مجلة تكريت للعلوم الهندسية/المجلد 17/العدد 1/آذار 2010، (21-31)

# نمذجة وتمثيل مرحلة كبح الخروج عن التزامن لتأرجح القدرة باستخدام مخطط متعدد الأضلاع المتمركزة

**أحمد عطية علو البدراني، مدرس مساعد**

**المعهد التقني- الموصل**

**الخلاصة**

يتضمن هذا البحث دراسة تأثير تأرجح القدرة على أداء مرحلة حماية المسافة العاملة في خطوط الضغط العالي والفائق فضلاً عن دراسة استقرارية منظومة القدرة. وإذ إن مرحلة المسافة "التقليدية" غير قادرة على العمل بشكل طبيعي ضمن ظروف الاستقرارية العابرة، لذا سوف تعاني من قصور بالأداء مما يؤثر سلباً على إشارة الإفلات الصادرة منها. وللتغلب على هذه المشكلة تم تمثيل ونمذجة مرحلة الخروج عن التزامن والتي يمكن أن تُلحق مع مرحلة المسافة لأجل التحكم والإشراف على استجابة إشارة الإفلات ضمن هذه الظروف وتعتمد الخصائص التنظيمية لهذه المرحلة على طريقة مخطط متعدد الأضلاع المتمركزة كتقنية لكشف عن تأرجح القدرة وتحديد مدى خطورته. في هذا البحث تم تمثيل ونمذجة هاتين المرحلتين باستخدام برنامج تمثيل الدوائر الكهربائية والمحاكاة (Maltab\Simulink) وتم اختبار عملهما على نظام افتراضي ثنائي التغذية. وقد أظهرت نتائج البحث مدى فعالية واعتمادية هذا الأسلوب للتحكم باستجابة إشارة الإفلات لمرحلة المسافة تحت ظروف الاستقرارية العابرة كما أوضحت إمكانية الكشف عن حالات الأعطال والتي يمكن أن تحدث أثناء فترة تأرجح القدرة.

**الكلمات الدالة: تأرجح القدرة، مرحلة المسافة، تقنية الحماية عند الخروج عن التزامن.**

# *Modeling and Simulation of Out of Step Blocking Relay for Power Swing Using Concentric Polygons Scheme*

**Abstract:**

This paper investigates a power swing effect on a distance protection relay performance installed on (HV/EHV) transmission line as well as power system stability. A conventional distance relay can't properly operate under transient stability conditions; therefore, it cause mol-operation, and it will adversely impact on its trip signals. To overcome this problem, the Out Of Step (OOS) relay has modeled and simulated to joint with distance relay to supervise and control on its trip signals response. The setting characteristics technique of the OOS based on concentric polygons scheme method to detect power swing under transient stability situation.

This study ia a modeling and simulating using (**Maltab\ Simulink**) software. A Two relays had been performed and tested with two equivalents network connected to ends.

The results of this study showed an activity and reliability of this way to control the distance relay response under a transient stability conditions and it indicated the possibility to find out faults which may occur at period of power swing



***Key Words:-*** **Power swing, Distance relay Out of step protection technique**

**المقدمة**

تعد دراسة استقرارية المنظومات الكهربائية في الوقت الحاضر من الدراسات البالغة الأهمية وذلك لتحديد السلوكية الديناميكية للمنظومة. تهدف التحليلات الرياضية للاستقرارية العابرة إلى معرفة إمكانية بقاء المنظومة مستقرةٍ من عدمها عند تعرضها إلى اضطرابات كبيرة ومفاجئة نتيجة لأسباب كثيرة، منها التغيير المفاجئ للأحمال ذات القدرات الكبيرة ولفترة زمنية قليلة نسبياً أو الفقدان المفاجئ لوحدات التوليد فضلاً عن حالات الأعطال المعروفة مما يؤدي فقدان حالة التزامن بين وحدات التوليد مسبباً بذلك تذبذباً في القيمة والطور لكل من موجة الفولتية والتيار وبناءً عليه سيؤدي إلى تغيرات دورية وعدم الاتزان في سريان القدرة في المنظومة وعادة ما يطلق على هذه الحالة بظاهرة تأرجح القدرة ( Power Swing) [1].

