R$ ) سوف تشمل هبوط الجهد لمركبات التعاقب الثلاثة بما فيها

$$V_R = V_{1R} + V_{2R} + V_{OR} + V_{1F} + V_{2F} + V_{OF} \quad \dots(4-4) \quad \text{فولتية مقاومة العطل وكالتالي :}$$

وعلى فرض أن مقاومة العطل تساوي صفراً فإن ( $V_{1F} + V_{2F} + V_{OF} = 0$ ) ، أما التيار

الذي يجهز للمرحلة فيكون بطريقة تيار التعاقب الصفري المذكورة آنفاً ويكون :

$$I_R = I_{aA} + \left( \frac{Z_{OL} - Z_{1L}}{Z_{1L}} \right) \cdot I_{OA} \quad \dots(4-5)$$

لذلك فإن قيمة الممانعة الظاهرية ( Apparent Impedance ) التي تقيسها مرحلة المسافة

:

$$Z_R = (V_R / I_R) \quad \text{وبطريقة أخرى يمكن التعبير عن قيمة الممانعة الظاهرية وفق التالي [2]:} \quad \dots(4-6)$$

$$I_{aA} + \frac{Z_{OL} - Z_{1L}}{Z_{1L}} \cdot I_{OA}$$

$$Z_R = X \cdot Z_{1L} \left\{ 1 + \frac{K_M \cdot I_{EB}}{I_{aA} + K_E \cdot I_{EA}} \right\} \quad \dots(4-7)$$

حيث أن ( $K_E$ ) يمثل عامل التعويض المتبقي (Residual Compensation Factor) ويساوي

$$\text{Mutual Compensation (} K_M \text{) يمثل عامل التعويض التبادلي (} \frac{Z_{OL} - Z_{1L}}{3 Z_{1L}} \text{) (Factor)}$$

ويساوي  $(\frac{Z_{0M}}{3 Z_{1L}})$  ، ويمثل كل من  $(I_{EA})$   $(I_{EB})$  التيار الأرضي (Earth Current)

(A) و الدائرة الثانية (B) .  $(I_{EA})$  يساوي  $(3.I_{0A})$  .  
 $(I_{EB})$  يساوي  $(3.I_{0B})$  .

(4-7) يمثل الممانعة الفعلية للعطل (Z) Actual Impedance  $(Z)$  والواقعة بين نقطة العطل وموقع المرحلة والتي تكون بدلالة  $(Z_{1L})$  ، أما الحد الثاني من المعادلة فيمثل ممانعة  $(Z_e)$  والناتجة بسبب ممانعة الحث التبادلي لنظام التعاقب  $(Z_{0M})$  .

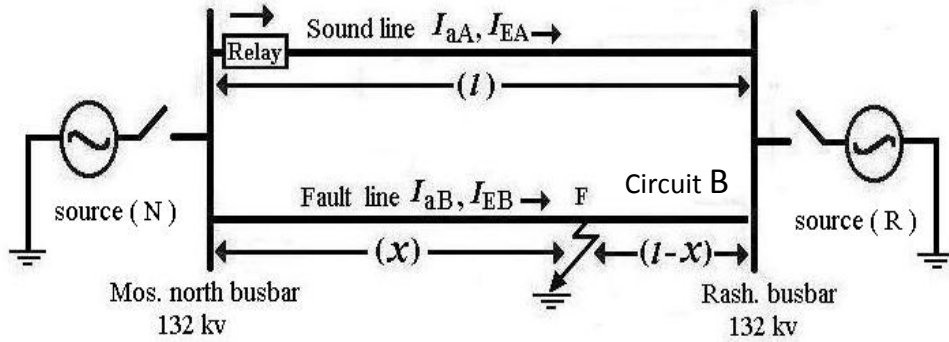
إن مقدار ممانعة الخطأ في قياس ممانعة دائرة القصر يعتمد على قيمة واتجاه كل من تيار  $(I_{0A})$   $(I_{0B})$  ، وكذلك يعتمد على مقدار  $(I_{aA})$  والذي يشكل جزءاً من تيار  $(I_{0B} / I_{0A})$  سوف تتأثر بمستوى القصر للمصدرين المكافئين للشبكة المتربط عند نهايات العموميين وبالتالي فإن هذه النسبة سوف تؤثر على أداء مرحلة المسافة وكما يتضح في الشكل (4-2) وتكون هذه النسبة وفق العلاقة التالية [5]:

$$(I_{0B} / I_{0A}) = \frac{(m) \cdot Z_{0SR} - (1-m) \cdot (Z_{0SN})}{(2-m) \cdot Z_{0SR} + (1-m) \cdot (Z_{0SN} + Z_{0L} + Z_{0M})} \dots(4-8)$$

تمثل  $(=X / I m)$  النسبة بين موقع العطل والطول الكلي للخط و  $(Z_{0SR})$   $(Z_{0SN})$  هي ممانعات التعاقب الصفرية للمصدري القدرة المرتبطة بهذه العموميات وقد تم إيجادها من دراسة حالة القصر الثلاثية الطور المباشرة وحالة عطل الطور الواحد إلى الأرض عند لهذه المحطات وكانت البيانات التي تم اختيارها لغرض إجراء الدراسة عند أقصى مستوى قصر.

#### 4.2 . التحليل الرياضي لحالة عطل طور مع الأرض في مسار الدائرة (B):

في هذه الفقرة سوف يتم دراسة تأثير حالة حدوث عطل طور مع الأرض في مسار الثانية (B) لخط النقل ومدى تأثير ذلك على أداء مرحلة قياس المسافة الموجودة في مسار الدائرة الأولى (A) والتي تعمل في هذه الحالة كحماية سائدة - إي إن الاعطال سوف تظهر ضمن قطاع الحماية الثاني - ولنفس الفرضيات السابقة، وبفرض موقع العطل في النقطة (F) وعلى بعد (X) من موقع قضبان العمومي القريب من مرحلة قياس المسافة لخطوط النقل الهوائية المزدوجة (132 kV) وكما يتضح في الشكل (4-3) [4].



