

تأثير خطوط النقل خارج الخدمة المؤرّضة على تنظيم مرحلة قياس المسافة

السيد أحمد عطية البدراني

مدرس - قسم التقنيات الكهربائية

المعهد التقني - الموصل

د. عبد الغني عبد الرزاق عبد الغفور

أستاذ مساعد - كلية الهندسة - قسم الكهرباء

جامعة الموصل

الخلاصة

يتضمن هذا البحث دراسة وتحليل تأثير خطوط النقل خارج الخدمة المؤرّضة على تنظيم مرحلة قياس المسافة، إذ إن أداء مرحلة قياس المسافة تحت هذه الظروف والعاملة ضمن هذا الترتيب لحماية خطوط النقل المزدوجة بوجود الأعطال الأرضية ستكون أقل دقة واعتمادية في إصدار إشارة الإفلات المطلوبة للقطاع المحمي بسبب تأثير الاقتران التبادلي لنظام التعاقب الصفري. في هذا البحث تم تمثيل ونمذجة مرحلة قياس المسافة العاملة في خطوط النقل الهوائية المزدوجة لشبكة كهرباء العراق للمنطقة الشمالية (INRG) باستخدام برنامج (Matlab\Simulink) لتحليل حالة عطل أرضي لإحدى خطوط النقل المزدوجة وإيجاد قيم تيارات وفولتية التعاقب والمنظومة فضلاً عن الممانعة الظاهرية المقاسة من قبل مرحلة قياس المسافة. وقد أظهرت نتائج البحث أن مرحلة المسافة سوف تعاني من بُعد في المدى في قطاع الحماية الأول وقد يمتد إلى قطاع الحماية الثاني والشدة تعتمد على مستوى دورة القصر لقضبان العمومي عند نهايتي خطوط النقل المزدوجة.

الكلمات الدالة: مرحلة قياس المسافة، الاقتران التبادلي، موقع العطل.

Effect Of The Earthed Out of Service Transmission Lines On a Distance Measuring Relay Setting

Dr. Abdul Ghani A. Abdul
Ghafoor

Electrical Department
College of Engineering
University of Mosul

Mr. Ahmed Ateya Al-
Badrani

Electrical Department
Institute of Mosul
Foundation of Technical Education

Abstract:

This paper includes a study and analysis of an earthed out of service for one of double circuit transmission lines impact on a Distance Measuring Relay (DMR) setting due to zero sequence system mutual coupling. The protection in a remaining line measures the fault impedance correctly, except when the line that is not in service is earthed at both ends. In this case a DMR performance which installed in this configuration at the ground faults occur is much less reliable and accuracy to get an ideal tripping protected zone for its. This study has been Modeling and simulating by using (Matlab\Simulink) program to analyze a steady state of ground fault on single circuit to calculate the DMR voltage, current and apparent impedance of sequences and system at various fault locations under operational status for the Iraqi North Regional Grids (INRG) 132Kv system. The paper results shows that mutual coupling by zero sequence current of earthed line may cause the DMR to seriously over-reach under different operational situations. The DMR first zone reach may extend to its second zone, So a DMR will give a trip signal for an external faults.

Keywords: Distance Measuring Relay, Mutual Coupling, Fault Location.

المقدمة:

إن حماية المنظومات الكهربائية ومنها خطوط النقل الهوائية التي تعد العمود الفقري لمنظومة القدرة الكهربائية ذات أهمية كبيرة توازي توليد ونقل الطاقة الكهربائية، إن منظومة الحماية المستخدمة تعرف بالحماية المعتمدة على قياس المسافة (أو الممانعة) وتستند هذه الحماية على قياس ممانعة الخط بشكل مستمر فهي تتحسس بوجود العطل عند حدوث اختلاف في ممانعة خط النقل وعليه تقوم بإصدار إشارة الإفلات الضرورية والمناسبة وضمن القطاع المحمي من قبلها، أن تقنية حماية المسافة الحديثة ليس في مقدورها منع حدوث الأعطال أو تقليل معدل حدوثها ولكن تظهر هذه التقنية في قدرتها في إمكانية تقليل الفترة الزمنية لتواجد انخفاض الجهد في شبكة النقل لأجل ضمان قيام أجهزة لحماية المسافة المحمية بدورها بشكل جيد من دون حدوث تقصير بالأداء، لذلك يجب الأخذ بعين الاعتبار جميع الكميات و المحددات التي تؤثر على دقة مرحلة قياس المسافة والمفروضة من قبل منظومة القدرة لتتمكن من إحراز الدقة والضبط بشكل تام في إعطاء التغطية اللازمة لحماية الخط بأكمله، ومن المعضلات ذات التأثير المباشر على السلوكية الصحيحة لمرحلات حماية المسافة كثيرة، وخاصة في خطوط النقل المزدوجة (Double Circuit Transmission Lines) تأثير ممانعة الاقتران التبادلي بين خطوط النقل خارج الخدمة (Out Of Service Lines) والمؤرضة لغرض الصيانة وباقي الخطوط [1],[2].