إن مدى استقرارية منظومة القدرة يكمن في قابلية المولدات التزامنية من الاستجابة لأيٍ من الاضطرابات التي يمكن أن تحدث أثناء فترة عملها ضمن الظروف الطبيعية وقدرتها في استيعاب التأثير الناتج من هذه الاضطرابات من خلال التغلب على حالة عدم الاتزان والعودة إلى الوضع الطبيعي. إن تأرجح القدرة سواء أكان في إطارٍ مستقر أم لا سوف يؤثر سلباً على عمل وحدات الحماية العاملة في المنظومة ومنها مرحلة حماية المسافة إذ تقوم هذه المرحلة بإصدار إشارة الإفلات (Tripping Signal) غير ضرورية في حين يستوجب بقاءها خارج نطاق العمل أو قد يكون العكس وذلك بناءاً على قيمة الممانعة الظاهرية المقاسة من قبلها خلال فترة التأرجح مما يربك عمل المنظومة. لذا دعت الحاجة لإيجاد وسيلة ومنها استخدام مرحلة الخروج عن التزامن للكشف عن تأرجح القدرة المستقر وتمييزه لاتخاذ القرار المناسب ومن ثم التحكم باستجابة إشارة الإفلات لمرحلة المسافة تحت ظروف الاستقرارية العابرة [2].

## السلوكية الديناميكية للممانعة المقاسة من قبل مرحلة المسافة أثناء تأرجح القدرة

تعاني الممانعة الظاهرية المقاسة من قبل مرحلة المسافة من تغير دوري في القيمة والطور وذلك لان فولتية وتيار المنظومة عند نقطة القياس سوف يتغيران بشكل دوري ولمدى واسع خلال فترة التأرجح عندئذ تتحسس المرحلة بوجود ممانعة تأرجح مماثلة لممانعة العطل الثلاثي الطور مما يؤثر بشكل كبير على الخصائص التنظيمية لتشغيل الحماية المسافة خلال تلك الفترة. وبفرض أن فولتية جهة الاستلام مرجعاً ( $E_R\angle 0$) و فولتية جهة الإرسال تكون ( $E_S\angle\delta$) كما مبين في الشكل (1). إذ تمثل ( $\delta$ ) زاوية القدرة المنقولة و($Z_{1S}$) تمثل ممانعة المصدر من جهة الإرسال و($Z_{1R}$) تمثل ممانعة المصدر من جهة الاستلام في حين تمثل ($Z_{1L}$) ممانعة خط النقل للتعاقب الموجب. إن تيار المرحلة ($I_r$) المار بنقطة القياس خلال فترة تأرجح القدرة يكون وفق العلاقة الآتية [3]:

$$I_r = \frac{E_S\angle\delta - E_R\angle 0}{Z_{1S}+Z_{1L}+Z_{1R}} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(1)$$

أما فولتية المرحلة ($V_r$) المقاسة في جهة الإرسال يمكن أن تحسب بالمعادلة الآتية [3]:

$$V_r = E_S\angle\delta - I_R^* Z_{1S} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(2)$$

وبفرض أن النسبة بين ($E_S/ E_R$) تساوي (k) لذا ستكون العلاقة كالآتي [3]:

$$\frac{E_S}{E_S - E_R} = \frac{k(\cos\delta + j\sin\delta)}{k(\cos\delta + j\sin\delta) - 1} = \frac{1}{2}\left(1 - j\cos(\delta/2)\right)$$

$$\ldots\ldots\ldots(3)$$

وعليه تكون الممانعة الظاهرية ($\mathbf{Z_r}$) المقاسة من قبل مرحلة المسافة أثناء التأرجح كالآتي[3]:

$$Z_r = \frac{(Z_{1S} + Z_{1L} + Z_{1R})}{2}(1 - j\cot(\delta/2) - Z_{1S} \quad \cdots\cdots(4)$$