الشكل (4-3): خط نقل مزدوج في حالة عطل (L-G) في مسار الدائرة (B)

يمكن حساب فولتية المرحلة ( $V_R$ ) والتي تشمل هبوط الجهد لمركبات التعاقب الثلاثة

: [4]

$$V_R = 2(2I-X) Z_{1L} \cdot I_{1A} + 2(I-X) Z_{1L} \cdot I_{1SR} + (2I-X) Z_{0L} \cdot I_{0A} + \dots$$

$$(I-X) Z_{0L} \cdot I_{0SR} + (X) Z_{0M} \cdot I_{0B} - (I-X) Z_{0M} \cdot I_{0A} - \dots$$

معادلة السابقة تأثير مصدر تيار التغذية لقضبان العمومي البعيد عن مرحلة المسافة من خلال تيارات التعاقب الموجبة ( $I_{1SR}$ ) ( $I_{0SR}$ ) والتي يؤدي إلى زيادة هبوط الفولتية عبر المرحلة ، وبالتالي يؤدي إلى زيادة قيمة الممانعة الظاهرية المقاسة وكما يأتي [4]:

$$Z_R = Z_{AL} \left\{ (2I-X) + \frac{(I-X)[2Z_{AL} \cdot I_{1SR} + Z_{0L} \cdot I_{0SR} - 2Z_{0M} \cdot I_{0A} - Z_{0M} \cdot I_{0SR} + X Z_{0M} \cdot I_{0B}]}{I_{aA} + K_E \cdot I_{EA}} \right\} \dots (4-10)$$

إن الحد الأول من المعادلة (4-10) يمثل الممانعة الفعلية للعطل ( Actual Impedance ) التي تقع بين موقع العطل وموقع المرحلة والتي تكون بدلالة ( $Z_{IL}$ ) ، أما الحد الثاني من المعادلة فيمثل ممانعة الخطأ ( $Z_e$ ) والناجمة بسبب تيارات التعاقب الموجبة والصفيرية ( $I_{1SR}$ ) ( $I_{0SR}$ ) على التوالي لمصدر التغذية لقضبان العمومي البعيد عن المرحلة ، فضلاً عن تأثير ممانعة الحث التبادلي لنظام التعاقب الصفري ( $Z_{0M}$ ). أما النسبة ( $I_{0B} / I_{0A}$ ) في هذه الحالة فسوف تتأثر بمصدري القدرة المكافئين ( $N$ ) ( $R$ ) أيضاً وكما هو مبين في الحالة السابقة ، وبالتالي فإن هذه النسبة سوف تؤثر على أداء مرحلة المسافة وتكون هذه النسبة وفق العلاقة

$$(I_{0B} / I_{0A}) = \frac{(2-m) \cdot Z_{0SR} + (1-m) \cdot (Z_{0SN} + Z_{0I} + Z_{0M})}{(m) \cdot Z_{0SR} - (1-m) \cdot (Z_{0SN})} \dots (4-11)$$

التالية [5]:

### 5. تعويض تأثير الحث التبادلي لنظام التعاقب الصفري في خطوط النقل المزدوجة:

لغرض تحسين أداء مرحلة قياس المسافة في خطوط النقل الهوائية المزدوجة الدائرة يجب تعويض تأثير ممانعة الحث التبادلي لنظام التعاقب الصفري لأجل تقليل هذا التأثير ، إن عملية التعويض هذه تتم عن طريق حقن المرحلة الموجودة في المسار ذي العطل بنسبة معينة وثابتة من تيار التعاقب الصفري ( ر السليم ) ( $I_{EB} = 3 \cdot I_{0B}$ ) ، وبذلك يكون التيار الذي يجهز للمرحلة في حال التعويض كالتالي [6]:

$$I_R = I_{aA} + I_{EA} \cdot K_E + I_{EB} \cdot K_M \dots (5-1)$$

( $K_M$ ) تمثل عامل التعويض التبادلي ، إن عملية التعويض يمكن أن تستخدم لخطوط النقل المتوازية والتي ترتبط نهاياتها عند نفس قضبان العمومي للمحطة ، في بعض حالات



الخطوط المعقدة والتي تعمل مرحلات قياس المسافة فيها كحماية سائدة ، أما في حالة كون خطوط النقل متوازية مع بعضها البعض لجزء معين من الخط ، فإن عملية التعويض تكون

وفي حالة كون مرحلة قياس المسافة الكروميكانية (Electro-Mechanical Relay) فإن تعويض تأثير ممانعة الحث التبادلي يتم من خلال عناصر المرحلة وذلك بإضافة التيار الأرضي للمسار المجاور عن طريق محولة وسطية (Interposing Transformer) إلى تيار

أما في حالة كون مرحلة المسافة تعمل بتقنية رقمية (Digital Relay) أن التعويض يتم من خلال إضافة عنصر إدخال يقيس التيار الأرضي للمسار المجاور ويضاف إلى التيار الأرضي للخط المحمي عن طريق البرمجة (Software)[2]. ومع ذلك فإن عملية تعويض تأثير الحث التبادلي تجعل عملية القياس معقدة وخطرة لأن مرحلة قياس المسافة سوف تُجهز بتيارات من محولات تيار (C.T) [1].

#### 6 . بيان تأثير ممانعة الحث التبادلي لنظام التعاقب الصفري على طول منطقة الحماية:

إن قيمة واتجاه تيار التعاقب الصفري ( $I_{0A}$ ) ( $I_{0B}$ ) للمسارين المتوازيين سوف يتأثران بتغير مستوى القصر وسريان القدرة للعمومي القريب والبعيد عن مرحلة المسافة - المصدرين المكافئين (N) (R) وكما مبين في الشكل (4-2) -

على الممانعة الظاهرية التي تقيسها مرحلة المسافة في حالة عطل الخط إلى الأرض (L-G) لذا سوف نقوم ببيان تأثير هذه المصادر على تغيير قيم طول منطقة الحماية.