تأثير الاقتران التبادلي في خطوط النقل الهوائية المزدوجة الدائرة:

إن خطوط النقل الهوائية (Over Head Transmission lines O.H.T.L) ذات الدائرة المزدوجة على نفس البرج يحدث فيها اقتران حثي تبادلي (Mutual Inductive Coupling) بين مسارات التيارات في هذه الخطوط، 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 (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 (Z_{0M}) لمركبة التعاقب الصفري (Zero Sequence Mutual Impedance) تكون قيمتها بحدود (50% - 70%) من قيمة ممانعة الحث الذاتي لنفس المركبة، وعليه سوف تؤثر على قيمة تيار العطل وبالتالي تتحسس بالاتجاه الخاطئ للتيار. إن ممانعة الحث التبادلي بين نظامي التعاقب الصفري بدون تأثير سلك التأسيس يمكن أن تعطى بالمعادلة الآتية [2],[3]:

$$Z_{0M} = 3.R_E + (j. \omega. 6. \ln \frac{D_e}{A_L}) . 10^{-4} \quad [\Omega / \text{km}] \quad \dots (1)$$

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

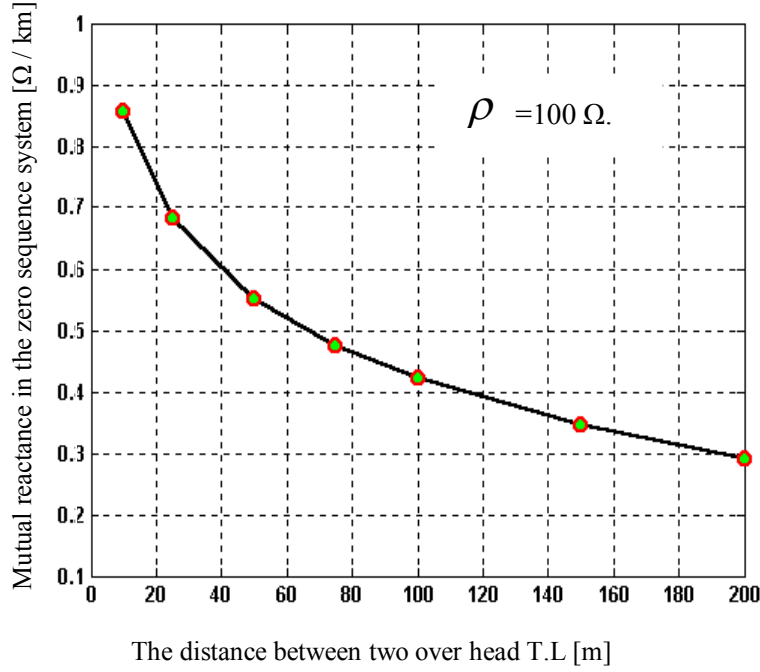
$$R_E = (\pi / 2). \omega . 10^{-4} \quad [\Omega / \text{km}] \quad \dots (2)$$

أما (D_e) فتمثل مدى النفوذ (Penetration Depth) والذي يمثل بدوره عمق الاختراق المكافئ لمسار التيار العائد للأرض أما (ρ) في المعادلة الآتية فتمثل المقاومة النوعية للأرض (Specific Resistance of Earth)، ويمكن التعبير عنه بالمعادلة الآتية [2]:

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

من العلاقة (1) يتبين أن ممانعة الحث التبادلي لمركبة التعاقب الصفري (Z_{0M}) تمتلك خصائص لوغاريتمية، لذلك فإن هذه الممانعة (Z_{0M}) تقل نسبياً ببطء مع ازدياد المسافة بين خطي النقل الهوائيين وكما هو موضح بالشكل (1).

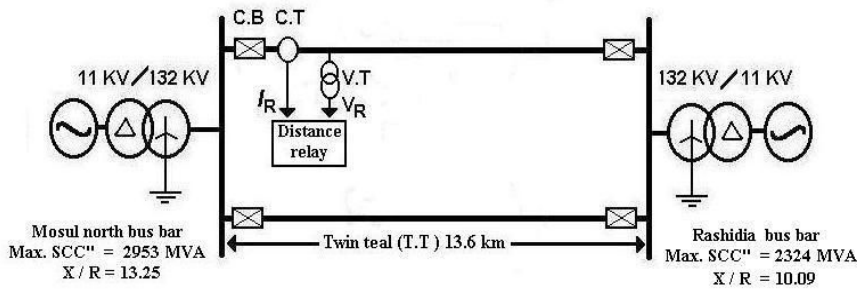
و نلاحظ من الشكل السابق أن ممانعة الاقتران التبادلي تبقى موجودةً بين خطي النقل حتى في حالة كون المسافة بينهما كبيرة، إذ إن تيار التعاقب الصفري المار في أحد خطوط النقل يولد فولتية محتثة (Induced Voltage) في خط نقل النظام الأخر، ويمكن أن يكون ذلك على طول المسار المتوازي بالكامل للخط و أحياناً جزءاً منه، إن ممانعة الاقتران التبادلي (Z_{0M}) في نظام التعاقب الصفري يمكن أن تحسب عادةً بالاعتماد على تركيب برج النقل الكهربائي و المسافة (Spacing) بينهما [3].