إن المعادلة أعلاه تمثل مجموعة من الدوائر تشكل بدورها المحل الهندسي للممانعة المتأرجحة ( Swing Impedance Loci ) وتتغير وفقاً لتغير ( $\delta$ ) و( k) وكما مبين في الشكل (2).
إن قيمة الممانعة الظاهرية للمرحلة سوف تتحرك على طول المحل الهندسي للممانعة المتأرجحة وعندما تتقاطع بؤرة الممانعة المتأرجحة مع بؤرة ممانعة العطل عندها تدعى نقطة التقاطع هذه بالمركز الكهربائي (Electrical Center).إذ تقل عندها الفولتية إلى الصفر وتكون هذه الحالة مشابها لحالة عطل ثلاثي الطور[7,1].

**آلية تمثيل وعمل مرحلة المسافة**

إن مبدأ عمل مرحلة المسافة ( Distance Relay) المصممة في هذا البحث يعتمد على تقنية سلسلة فورير (Fourier Series) للحساب المستمر لمعدل تغير ممانعة التعاقب الموجب لخط النقل التي تمثل المسافة بين نقطتي العطل وموقع المرحلة بناءاً على القيم المحلية للفولتيات والتيارات اللحظية المجهزة من قبل محولة الجهد ومحولة التيار، مع أخذ تأثير التوافقيات المصاحبة لها بنظر الاعتبار ومقارنتها مع قيمة الممانعة المرجعية التي تمثل الخصائص التنظيمية والتشغيلية لهذه المرحلة. وقد تم اعتماد مرحلة مسافة ذات خصائص مسامحية (MHO-characteristic). وتم استخدام ثلاثة قطاعات محمية متعاقبة من حيث تنظيم وقت التشغيل والنسبة المئوية للمسافة المحمية- فضلاً عن القطاع الرابع ( قطاع كشف العطل)- وذلك لأجل الحصول على التمييزية الكافية للمرحلة وإصدار إشارة إفلات المطلوبة عند إي حدوث عطل أو اضطراب داخل المنطقة المحمية [3]. وكما مبين في الشكل (5).

**آلية تمثيل وعمل مرحلة الخروج عن التزامن**

إن تصميم مرحلة الخروج عن التزامن (Out-Of-Step Relay) يتطلب الكثير من التنظيمات والتقنيات الضرورية للكشف عن تأرجح القدرة ومدى تأثيره على المنظومة، ولأجل الإيفاء بهذه المتطلبات وبتطور الأجهزة الرقمية أُستخدمت المعالجات الدقيقة والبوابات المنطقية والمؤقتات في تصميم المرحلات الحديثة منها وذلك لغرض تحسين الأداء والسرعة في العمل والدقة في كشف حالات التأرجح. وقد تم إلحاق كل من مرحلة المسافة ومرحلة الخروج عن التزامن معاً لأعتمدهما على نفس المتغيرات [1]. إن مرحلة (OOS) المصممة في هذا البحث وكما مبين في الشكل (6) تتكون من جزئيين، يمثل الجزء الأول وحدة كبح تأرجح القدرة Out-Of Step Blocking (OSB) حيث تقوم بتشخيص تأرجح القدرة المستقر وعليه تقوم بإصدار إشارات الكبح تعمل على إعاقة أي إشارة إفلات يمكن أن تطلق من قبل مرحلة المسافة ضمن هذه الظروف. أما الجزء الثاني فيتكون من وحدة الفصل Out-Of-Step Tripping (OST) إذ تقوم بتشخيص حالات تأرجح القدرة غير المستقر فضلاً عن حالات الأعطال التي تستوجب الفصل وتمييزها عن حالات المتأرجحات البسيطة والمستقرة حيث تسمح لمرحلة المسافة بالعمل وإصدار إشارة
الإفلات إذا ما تعرضت لهذه الظروف [5,4].