#### 6.1. حالة عطل طور مع الأرض في مسار الدائرة (A):

لأجل بيان تأثير مستوى القصر و سريان القدرة تم تمثيل دارة عطل طور مع الأرض النقل المتوازي المسار باستخدام برنامج تمثيل الدوائر الكهربائية ( MATLAB / Simulink + M-File) بوجود ممانعات التعاقب الموجبة والسالبة والصفيرية المكافئة للمصدر المرتبط إلى طرفي خط النقل وتم تنفيذه وظروف تشغيلية مختلفة [7].

#### 6.1.1. تأثير مصدر القدرة القريب من مرحلة المسافة:

إن اتجاه سريان تيار التعاقب الصفري في الدائرة الأولى (A) - إي المسار العاطل - والدائرة الثانية (B) - إي المسار غير العاطل - يكون متساوياً ، وإن النسبة بين انسياب مركبة هذين التيارين ( $I_{0B} / I_{0A}$ ) ( $\frac{X}{2l-X}$ ) أي أنها تكون بدلالة طول الخط (l)

(X) عن مرحلة قياس المسافة عليه فإن مرحلة المسافة سوف تقيس ممانعة اكبر من ممانعة العطل الفعلية وذلك لأن مقدار ممانعة الخطأ يكون موجباً بسبب كون اتجاه سريان تيار التعاقب الصفيرية متساوي ، أي إن تأثير مصدر القدرة القريب من المرحلة في هذه الحالة سوف يؤدي إلى التقليل من طول منطقة الحماية ، وكما يبين الشكل (1-6) ، لذلك إذا تم ضبط طول منطقة الحماية الأولى (1st. Zone) (85 %)

الفعلي ، فإنه سوف يغطي (68.5 %) فقط من الطول الفعلي لخط النقل ، وعليه فإن المرحلة (Under Reach) يصل إلى (31.8 %) وكما موضح في الشكل

(6-2).

#### 6.1.2. تأثير مصدر القدرة البعيد عن مرحلة المسافة:

إن اتجاه تيار التعاقب الصفري ( $I_{0B}$ ) للمسار غير العاطل لهذه الحالة يكون مساوياً لتيار التعاقب الصفري ( $I_{0A}$ ) للمسار العاطل بالقيمة ولمواقع مختلفة للعطل ، ولكنه يكون مُعكساً بالاتجاه أي إن الفرق بين زاويتي التيارين يكون ( $180^0$ )، لذلك فإن مرحلة قياس المسافة سوف تقيس ممانعة صغيرة ، وهي أقل من ممانعة العطل الفعلية وذلك لأن مقدار ممانعة الخطأ في هذه الحالة يكون سالبا ، أي إن تأثير المصدر البعيد عن مرحلة المسافة في هذه الحالة سوف يزيد من طول منطقة الحماية ، وكما يتضح من الشكل (6-1) ، وعليه إذا تم ضبط طول منطقة الحماية مسار خط النقل الأول الفعلي فإنه (53.1 %) (1st. Zone) سوف يغطي (100 %)

ولذلك فإن المرحلة سوف تعاني من بُعد المدى (Over reach) كبير جداً والذي يصل (87.1 %) وكما يتضح في الشكل (6-2).

### 6.1.3. تأثير مصدري القدرة عند نهايتي خط النقل على مرحلة المسافة:

هذه الحالة فإن كلا المصدرين المرتبطين في نهايتي خط النقل سوف يؤثران على قيمة الممانعة الظاهرية المقاسة من قبل مرحلة المسافة، إن ممانعة التعاقب الصفري لكلا المصدرين سوف يكون لها تأثير مباشر على تيار التعاقب الصفري في مسار الدائرة (A) حدث فيه العطل ، وكذلك على تيار التعاقب الصفري في المسار غير - وبالتالي تؤثر على تيار مرحلة قياس المسافة ، فضلا عن تأثير ممانعة الحث التبادلي وموقع العطل، إن زاوية تيار التعاقب الصفري ( $I_{0B}$ ) لهذه الحالة سوف تتغير مع ازدياد بعد موقع العطل عن مرحلة المسافة وهذا التغيير ناتج عن تأثير قيمة مستوى القصر للعموميين ، وبالتالي يقل الفرق بين زاويتي التيارين ( $I_{0A}$ ) ( $I_{0B}$ ) أما قيمة التيار ( $I_{0B}$ ) فإنها سوف تقل في البداية مع ازدياد بعد موقع العطل عن المرحلة وفي حالة كون موقع العطل بحدود (m=37.8 %) من طول الخط فإن قيمة التيار ( $I_{0B}$ ) تكون قليلة مقارنة بقيمة التيار ( $I_{0A}$ ) لذلك يكون الحث التبادلي عند هذا الموقع من العطل قليلاً ثم تبدأ عندها قيمة التيار ( $I_{0B}$ ) بالزيادة مع بعد موقع العطل عن هذه النقطة .

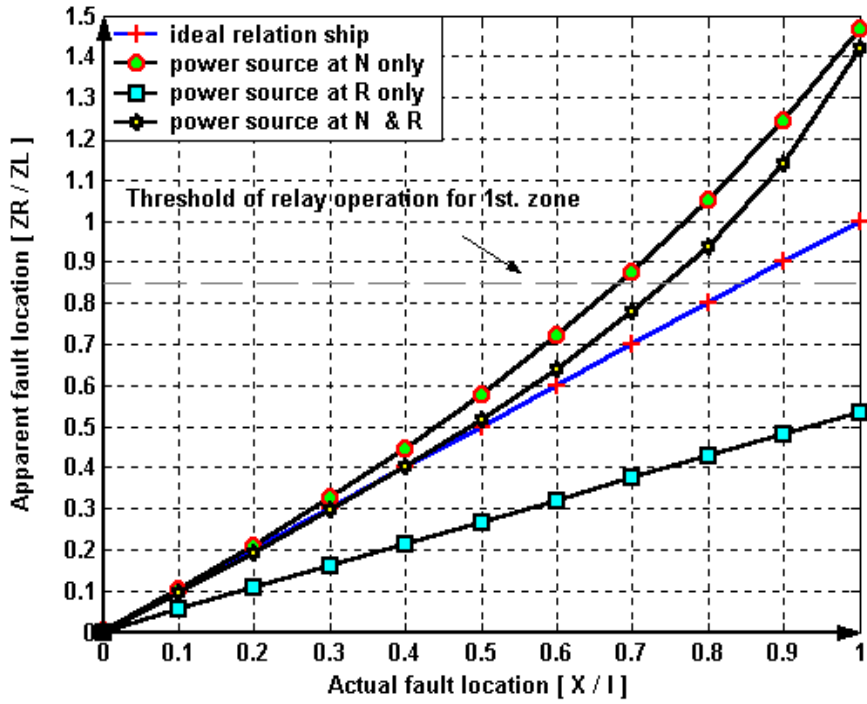
نلاحظ إن مرحلة قياس المسافة لمواقع العطل القريبة منها سوف تحسب ممانعة أقل من الممانعة الفعلية للعطل وذلك لأن مقدار ممانعة الخطأ في هذه الحالة يكون سالبا ، وعليه فإن (Over Reach) وهو قليل نسبياً ، أي أن التأثير في هذه