الشكل (1): تأثير مفاعلة الاقتران التبادلي لنظام التعاقب الصفري في خطوط النقل

ظروف تشغيل مرحلة قياس المسافة في خطوط النقل الهوائية المزدوجة:

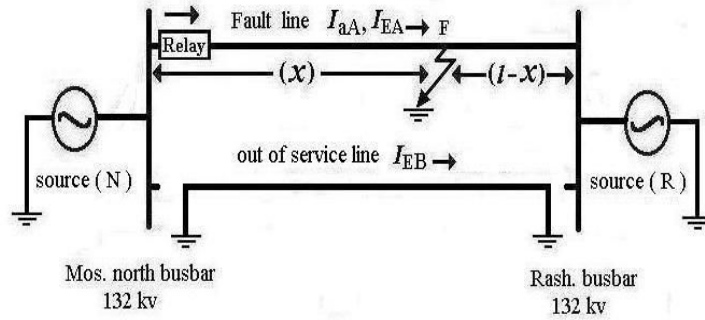
من العوامل المؤثرة على نتائج قياس الممانعة بين موقع العطل وموقع المرحلة هي ظاهرة المغناطيسية التبادلية لمركبة التيار الصفري بين مساري خطوط النقل المزدوجة، والتي تظهر في حالات الأعطال الأرضية، وفي حالات أعطال انقطاع الأطوار والتي يصاحبها نشوء مركبة صفرية للتيار مما يؤدي إلى حدوث تقصير في الأداء بالنسبة لمرحلة حماية المسافة لخطوط النقل (400 kV – 132 kV) [1]، ولأجل دراسة هذا التأثير على مرحلة قياس المسافة العاملة في خطوط النقل الهوائية المزدوجة (132 kV) لشبكة كهرباء العراق للمنطقة الشمالية (INRG)، تم اختيار جزء من هذه المنظومة وكما يتضح في الشكل (2) لغرض إجراء هذا البحث. إن لمستوى القصر عند قضبان العمومي للمحطات تأثيراً كبيراً على تيارات الحث التبادلي لخطوط النقل المزدوجة الدائرة، وقد تم اعتماد أعظم قيمة لمستوى القصر (Maximum Short Circuit Level) لإيجاد قيم ممانعات المصادر المكافئة عند قضبان العمومي، أن النسبة بين (MVA) للمصدرين الموضحين في الشكل السابق في حالة أعظم 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 (Line-Ground Fault) [4].



الشكل (2): جزء من خطوط النقل العاملة بجهد (132 kV) لشبكة كهرباء العراق للمنطقة الشمالية

في هذا البحث تم أخذ حالة عطل طور مع الأرض في مسار الدائرة الأولى (A) لخط نقل الهوائي المزدوج بينما مسار الدائرة الثانية (B) يكون خارج الخدمة (Out of service) و مؤرض (Earthed Line) من كلا طرفيه وكما يتضح في الشكل (3)، إن حدوث عطل طور مع الأرض في الدائرة (A) لهذه الحالة سوف يؤدي إلى تحسس الاتجاه

الخاطئ لتيار العطل بسبب نشوء مركبة صفرية للتيار، وبالتالي يؤدي إلى حدوث حث تبادلي بين نظامي التعاقب الصفري بين مساري خط النقل الهوائي [7]، [6].



الشكل (3): يبين حالة حدوث عطل أرضي لمسار الدائرة الأولى (A) لخط نقل مزدوج مع كون مسار الدائرة الثانية (B) خارج الخدمة و مؤرض

ولأجل تبيان هذه الظاهرة يجب تحليل وحساب الممانعة الظاهرية التي تقيسها مرحلة قياس المسافة من خلال حساب فولتية وتيار المرحلة عند نقطة القياس للخط الأول (A)، إن فولتية المرحلة للخط الأول (V_{1A}) لنظام التعاقب الموجب والتي تظهر عبر مرحلة المسافة يمكن وفق المعادلة الآتية [5]:

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

وكذلك الحال بالنسبة لفولتية المرحلة (V_{2A}) نظام التعاقب السالب للمرحلة وكالاتي [5]:

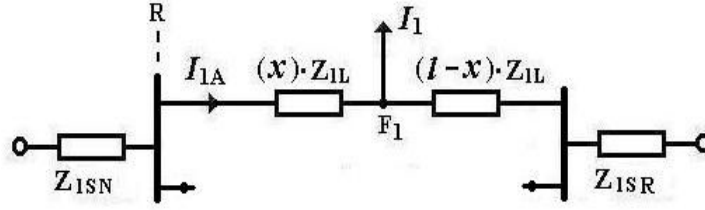
$$V_{2A} = X \cdot Z_{2L} \cdot I_{2A} + V_{2F} \quad \dots(5)$$

حيث تمثل (X) موقع العطل بالكيلومتر وتيار التعاقب الموجب للمرحلة يكون مساوياً لتيار التعاقب السالب لها ($I_{1A} = I_{2A}$) وكذلك الحال مع ممانعتي التعاقب الموجب والسالب ($Z_{2L} = Z_{1L}$) وبالتالي فإن فولتية نظام التعاقب الموجب وفولتية نظام التعاقب السالب متساوية ($V_{1A} = V_{2A}$) لخط النقل وتمثل (V_{1F}) و (V_{2F}) فولتية مقاومة العطل لشبكة التعاقب الموجبة والسالبة على الترتيب، إن قيمة تيارات التعاقب الموجبة والسالبة والصفرية للمنظومة تعتمد على الظروف التشغيلية لمحطتي القدرة الثانويتين الواقعة على جانبي خط النقل المحمية عن طريق مرحلة قياس المسافة وبالتالي تعتمد على قيمة ممانعات التعاقب الموجبة (Z_{1SN}) والصفرية (Z_{0SN}) للمصدر المكافئ للعمومي القريب من المرحلة أي ممانعة الشبكة التي تقع خلف المرحلة والتي تمثل ممانعة قضبان العمومي عند المحطة الثانوية لشمال الموصل المرز لها ب (N) وكذلك تعتمد على قيمة ممانعات التعاقب الموجبة (Z_{1SR}) والصفرية (Z_{0SR}) للمصدر المكافئ للعمومي البعيد عن المرحلة أي ممانعة الشبكة التي تقع أمام المرحلة والتي تمثل ممانعة قضبان العمومي عند المحطة الثانوية للرشيدية و المرز لها ب (R)، وقيمتا تلك الممانعات المبينة في الجدول (1) تعتمد بدورها على قيمة مستوى القصر عند نهايات العموميات المربوطة إلى الشبكة في حالة حدوث العطل، وبالتالي يمكن حساب تيار التعاقب الموجب والذي يكون مساوياً لتيار التعاقب السالب للدائرة الأولى (A) ($I_{1A} = I_{2A}$) بالاعتماد على الممانعة المكافئة للمصادر وممانعة خط النقل في تلك الشبكة وفق المعادلة الآتية [2]:

$$I_{1A} = I_{2A} = \frac{(1-m) \cdot Z_{1L} + Z_{1SR}}{Z_{1SN} + Z_{1SR} + Z_{1L}} I_1 \quad \dots(6)$$

حيث يمثل التيار (I_1) تيار التعاقب الكلي للمنظومة، أما تيار التعاقب الموجب وتيار لتعاقب السالب للدائرة (B) لهذه الحالة فإنه يساوي صفراً، لذلك يكون تمثيل شبكة التعاقب الموجب في حالة حدوث قصر مع الأرض لخط نقل

مزدوج الدائرة في حالة كون احد مساريه عطل والمسار الآخر خارج الخدمة و مؤرض من كلا نهايته وكما مبين في الشكل(4).

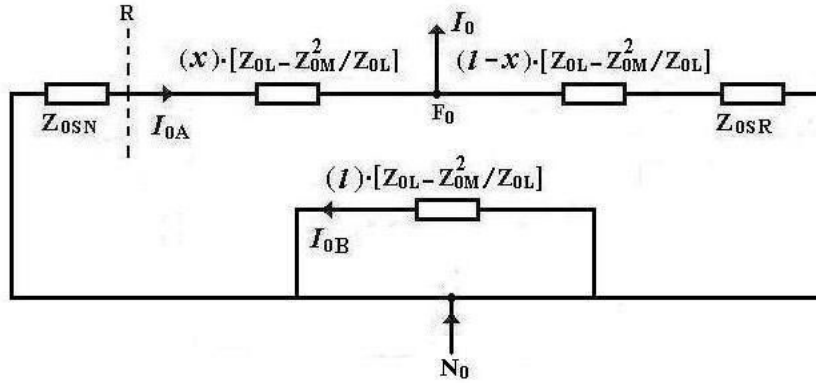


الشكل (4): شبكة التعاقب الموجب لخط نقل مزدوج الدائرة في حالة كون احد مساريه مقصور والمسار الآخر خارج الخدمة و مؤرض من كلا نهايته

أن تأثير الحث التبادلي للممانعة الاقتران (Z_{0M}) سيظهر في شبكة التعاقب الصفري بين تيار التعاقب الصفري (I_{0A}) للدائرة الأولى (A) وتيار التعاقب الصفري (I_{0B}) للدائرة الثانية (B) وبالتالي سوف يؤثر بشكل كبير على دقة قياس المرحلة، حيث يسبب حثاً تبادلياً بين الخطوط المتجاورة، لذلك فإن فولتية المرحلة للخط الأول (V_{0A}) لنظام التعاقب الصفري تكون كالآتي [5]:

$$V_{0A} = X \cdot (Z_{0L} I_{0A} + Z_{0M} I_{0B}) + V_{0F} \quad \dots(7)$$

حيث يمثل (Z_{0L}) ممانعة التعاقب الصفري لخط النقل وتمثل (V_{0F}) فولتية مقاومة العطل لشبكة التعاقب الصفري، ولذلك يكون تمثيل شبكة التعاقب الصفري في حالة حدوث قصر مع الأرض تحت نفس الظروف السابقة مبين في الشكل(5).



الشكل (5) : شبكة التعاقب الصفري لخط نقل مزدوج الدائرة في حالة كون احد مساريه مقصور والمسار الآخر خارج الخدمة و مؤرض من كلا نهايته

إن تيار التعاقب الصفري (I_{0A}) للدائرة (A) نظام التعاقب الصفري والذي يسبب الاقتران التبادلي يمكن حسابه بالاعتماد على الممانعة المكافئة للمصادر وممانعة خط النقل في تلك الشبكة وفق المعادلة الآتية [5],[9]

$$I_{0A} = \frac{(1-m) \cdot Z_{0L} \left(1 - \frac{Z_{0M}^2}{Z_{0L}^2}\right) + Z_{0SR}}{Z_{0SN} + Z_{0SR} + Z_{0L} \left(1 - \frac{Z_{0M}^2}{Z_{0L}^2}\right)} I_0 \quad \dots(8)$$

حيث تمثل (m) النسبة بعد موقع العطل إلى طول الخط الكلي، أما النسبة تيار التعاقب الصفري للدائرة الأولى (A) - المسار العاطل - وتيار التعاقب الصفري للدائرة الثانية (B) - المسار المؤرض - يكون وفق العلاقة الآتية [2]:

$$I_{0B} = - \frac{Z_{0M}}{Z_{0L}} I_{0A} \quad \dots (9)$$

وعليه فإن الفولتية التي تظهر عبر مرحلة قياس المسافة (V_R) والتي تشمل هبوط الجهد لمركبات التعاقب الثلاثة بما فيها مركبات الفولتية لمقاومة العطل تكون وفق العلاقة الآتية [2]:

$$V_R = V_{I_{0A}} + V_{2A} + V_{0A} + V_{1F} + V_{2F} + V_{0F} \quad \dots (10)$$