إن عمل هاتين الوحدتين يعتمد على الخصائص التنظيمية والتشغيلية لمرحلة الخروج عن التزامن كتقنية للكشف عن تأرجح القدرة بناءاً على

مجلة تكريت للعلوم الهندسية/المجلد 17/العدد 1/آذار 2010، (21-31)

مخطط الأضلاع المتحدة المركز والتي تمثل القطاع الخامس (الداخلي) والقطاع السادس(الخارجي). وتتكون المرحلة أيضا من مؤقتين يستعمل الأول للكشف عن التأرجح المستقر (OSBD) Out-Of Step Blocking Detection في حين يستعمل المؤقت الآخر للكشف عن التأرجح غير المستقر Out-Of Tripping Detection (OSTD) Step. إن الزمن التنظيمي للمؤقت (OSTD) يجب أن يكون أقل من الزمن التنظيمي للمؤقت(OSBD)، وفي حال اختراق مسار ممانعة التعاقب الموجب (Zr) المقاسة من قبل مرحلة المسافة أثناء تأرجح القدرة في القطاع الخارجي لمرحلة الخروج عن التزامن يتم تشغيل المؤقتين ويتم الكشف عن التأرجح المستقر إذا ما تجاوز زمن بقاء مسار الممانعة بين الحدود الخارجية والداخلية الزمن التنظيمي للمؤقت الأول (OSBD). أما إذا تجاوز زمن بقاء مسار الممانعة بين القطاعين الزمن التنظيمي للمؤقت الثاني (OSTD) قبيل اختراق مسار الممانعة للحدود الداخلية للتشغيل ففي هذه الحالة سيتم الكشف عن تأرجح غير المستقر وإصدار إشارة الفصل وتدعى هذه الحالة بالفصل في طريق الدخول Trip-on-way-In (TOWI) ، أو إذا انقضى الزمن التنظيمي للمؤقت الثاني (OSTD) وتجاوز مسار الممانعة الحدود الداخلية من الجهة العكسية فتدعى هذه الحالة بالفصل في طريق الفصل في طريق الخروج Trip-On-the-Way-Out (TOWO) [4] ، وكما موضح في الشكل (3).

**الكبح المنطقي عند الخروج عن التزامن**

يتم كبح وتقييد مرحلة المسافة عن العمل بواسطة وحدة الكبح المنطقي Out Of Step Blocking Logic (OSB)، وعادة يتم كبح قطاعات التشغيل التي يكمن أن تعمل أثناء حصول حالة تأرجح قدرة مستقر فقط، وعليه فان وحدات (OSB) تقوم بالإشراف على إشارة الإفلات الصادرة من القطاعين الأول والثاني لأن الزمن التشغيلي لهما يكون أصغر من زمن دورة واحدة لتذبذب القدرة في حين أن التأخير الزمني للقطاع الثالث والرابع يكون اكبر من (1.5) ثانية لذا ليس من الضروري كبح هذه القطاعات أثناء حصول تأرجح في القدرة [4,1].

**الفصل المنطقي عند الخروج عن التزامن**

تسمح وحدة الفصل المنطقي Out Of Step Tripping Logic (OST) بتمرير إشارة الإفلات الصادرة عن مرحلة المسافة في حالة تأرجح القدرة غير مستقر وذلك عندما يتجاوز مسار الممانعة الظاهرية الخواص التشغيلية للحدود الداخلية لمرحلة الخروج عن التزامن في حالة (TOWI) أو عند الخروج من هذه الحدود في حالة (TOWO). وإذا تم اختيار حالة (TOWO) يجب أن نمنع فصل القطاع الأول والثاني عندما يخترق مسار الخواص التشغيلية لهما وهذا يعني إن الفصل لا يحصل إلا إذا تجاوز المسار القطاع الخامس. وبما أن مرحلة المسافة اعتمدت كمرحلة اتجاهية لذا تم الاعتماد على حالة (TOWI) في تمثيل مرحلة الخروج عن التزامن [4,1].

**التنظيمات المنطقية لمرحلة الخروج عن التزامن**

إن تمثيل ونمذجة مرحلة الخروج عن التزامن يتطلب الكثير من التنظيمات الضرورية للكشف عن تأرجح القدرة وتحديد مدى خطورته. إذ إن تنظيم الخصائص التشغيلية الخارجية (للقطاع السادس) والداخلية (للقطاع الخامس) يجب أن تشمل تنظيم الحدود المقاومية و المحاثية وتحديد الزمن التنظيمي للمؤقتين ( OSBD) و(OSTD) لمرحلة الخروج عن التزامن.