يزيد من طول منطقة الحماية ، وكما يتضح في الشكل (6-1) (6-2) (37.8 %) من طول الخط فإن مرحلة المسافة سوف تقيس ممانعة أكبر من ممانعة العطل الفعلية وذلك لأن مقدار ممانعة الخطأ يكون موجبا ، وعليه فإن التأثير في هذه الحالة يؤدي إلى التقليل من طول منطقة الحماية ، وكما يبدو في الشكل (6-2)، لذلك إذا تم ضبط طول منطقة الحماية الأولى (1st. Zone) (85%) النقل الأول الفعلي ، فإنه سوف يغطي (74.77 %) من الطول الفعلي لخط النقل ، وإذا تم ضبط النقل الأول الفعلي (113.48 %) من طول مسار فإنه سوف يغطي (90 %) من الطول الفعلي للخط النقل ، وعليه فإن المرحلة سوف تعاني من قصر المدى (Under Reach) يصل إلى (29.5 %).

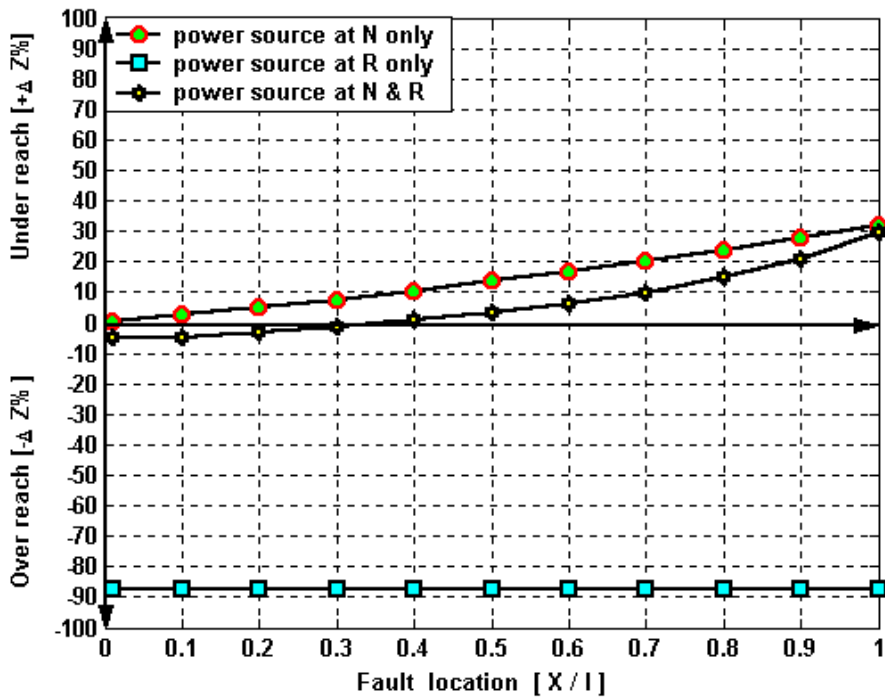
يتضح مما سبق أن التنظيم لـ (113.48 %) من طول مسار النقل الأول غير كاف لفصل الأعطال التي تظهر فيه بواسطة المرحلة ، لذلك فإن المرحلة تحتاج إلى ضبط مقداره ( 141.88 %) من طول مسار لكي يغطي (100 %)

### 6.2 . حالة عطل طور مع الأرض في مسار الدائرة(B):

في هذه الحالة سوف يتم بيان تأثير مستوى القصر وسريان القدرة على مقدار ممانعة الخطأ الناتجة بسبب الحث التبادلي لنظام التعاقب الصفري ، بالتالي على قيمة واتجاه الممانعة الظاهرية التي تقيسها مرحلة المسافة



الشكل (6-1) : تأثير الحث التبادلي لنظام التعاقب الصفري على طول منطقة الحماية لمرحلة المسافة في حالة العطل على مسار الدائرة الأولى (A)



الشكل (6-2) : قيم المدى الحثي لمرحلة المسافة في حالة العطل على مسار الدائرة (A)



(L-G) إذ إن الأعطال في هذه الحالة سوف تظهر ضمن قطاع الحماية ما مبين في الشكل (3-4) ، ولأجل بيان تأثير هذه المصادر على تغيير قيم طول منطقة الحماية تم تمثيل دارة ظل طور مع الأرض لخط النقل المتوازي المسار باستخدام برنامج تمثيل الدوائر الكهربائية والمحاكاة (MATLAB / Simulink + M-File) وتم تنفيذه مواقع عطل وظروف تشغيلية مختلفة وبنفس الأسلوب السابق [7].