وعلى فرض أن مقاومة العطل تساوي صفراً، فإن ($V_{1F} + V_{2F} + V_{0F} = 0$)، أما التيار الذي المار بمرحلة قياس المسافة (I_R) ميبين في المعادلة الآتية [2]:

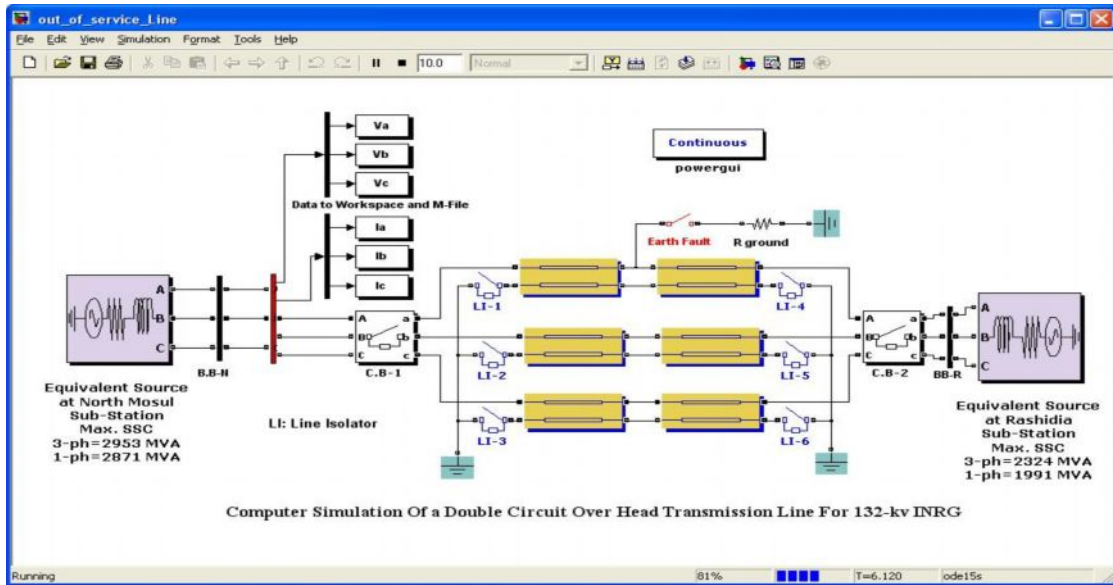
$$I_R = (I_{1A} + I_{2A} + I_{0A}) + \frac{(Z_{0L} - Z_{1L})}{Z_{1L}} \cdot I_{0A} \quad \dots (11)$$

وعليه يمكن حساب الممانعة الظاهرية (Z_R) التي تقيسها مرحلة المسافة من خلال المعدلات السابقة وكالاتي [8],[7],[5]:

$$Z_R = X \left(Z_{1L} - \frac{I_{0A} Z_{0M}^2}{I_R Z_{0L}} \right) \quad \dots (12)$$

حيث يمثل الحد الثاني من المعادلة السابقة قيمة ممانعة الخطأ بسبب ممانعة الاقتران التبادلي الناتجة من تأثير تيار المسار المؤرض الخارج عن الخدمة والتي يمكن أن تسبب بعد في المدى (Over Reach) للقطاع المحمي لمرحلة قياس المسافة.

وقد تم استخدام برنامج (Matlab\Simulink + M-File) لتمثيل ونمذجة مرحلة قياس المسافة العاملة في خطوط النقل الهوائية المزدوجة (132kV) لشبكة كهرباء العراق للمنطقة الشمالية (Iraqi North Regional Grids) المبين في الشكل (6) من خلال تحليل حالة عطل أرضي لإحدى خطوط النقل المزدوجة واستخدام تقنية سلسلة فورير (Fourier Series) لإيجاد قيم تيارات وفولتيات التعاقب والمنظومة فضلاً عن الممانعة الظاهرية المقاسة.



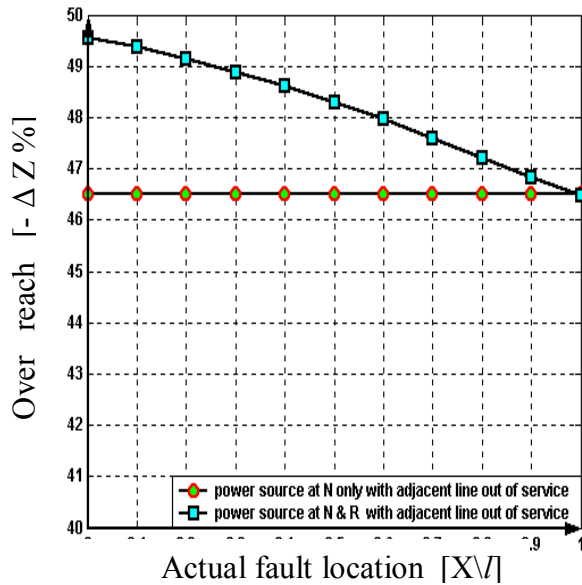
الشكل (6)

المناقشة والنتائج:

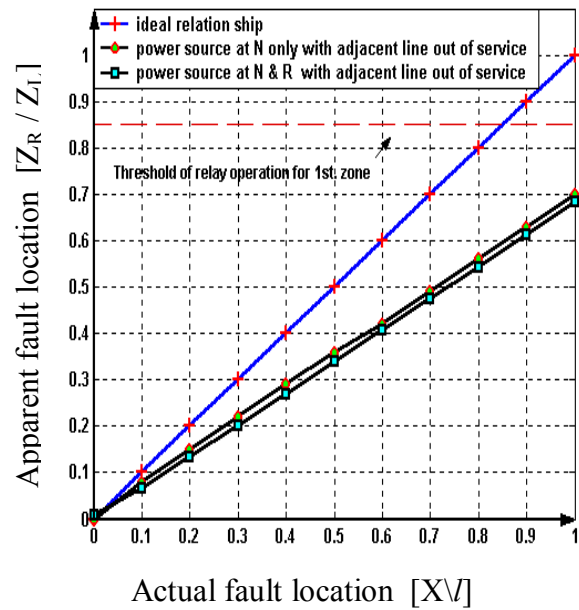
إن الحث التبادلي لنظام التعاقب الصفري في هذه الحالة سوف يؤثر على قيمة الممانعة الظاهرية التي تقيسها مرحلة المسافة وبالتالي على تنظيم منطقة الحماية، وإذ أن تيار التعاقب الصفري (I_{0A}) للمسار الذي حدث فيه العطل والذي يولد فولتية محتثة في المسار المجاور المورض من طرفيه يسبب مرور تيار تعاقب صفري (I_{0B}) في هذا المسار. إن قيم تيار الحث والمحتث لشبكة التعاقب الصفري في المسارين - المسار الذي حدث فيه العطل والمسار المجاور له - وتيار المرحلة منسوباً للابتدائي ولمواقع عطل مختلفة على طول الخط، مع تأثير مصدري القدرة للعمومي القريب والبعيد من المرحلة مبين في الجدول (3)، حيث يتبين أن تيار التعاقب الصفري (I_{0B}) في هذه الحالة يكون معاكساً بالزاوية لتيار التعاقب الصفري (I_{0A})، أي أن الفرق بين زاويتيها يساوي (180^0) تقريباً، أما قيمة التيار (I_{0B}) فأنها تعتمد على النسبة بين ممانعة الحث التبادلي والحث الذاتي (Z_{0M}/Z_{0L}) لنظام التعاقب الصفري فضلاً عن قيمة التيار (I_{0A}) وكما مبين في العلاقة (9)، وكذلك نلاحظ أن تيارات التعاقب الصفري وتيار المرحلة سوف تقل مع ابتعاد موقع العطل عن مرحلة قياس المسافة، كذلك يبين الجدول (4) قيم وزوايا فولتية التعاقب الموجبة وفولتية التعاقب الصفرية وبالتالي فولتية مرحلة قياس المسافة ولمواقع مختلفة للعطل على طول خط وبفرض أن مقاومة العطل تساوي صفراً.

وعليه فإن قيم الممانعة الظاهرية والممانعة الفعلية للخط وممانعة الخطأ الناتجة عن حالة كون المسار المجاور للمسار العاطل مؤرضاً بوجود مصدري القدرة للعمومي القريب والبعيد عن المرحلة مبينة في الجدول (5)، إذ نلاحظ أن مرحلة قياس المسافة سوف تقيس ممانعة عطل اقل من ممانعة العطل الفعلية وذلك لأن مقدار ممانعة الخطأ في هذه الحالة يكون سالب بسبب كون اتجاه تيار التعاقب الصفريين متعاكسين، وعليه المرحلة سوف تعاني من بُعد المدى (Over Reach) تتراوح قيمته بين (46.5 % - 49.5 %) تقريباً مع تغير موقع العطل، وبالتالي فإن طول منطقة الحماية سوف يزداد وكما يتضح في الشكلين (7) و(8)، لذلك إذا تم ضبط طول منطقة الحماية الأولى (First Zone) لمرحلة قياس المسافة لـ (58 %) من طول مسار خط النقل الأول الفعلي فإنه سوف يغطي (85 %) من الطول الفعلي لخط النقل، وكذلك إذا تم ضبط مرحلة قياس المسافة بمقدار (68.5%) من طول مسار الخط المحمي سوف يغطي (100%) من الطول الفعلي لخط النقل، هذا يعني إن قطاع الحماية الأول سوف يمتد إلى قطاع الحماية الثاني مما يؤثر سلباً على إصدار إشارة الإفلات المطلوبة للقطاع المحمي.

وإذ أن النسبة للتيارين (I_{0B}/I_{0A}) سوف لا تتأثر كثيراً بمستوى القصر لقضبان العمومي البعيد عن مرحلة قياس المسافة - قضبان العمومي عند المحطة الثانوية للرشيدية (R-Bus Bar) - لذلك فإن قيمة مستوى القصر للعمومي القريب من المرحلة - قضبان العمومي عند المحطة الثانوية لشمال الموصل (N-Bus Bar) - سوف يكون له التأثير الأكبر على قيمة ممانعة الحث التبادلي لنظام التعاقب الصفري وكما يتضح أيضاً في الشكل (7) والشكل (8).