**تنظيم الحدود المقاومية**

تمثل الحدود المقاومية (Resistive Blinder) الخصائص التشغيلية للقطاعين الخارجي والداخلي لمرحلة (OOS) وكما مبين في الشكل (4)، حيث تمثل (R1R6 و R1L6 ) الحدود الخارجية وتنظم اعتماداً على قيمة أعظم حمل منقول في المنظومة في كلا الاتجاهين الأمامي والعكسي لتلافي تتداخل ممانعة الحمل مع خصائص التشغيل وعليه يمكن حساب قيمة (R1R6 و R1L6 ) بالاعتماد على قيمة أعظم قدرة في الاتجاه الأمامي ($S_{FMAX}$) والعكسي ($S_{RMAX}$) لأعظم مانعة حمل في الاتجاه الأمامي ( ZLF ) والعكسي ( ZLR ) وعلى التوالي [4]

$$R1R6 \le \frac{V^2}{C^* S_{FMAX}}, R1L6 \le \frac{V^2}{C^* S_{RMAX}} \quad .....(5)$$

إذ تمثل (V) جهد خط النقل في حين تمثل (C) قيمة ثابتة تستعمل لزيادة الدقة في التصميم وتعتمد على طول خط النقل وقيمتها في هذا البحث كانت بحدود (1.2). إن تمثيل هذه المرحلة يتطلب أيضا حساب زوايا الحدود الخارجية والداخلية بناءاً على معاملات المنظومة وعليه يتم تحديد نوع التأرجح ومدى خطورته. وبفرض أن القيمة التنظيمية (OSBD) تقاس بعدد الدورات التي يفترض أن يكشف التأرجح خلالها وإن أعظم تردد انزلاق ($f_{slip}$) وتردد المنظومة ($f_S$) يمكن التوصل إلى الحسابات التي تمثل زوايا الحدود الخارجية والداخلية وكالآتي [6,4]:

$$\frac{AngR5 - AngR6}{OSBD}\left(\frac{\deg ree}{cycle}\right) = \frac{360(\deg./cycle).f_{slip}(Hz)}{f_s(cycle/\sec)} \quad .....(6)$$

$$\therefore AngR\ 5 = \frac{360\ (\deg./cycle).f_{slip}(Hz).OSBD}{f_s(Hz)} + AngR\ 6 \quad .....(7)$$

$$\therefore AngL5 = \frac{360(\deg./cycle).f_{slip}(Hz).OSBD}{f_s(Hz)} + AngL6 \quad .....(8)$$

$$\therefore AngR6 = 2.ATAN\left(\frac{Z_{1S} + Z_{1L} + Z_{1R}}{2.R1R6}\right) \quad .....(9)$$

$$\therefore AngL6 = 2.ATAN\left(\frac{Z_{1S} + Z_{1L} + Z_{1R}}{2.R1R6}\right) .....(10)$$

أما (R1R5 و R1L5) فتمثل الحدود المقاومية الداخلية لخصائص الكشف وتعتمد في تنظيمها على أساس أقل زمن مطلوب للقطاع الداخلي ليقوم بالكشف عن تأرجح القدرة المستقر ويتم حسابها كالتالي[4]:

$$R1R5 = \frac{Z_{1S} + Z_{1L} + Z_{1R}}{2.TAN(AngR5/2)} \quad .....(11)$$

$$R1L5 = \frac{Z_{1S} + Z_{1L} + Z_{1R}}{2.TAN(AngR5/2)} \quad .....(12)$$

ولأجل تلافي عدم الدقة في أداء مرحلة الخروج عن التزامن يجب تنظيم الحدود المقاومية الداخلية بزيادة (10%) عن اكبر مدى مقاومة لأخر قطاع محمي من قبل مرحلة المسافة والذي يراد الإشراف عليه بوساطة مرحلة الخروج عن التزامن ، والذي يستوجب الكبح عند حصول حالة التأرجح [5,4].