### 6.2.1. تأثير مصدر القدرة القريب من مرحلة المسافة:

إن اتجاه سريان تيارى التعاقب الصفرى في الدائرة (B) - الثانية (A) - إي المسار غير العاطل - يكون متماثلاً مساوياً ، وإن النسبة بين انسياب مركبة هذين التيارين ( $I_{0B} / I_{0A}$ ) ( $\frac{2l - X}{X}$ ) أي أنها تكون بدلالة طول الخط ( $l$ ) وعلية فإن المرحلة سوف تعاني من

نلاحظ إن الممانعة الظاهرية لمرحلة قياس المسافة سوف تكون أكبر من الممانعة الفعلية وذلك لأن مقدار ممانعة الخط لهذه الحالة يكون موجباً وكما يتضح في الشكل (3-5) وهذا سوف يؤدي إلى التقليل من طول منطقة الحماية ، وعلية فإن المرحلة التي تعمل ضمن منطقة الحماية الثانية (2nd. Zone) سوف تحتاج إلى ضبط مقداره (% 157.34) من طول مسار لكي يغطي (% 120) وعلية فإن المرحلة سوف تعاني من قصر مدى يصل إلى (% 33) وكما يتضح في الشكل (4-6). يتضح مما سبق أن التنظيم لـ (% 120) من طول مسار النقل الأول غير كافٍ لفصل الأعطال التي تظهر ضمن قطاع الحماية الثاني لمرحلة قياس المسافة

### 6.2.2. تأثير مصدر القدرة البعيد عن مرحلة المسافة:

وبفرض أن مرحلة قياس المسافة تمتلك خواصاً اتجاهية أي أنها تعمل في حالة الأعطال الأمامية فقط ، فأنها يمكن أن تفشل في عملها إذا كانت قيمة الممانعة الظاهرية التي تقيسها المسار الهندسي لخاصية ، وهذا بالنسبة لحالة الأعطال الأمامية يمكن أن لا تعمل في حالة حدوث عطل في مسار على الدائرة الثانية وبتأثير سريان القدرة من المصدر البعيد عن المرحلة فقط ، لأن التيار ولى والتي فيها مرحلة المسافة سوف يسري باتجاه يجعل من المرحلة تقيس (أي كأنه حالة عطل عكسي) [4].

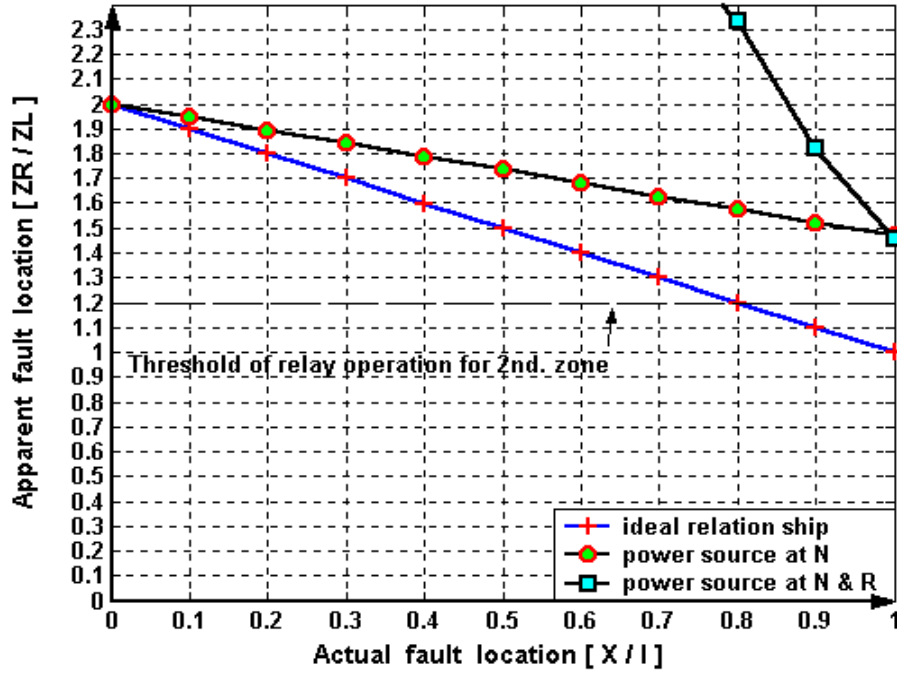
### 6.2.3. تأثير مصدر ي القدرة عند نهايتي خط النقل على مرحلة المسافة:

إن الممانعة في هذه الحالة سوف تكون كبيرة جداً بسبب تأثير عن تيارات الذ البعيد عن مرحلة المسافة وكما مبين في المعادلة (10-4) والتي تقع بين موقع العطل على المسار الثاني وموقع مرحلة قياس المسافة ، إن هذه التيارات سوف تسبب قصر مدى شديد لمرحلة المسافة في حالة الأعطال التي تظهر ضمن قطاع الحماية الثاني لكونها تمثل مصد تغذية وسطي (Intermediate In-Feed Source) وكما يتضح في الشكلين (3-6) (4-6).

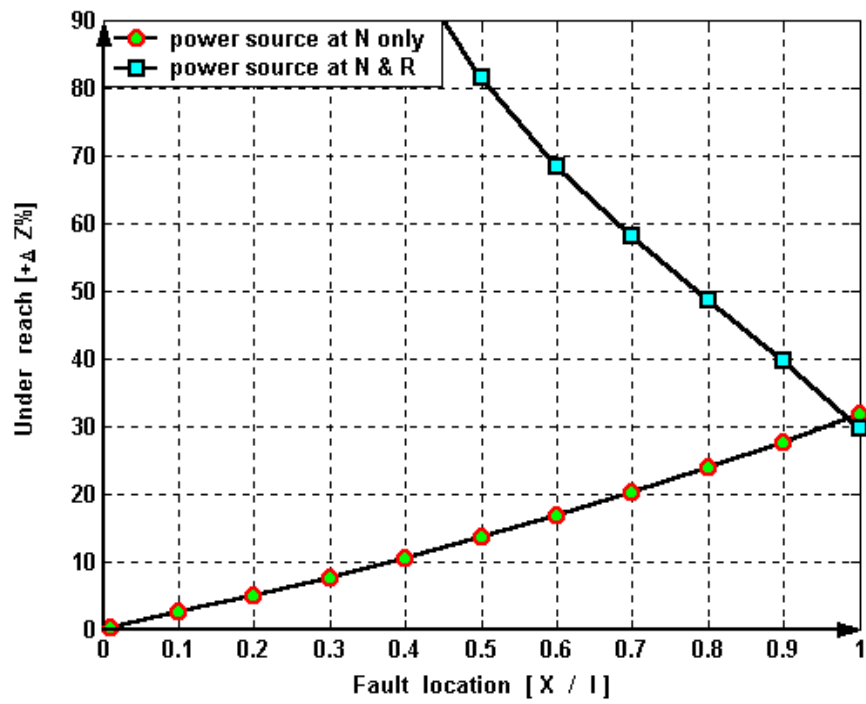
## 7. تأثير تعويض الحث التبادلي لنظام التعاقب الصفرى في خطوط النقل المزدوجة:

في حالة وجود موقع العطل وموقع المرحلة في المسار نفسه وكما في الفقرة (4.1) (1-5) والتي تمثل تيار المرحلة منسوباً للابتدائي في حالة تعويض تأثير ممانعة الحث التبادلي ، نلاحظ تأثير تعويض الحث التبادلي لنظام التعاقب الصفرى على منطقة

الحماية وحالات مستوى القصر سريان القدرة المذكورة أنفاً ، وكما مبين في الأشكال (7-1) (7-2) (7-3) ، حيث إن التعويض في هذه الحالة أدى إلى تحسين أداء مرحلة قياس المسافة بإلغائه تأثير ممانعة الحث التبادلي لنظام التعاقب الصفري ، وبذلك تصبح الممانعة الظاهرية التي تراها المرحلة



الشكل (6-3) : تأثير الحث التبادلي لنظام التعاقب الصفري على طول منطقة الحماية لمرحلة المسافة في حالة العطل على مسار الدائرة الأولى (B)



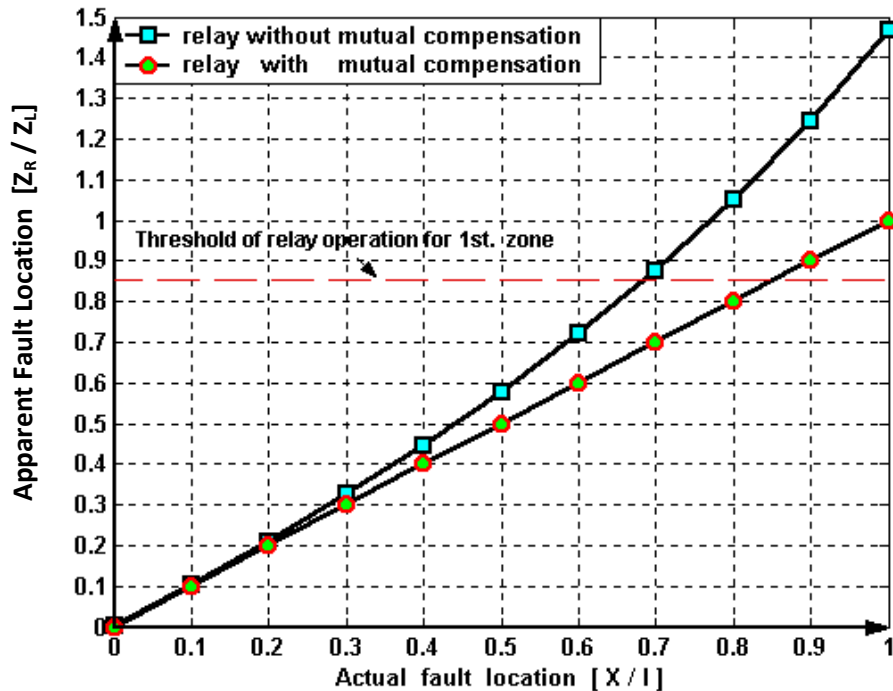
الشكل (6-4): قيم المدى الحماي لمردلة المسافة في حالة العطل على مسار الدائرة (B)



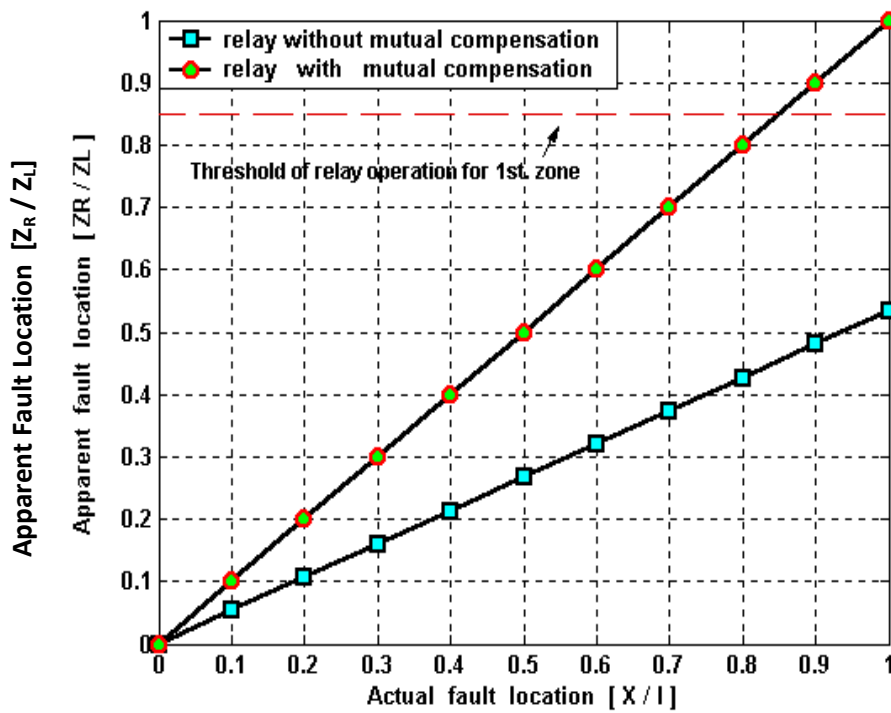
مساوية للممانعة الفعلية للخط في حالة عطل طور مع الأرض وكذلك بالنسبة بين موقع العطل الظاهري وموقع العطل الفعلي.