الشكل (8) : قيم المدى لمرحلة المسافة في حالة كون مسار الدائرة (B) مؤرض



الشكل (7) : تأثير ممانعة الاقتران التبادلي لنظام التعاقب الصفري على طول منطقة الحماية لمرحلة المسافة في كون المسار المجاور للمسار العاطل مؤرض

الاستنتاجات:

1. إن الظروف التشغيلية التي تؤثر على مرحلة قياس المسافة العاملة في خطوط النقل المزدوجة الدائرة تعتمد على قيمة ممانعة المصدر المكافئة لقضبان العمومي القريب من المرحلة (ممانعة الشبكة التي تقع خلف المرحلة) وكذلك تعتمد على قيمة ممانعة المصدر المكافئ لقضبان العمومي البعيد عن المرحلة (ممانعة الشبكة التي تقع أمام المرحلة) هذا يعتمد بدوره على قيمة مستوى تيار دورة القصر عند نهايات قضبان العمومي المتربطة إلى الشبكة في حالة حدوث العطل، فكلما كانت قيمة ممانعة الشبكة التي تقع خلف المرحلة أقل من ممانعة الشبكة التي تقع أمامها فإن المرحلة سوف تعاني من قصر بالمدى وبالتالي سوف تقيس ممانعة عطل أكبر من ممانعة العطل الفعلية وذلك لأن مقدار ممانعة الخطأ بسبب الحث التبادلي يكون موجبا، وهذه الحالة سوف تؤدي إلى التقليل من طول منطقة الحماية، وفي حالة العكس فإن مرحلة قياس المسافة سوف تقيس ممانعة عطل أقل من ممانعة العطل الفعلية وذلك لأن مقدار ممانعة الخطأ بسبب الحث التبادلي في هذه الحالة يكون سالبا، وعليه فإن المرحلة سوف تعاني من بُعد المدى ولذلك سوف تزداد طول منطقة الحماية.

2. إن ظهور ممانعة الاقتران التبادلي لنظام التعاقب الصفري سوف يؤثر على إشارة الإفلات البينية (Inter-Trip Signal) لمرحلتي قياس المسافة والواقعة في نفس الدائرة عند نهايات قضبان العموميات المتربطة إلى الشبكة في حالة حدوث عطل أرضي.

3. تأثير مركبة التيار الصفري في خط النقل المزدوج في حالة كون أحد المسارين مؤرض على دقة قياس مرحلة المسافة العاملة في المسار الأخر، إذ إن الاقتران التبادلي للتيارين في هذه الحالة يؤدي إلى التقليل من قيمة الممانعة الظاهرية المقاسة، فمثلا عندما يكون موقع العطل الفعلي على بُعد (80%) من طول الخط فإن ممانعة الظاهرية لمرحلة المسافة تكون بحدود ($2.045 \angle 77.1$)، وهي أقل من ممانعة العطل الفعلية والتي تكون بحدود ($3.011 \angle 79.9$) وعليه سوف تعاني مرحلة قياس المسافة من بُعد مدى مقداره (46.4%) هذا يؤدي إلى زيادة طول المنطقة المراد حمايتها، وبالتالي سيعمل على إعطاء إشارة الإفلات غير المرغوب بها للأعطال الواقعة خارج منطقة الحماية. إن البيانات التي تم اختيارها لغرض إجراء الدراسة عند أقصى مستوى لدائرة القصر (Max. Short Circuit Level) والمبينة في الجدول (1) و (2) مأخوذة من الشركة العامة لإنتاج الطاقة الكهربائية للمنطقة الشمالية وكانت بتاريخ 2001/12/4 و تحت الظروف الآتية:

(كيلو فولت أمبير الأساس ($MVA_{base} = 100 MVA$) و (كيلو فولت الأساس = 132 kV) و (تردد المنظومة = 50 Hz)

الجدول (1): قيم ممانعات التعاقب الموجبة (أو السالبة) والصفيرية المكافئة عند قضبان العمومي للمصادر مع النسبة (X/R)

X/R	$Z_{0S} [\Omega]$	$Z_{1S} [\Omega]$	قبضان العمومي
13.521	3.275+j5.959	0.435+j5.889	موصل الشمالية
10.091	3.763+j10.81	0.731+j7.457	الرشيدية

الجدول (2): قيم التيارات لحالة القصر الثلاثي الطور وحالة قصر طور مع الأرض بنظام الوحدة مع قيم متسويات القصر (MAV) لهاتين الحالتين

ϕ MVA- 1	ϕ MVA- 3	$I_{SC-1} \phi$ [p.u]	$I_{SC-3} \phi$ [p.u]	قبضان العمومي
2871	2953	-76.8 \angle 28.713	-85.7 \angle 29.532	موصل الشمالية
1991	2324	-78.4 \angle 19.908	-84.3 \angle 23.235	الرشيدية

4. تمت مقارنة نتائج البحث مع المصدر رقم (2) وكانت قيم بُعد المدى التي تعاني منها مرحلة المسافة تحت الظروف نفسها للمصدر أنفا الذكر بحدود (19% - 35%) ولمواقع عطل مختلفة تحت تأثير العموميين القريب والبعيد إذ أن قيمة

عبد الغفور: تأثير خطوط النقل خارج الخدمة المؤرضة على تنظيم مرحلة قياس المسافة

مستوى دورة القصر للعموميين متساوية أما نتائج البحث فكانت قيم بُعد المدى التي تعاني منها مرحلة المسافة بحدود (16.5 % - 49.5 %) تحت تأثير العموميين القريب والبعيد إذ أن مستوى دورة القصر الأحادي الطور المبين في الجدول (2) للعموميين غير متساوية والنسبة بينهما كانت بحدود (1.441) وهذا يبين أن قيم بُعد المدى لمرحلة المسافة لا تعتمد فقط على قيمة ممانعة الحث التبادلي (Z_{0M}) - المرتبطة بدورها بطول الخط - بل تتأثر بشكل كبير بقيم مستوى دورة القصر للعموميين عند نهايتي الخط وهذا يعني أن الاقتران التبادلي (Mutual Coupling) يمكن أن يكون مؤثر في الخطوط القصيرة والمتوسطة نسبياً للسبب أعلاه.