**<u>تنظيم الحدود المحاثية</u>**

تعد الحدود المحاثية (Reactive Blinder) الخارجية والداخلية من الخصائص التكميلية للحدود المقاومية لمرحلة (OOS) وعلى الرغم أنها لا تدخل كثيرا في كشف التأرجح إلا أن تنظيمها يبقى ضرورياً لي الأخطاء في عمل المرحلة. ويتم تنظيم الحدود المحاثية الداخلية في كلا الاتجاهين الأمامي (X1T5) والعكسي (X1B5) بنسبة (110%) من آخر قطاع محمي لتلافي التداخل مع الخصائص التنظيمية والتشغيلية لمرحلة المسافة. أما تنظيم

الحدود المحاثية الخارجية ( X1T6 ) و( X1B6 ) يتم بزيادة نسبة ( 50%) من تنظيم الحدود الداخلية لـ (X1T5) و(X1B5) وعلى التوالي [5,4].

**تنظيم مؤقتات مرحلة الخروج عن التزامن**

يتم تنظيم المؤقت الأول (OSBD) بالاستعانة بالخصائص التنظيمية الخارجية والداخلية للحدود المقاومية لمرحلة الخروج عن التزامن وذلك طبقا للعلاقة الآتية [4]:

$$OSBD = \frac{(Ang5R - Ang6R).f_s(Hz)}{360^0/cycle.f_{slip}(Hz)} \quad \ldots(13)$$

وتكون عادة بحدود (1– 3) دورة لإتمام عملية الكبح في حين يكون مدى تردد الانزلاق والذي يكون تأرجح القدرة مستقر عنده بين (1 – 5) دورة /ثانية. أما بالنسبة للتنظيم الزمني للمؤقت (OSTD) فيكون اقل من دورة واحدة أي أقل من التنظيم الزمني لمؤقت(OSBD)[5,4].

**النتائج والمناقشة**

إن مرحلة الخروج عن التزامن ومرحلة المسافة تم تمثيلهما باستخدام برنامج تمثيل الدوائر الكهربائية والمحاكاة (Maltab\Simulink) وتم اختبار عملهما على منظومة افتراضية ثنائية التغذية وتحت ظروف الاستقرارية العابرة وكما في الشكل (7) وكالأتي:

**المنظومة في حالة تأرجح القدرة المستقر**

إن فولتية وتيار المنظومة في هذه الحالة سوف يتغيران بشكل دوري وكما مبين في الشكل (8) بنسبة الوحدة عند زاوية القدرة مقدارها ($\delta=110^o$ ). وعليه سوف تعاني الممانعة الظاهرية المقاسة ($\mathbf{Z_r}$) من تغير دوري في القيمة والطور وكما مبين في الشكل (9)، إذ يوضح المسارات الدائرية المنحنية (Trajectory) التي تسلكها الممانعة ($\mathbf{Z_r}$) إذ يختبر الخصائص التنظيمية والتشغيلية لكلا المرحلتين ويتم تشغيل عدادين في حال اختراق مسار الممانعة الظاهرية الحدود الخارجية (TR6) لمرحلة الخروج عن التزامن (OOS) يتم من خلالهما حساب معدل تغير ممانعة مع الزمن ( $\Delta Z_r/\Delta t$ ) ومقارنة ($\Delta t$) مع التنظيم الزمني لمؤقت (OSBD). وعليه إذا كان زمن التغيير ($\Delta t$) أكبر من زمن المؤقت (OSBD) ستقوم مرحلة الخروج عن التزامن بإصدار إشارة كبح تأرجح القدرة ( Power Swing Blocking PSB) تعمل على كبح أي إشارة إفلات تصدرها مرحلة المسافة. إن زمن العدادين يتوقف عندما يخترق مسار الممانعة الظاهرية الحدود الداخلية (TR5) لمرحلة (OOS) ويتم تشغيل عداد ثاني يقارن زمنه مع الزمن التنظيمي للمؤقت (OSBD)، فإذا كانت قيمة زمن العداد أقل من القيمة التنظيمية ستقوم المرحلة (OOS) بإصدار إشارة فصل (Out of Step Tripping OST) تسمح لمرحلة المسافة بالعمل.