أما في حالة وجود العطل في المسار المجاور للمسار الذي فيه المرحلة وكما في (4.2) مع بقاء التيار المجهز للمرحلة في حالة تعويض ، فإن تأثير العطل سوف يظهر في سار غير العاطل والذي فيه مرحلة قياس المسافة ، عليه فإن الممانعة الظاهرية التي تقيسها المرحلة تكون صغيرة بسبب الاقتران بين التيار الأرضي لكلا المسارين ، وبالتالي يؤدي هذا إلى فصل المسار غير العاطل وكما مبين في الأشكال (7-4) (7-5).

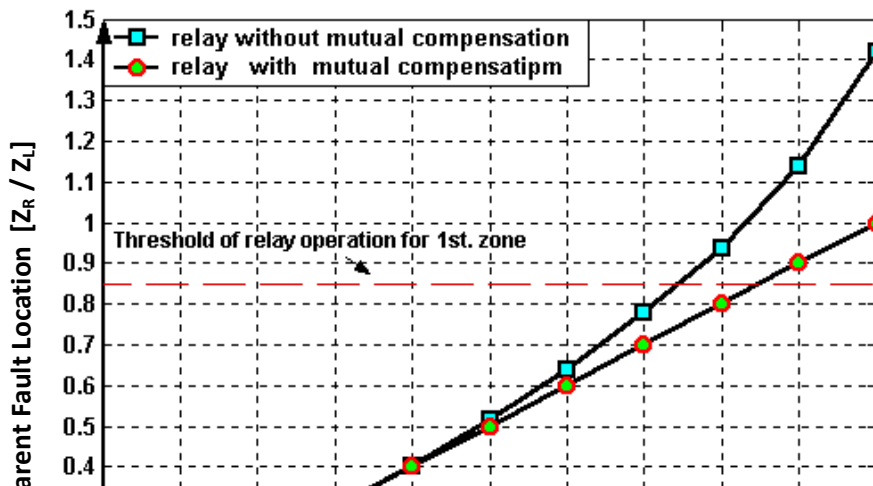
أو ما يسمى بـ (Over Functioning) الذي يرافق مرحلة المسافة في حالة تعويض تأثير الحث التبادلي لنظام التعاقب الصفري يمكن استخدام طريقة التوازن بين تيار العطل الأرضي (Earth Fault Current Balance) ، وتتلخص هذه الطريقة باستخدام (Comparator) بين تيار الأ  $(I_{EA})$  و تيار الأرضي للمسار الثاني  $(I_{EB})$  يعمل عندما يتجاوز التيار الأرضي في المسار المحمي التيار الأرضي في المسار المجاور بنسبة مئوية (Percentage margin) معينة يمكن ضبطها ، ولأجل التنظيم وعلى اعتبار أن المسار المحمي يحتاج إلى ضبط مقداره (85%) من طول الخط في حالة عمل المرحلة كحماية رئيسية (ضمن قطاع الحماية الأول) (20%) العمومي البعيد عن المرحلة لأجل حماية المسار المجاور حيث تعمل المرحلة كحماية سائدة (ضمن قطاع الحماية الثاني) وبالتالي فإن عملية التعويض تكون فعالة ضمن هذا التنظيم وعليه فإن النسبة التي تحدد عملية التعويض تساوي  $(I_{EB} / I_{EA} = 1.4)$  ، أي إن عملية التعويض تكون غير فعالة عندما يكون تيار  $(I_{EB})$  (140%) من التيار  $(I_{EA})$  [2].

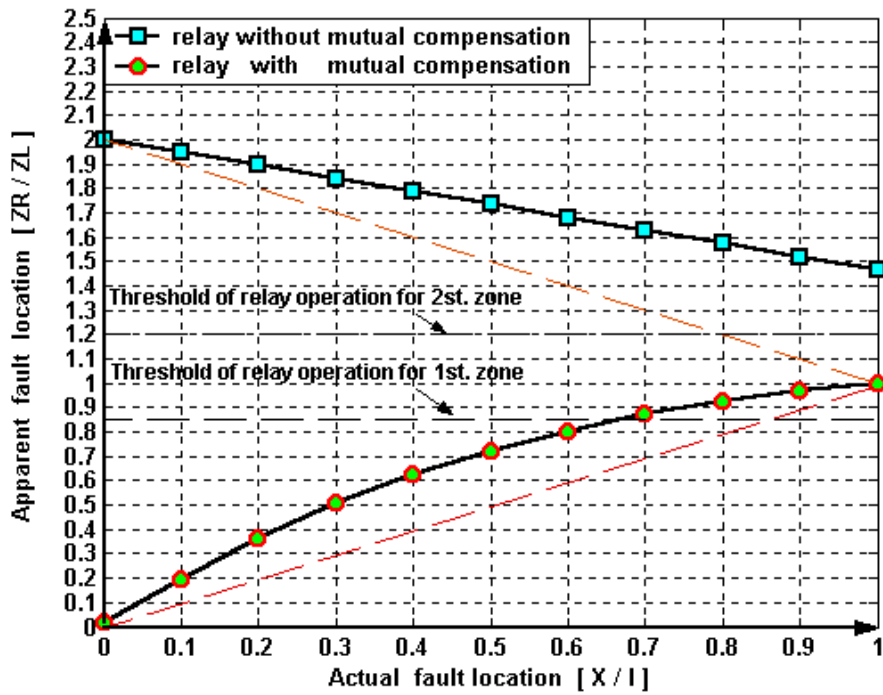


الشكل (7-1): تأثير تعويض الحث التبادلي على طول منطقة الحماية مع تأثير المصدر القريب من مرحدلة المسافة في حالة العطل على مسار الدائرة (A)