الجدول (3): تيارات التعاقب الموجبة والصفيرية للمنظومة و تيار مرحلة قياس المسافة
، لمواقع مختلفة للعطل، في حالة كونه المسار المجاور للمسار العاطل، مض

النسبة المئوية لموقع العطل	تيار التعاقب الموجب للمرحلة [KA]	تيار التعاقب الصفيري للمرحلة [KA]	تيار المرحلة بالنسبة للابتدائي [KA]
m = 20 %	-74.1 ∠ 3.789	108.9 ∠ 2.587	-77.5 ∠ 23.079
m = 40 %	-74.3 ∠ 3.230	108.7 ∠ 2.207	-77.7 ∠ 19.837
m = 60 %	-74.4 ∠ 2.798	108.6 ∠ 1.912	-77.8 ∠ 17.340
m = 80 %	-74.9 ∠ 2.465	108.1 ∠ 1.684	-77.9 ∠ 15.445
m = 100 %	-75.3 ∠ 2.183	107.7 ∠ 1.492	-78.2 ∠ 13.881

الجدول (4): فولتيات التعاقب الموجبة والصفيرية للمنظومة وفولتية مرحلة قياس المسافة
ولمواقع مختلفة للعطل في حالة كون المسار المجاور للمسار العاطل مؤرض

النسبة المئوية لموقع العطل	فولتية التعاقب الموجبة للمرحلة [KV]	فولتية التعاقب الصفيرية للمرحلة [KV]	فولتية المرحلة بالنسبة للابتدائي [KV]
m = 20 %	2.4 ∠ 2.538	-2.5 ∠ 06.546	-0.4 ∠ 11.685
m = 40 %	2.6 ∠ 4.459	-2.6 ∠ 11.210	-0.7 ∠ 20.157
m = 60 %	2.7 ∠ 6.001	-2.9 ∠ 14.640	-0.8 ∠ 26.539
m = 80 %	2.5 ∠ 7.292	-3.4 ∠ 17.165	-0.7 ∠ 31.679
m = 100 %	2.6 ∠ 8.421	-3.9 ∠ 18.943	-0.8 ∠ 35.820

الجدول (5): تأثير تاريض المسار المجاور للمسار العطل على الممانعة الظاهرية المقاسة من قبل مرحلة قياس المسافة ولمواقع عطل مختلفة

النسبة المئوية لموقع العطل	الممانعة الظاهرية للمرحلة [Ω]	الممانعة الفعلية للعطل [Ω]	ممانعة الخطأ للعطل [Ω]
m = 20 %	77.1 ∠ 0.504	76.9 ∠ 0.752	-94.1 ∠ 0.248
m = 40 %	77.1 ∠ 1.013	76.9 ∠ 1.505	-94.2 ∠ 0.493
m = 60 %	77.1 ∠ 1.526	76.9 ∠ 2.258	-94.3 ∠ 0.733
m = 80 %	77.1 ∠ 2.045	76.9 ∠ 3.011	-94.5 ∠ 0.967
m = 100 %	77.1 ∠ 2.574	76.9 ∠ 3.764	-94.7 ∠ 1.191

المصادر:

- [1] Tahahiro Kase , Phil G. Beaumont, “ Zero Sequence Current Compensation for distance Protection applied to Series Compensation Parallel Lines”, Study Committee Colloquium, Calgary, CANADA, 14-16 September 2005.
- [2] Gerhard Ziegler, “ Numerical Distance Protection, Principles and Application ” , Siemens, Erlangen, Publics -MCD-Verl. 2008.
- [3] A. Abdul Ghafoor, A. Al-Badrani, “ Influence of Mutual Coupling due to Zero-Sequence On The Performance of Distance Relay”, Al-Rafidain Engineering Journal, Mosul University, Vol 15, No 1, June, 2007.
- [4] M. Sanaye, 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.
- [5] ALSTOM, “Protection and Automation Net Work”, Guide, Alstom T&D Energy Automation and Information, Peter Rush, Levauios France, 2002.
- [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] S.G. Srivani, Chandrasekhar Reddy Atla, K.P.Vittal, “Comparative Evaluation of Adaptive and Conventional Distance Relay for Parallel Transmission Line with Mutual Coupling”, International Journal of Mathematical, Physical and Engineering Sciences 3:2, 2009.
- [8] A. Jain, A. S. Thoke, R. N. Patel, "Classification of Single Line to Ground Faults on Double Circuit Transmission Line using ANN", International Journal of Computer and Electrical Engineering, Vol. 1, No. 2, June 2009.
- [9] L.Hulka, U. Klapper, ” Measurement of Line Impedance and Mutual Coupling of Parallel Lines to Improve the Protection System”, 20th International Conference on Electricity Distribution Prague, June 2009

تم اجراء البحث في كلية الهندسة = جامعة الموصل