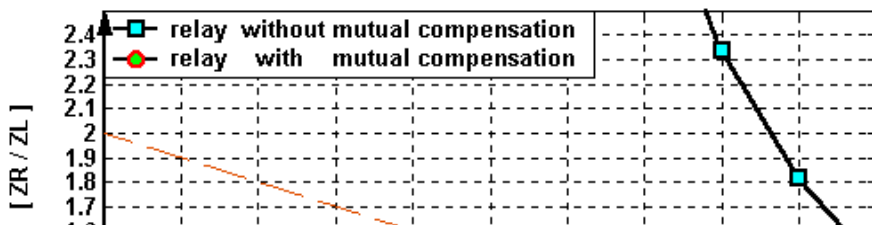


الشكل (7-2): تأثير تعويض الحث التبادلي على طول منطقة الحماية مع تأثير المصدر البعيد عن الحماية لمرحلة المسافة في حالة العطل على مسار الدائرة (A)





الشكل (7-4): تأثير تعويض الحث التبادلي على طول منطقة الحماية مع تأثير المصدر القريب من الحماية لمرحلة المسافة في حالة العطل على مسار الدائرة (B)



## 8. الاستنتاجات:

إن نتائج هذا البحث مشتقة من تحليل حالة عطل طور مع الأرض لخط نقل مزدوج الدائرة مزود بالقدرة من جهتين و بفولتية خط مقدارها ( 132 kV ) وتردد مقداره ( 50 Hz )، إن هذا البحث يتضمن بيان تأثير الحث التبادلي لنظام التعاقب الصفري على دقة قياس مرحلة حماية المسافة التقليدية والعامله لحماية خطوط النقل المزدوجة وتحت ظروف تشغيلية ومواقع عطل وقد أظهرت النتائج التي تم الحصول عليها من تحليل دائرة العطل ما يلي:

1 . إن للحث التبادلي لنظام التعاقب الصفري تأثير كبير على المسافة المحمية إذ يسبب قصراً أو بعداً في المدى لمرحلة قياس المسافة وهذا يعتمد تغيير مستوى القصر وسريان القدرة لمصدري التغذية عند نهايتي خط النقل فضلاً عن موقع العطل.

2 . تأثير اتجاه تيار التعاقب الصفري للمسارين المتوازيين على مقدار ممانعة الخطأ الناتجة بسبب الحث التبادلي ، فعند حالة كون هذين التيارين متماتلين في الاتجاه وكما في حالة تأثير مصدر القدرة للعمومي القريب من مرحلة المسافة في حالة كون العطل على مسار الدائرة الأولى (A) فإن الممانعة الظاهرية لمرحلة المسافة سوف تقيس ممانعة اكبر من ممانعة العطل الفعلية وذلك لأن مقدار ممانعة الخطأ يكون موجباً فمثلاً عند موقع عطل على بعد (80%) من طول الخط تكون الممانعة الظاهرية بحدود (  $3.948 \leq \Omega \leq 80.3$  ) أما ممانعة العطل الفعلية تكون بحدود (  $3.011 \leq \Omega \leq 79.9$  ) وعليه سوف تعاني المرحلة من قصر المدى مقداره (23.7%) وهذا يؤدي بالتالي إلى التقليل من طول منطقة الحماية ، مما سوف يؤثر على إعطاء إشارة الإفلات المطلوبة للأعطال الواقعة ضمن منطقة القطاع المحمي ، أما في حالة كون التيارين

متعاكسين في الاتجاه وكما في حالة ير مصدر القدرة للعمومي البعيد من مرحلة المسافة ولنفس الظروف فإن الممانعة الظاهرية لمرحلة المسافة تقيس ممانعة اقل من الممانعة الفعلية للعطل وذلك لأن مقدار ممانعة الخطأ في هذه الحالة يكون سالباً ، إذ أن الممانعة الظاهرية تكون بحدود  $(\Omega 278.2 \angle 1.606)$  عند نفس موقع العطل السابق وهي اقل ممانعة العطل الفعلية المذكورة أعلاه وعليه سوف تعاني من بعد في المدى مقداره (87.3%) وهذا يؤدي إلى زيادة طول منطقة المراد حمايتها ، مما سيعمل على إعطاء إشارة الإفلات غير المرغوب بها للأعطال الواقعة منطقة الحماية. وفي كلا الحالتين فإن هذا سوف يؤثر على إشارة الإفلات البينية ( Inter Trip Signal) لمرحلتي قياس المسافة والواقعة في نفس الدائرة عند نهايات العموميات

٣. إن استخدام عملية تعويض الحث التبادلي لنظام التعاقب الصفري عن طريق حقن المرحلة بتيار المسار المجاور يمكن أن تتغلب على المشكلة التي تواجه قياس حماية المسافة العاملة في خطوط النقل المزدوجة الدائرة بسبب الحث التبادلي غير أن هذه الطريقة ليس بمقدورها التغلب على مشاكل جوهرية و منها تأثير مقاومة العطل وكذلك لا يمكن استخدامها في حالة كون المسار المجاور مفصلاً و مؤرضاً من طرفيه لعدم توافر تيار الحث.

## ٩. المراجع :

[1] ALSTOM, “Protection and Automation Net Work”, Guide, Alstom T&D Energy Automation and Information, Peter Rush, Levaiuos – Perret France, 2002.

[2] Gerhard Ziegler, “Numerical Distance Protection, Principles and Application “, Siemens, Erlangen, Germany Publics -MCD-Verl. 1999.

[3] G. E. Alexander and J. G. Andrichak “ Application of Phase and Ground Distance Relay to Three terminal Lines”, GE

[4] J. Mooney and P.E. protection & control, Malven, PA, 1994  
Jackie Peer, “Application Guidelines for Ground Fault Protection”, Schweitzer Engineering Laboratories, Inc. 1997.

[5] M. Sanaye and H. Seyedi, “Simulation, Analysis and Setting of Distance Relays on Double Circuit Transmission Lines”, Electrical and computer Engineering Department, Faculty of Engineering, University of Tehran, 2001.

[6] M. M. Saha, D. Novosel, Y. Hu and V. Leitloff, “An Adaptive Scheme for parallel line distance protection”, IEEE Trans. on Power Delivery, Vol. 17, No. 1, pp. 105-11, January 2002.

[7] Matlab Function Reference, “The Language of Technical Computing”,  
“MATLAB User Guide Version 6.5”, 20