يبين الشكل (10) عدد المرات بصيغة (1) المنطقي التي يخترق فيها مسار الممانعة ($\mathbf{Z_r}$) الحدود الداخلية والخارجية (TR6,TR5) وإشارة الكبح (PSB) لمرحلة الخروج عن التزامن، كما ويبين إشارات الإفلات للقطاعين الأول والثاني (Trip/Zd1,Trip/Zd2) لمرحلة المسافة قبل الإشراف (أي بدون مرحلة كبح الخروج عن التزامن) والتي من الممكن أن تعمل بسبب تأرجح القدرة المستقر فضلاً عن إشارات الإفلات لهذين للقطاعين (TTZ1,TTZ2) بإشراف مرحلة كبح الخروج عن التزامن، ويوضح الشكل (11) سلوك القدرة الفاعلة والمتفاعلة خلال فترة تأرجح القدرة المستقر في المنظومة إذ تعاني القدرة الفاعلة والمتفاعلة من حالة تحت الاضمحلال (Under Damping) إذ يقل اتساعهما مع مرور الزمن لتستقر في النهاية عند قيمة معينة وبالتالي تدفع المنظومة إلى الاستقرار.

**المنظومة في حالة تأرجح القدرة غير المستقر**

تتعرض المنظومة لهذه الحالة في كثير من الأحيان نتيجة لأسباب كثيرة ذكرت سابقاً ويوضح الشكل (12) الفولتية والتيار بنسبة الوحدة عند زاوية قدرة ($\delta$=170$^o$ ). ونتيجة لذلك سوف تخترق المسارات الدائرية التي تسلكها الممانعة ($\mathbf{Z_r}$) الخصائص التنظيمية والتشغيلية لكلا المرحلتين وكما مبين في الشكل (13). ويوضح الشكل (14) الإشارات التي تصدر من كلتا المرحلتين وكما في الحالة السابقة. أن سلوك القدرة الفاعلة والمتفاعلة خلال فترة تأرجح القدرة غير المستقر في المنظومة يعاني من حال فوق الاضمحلال ( Over Damping) وبخلاف الحالة السابقة فإن اتساعهما يتزايد مع مرور الزمن وكما مبين في الشكل (15) وبالتالي يتفاقم هذا التذبذب ويدفع المنظومة إلى عدم الاستقرار.

**الاستنتاجات**

1. إن وجود تأرجح بالقدرة الكهربائية للمنظومة لا يعني بالضرورة أن المنظومة غير مستقرة وهذا يعتمد على زاوية القدرة المنقولة ($\delta$) التي تحدد قيمتها عمل المنظومة فإذا كانت بحـ **28** ($0^\circ \le \delta \le 60^\circ$) أو ($300^\circ \le \delta \le 360^\circ$)، فإن المنظومة حالة تشغيل الطبيعي، أما إذا كانت زاوية القدرة بحدود ($60^\circ \le \delta \le 120^\circ$) أو ($240^\circ \le \delta \le 300^\circ$) فإن التأرجح يكون مستقرا، إما في حالة التأرجح غير المستقر فان قيمة الزاوية ($\delta$) تكون بحدود ($120^\circ \le \delta \le 240^\circ$).
2. إن هذه المرحلة يمكن أن تعمل على كشف تأرجح القدرة المستقر ( Stable Power Swing) وغير المستقر ( Unstable Power Swing) تحت ظروف الاستقرارية العابرة (Transient Stability) وبالتالي يمكن أن تعمل بصورة مفردة لحماية أي منظومة كهربائية أخرى مثل المولدات فضلاً عن خطوط النقل.
3. بيّن البحث من خلال تمثيل عمل كل من مرحلة المسافة – ذات الخصائص المسامحية – ومرحلة الخروج عن التزامن معاً باستخدام برنامج (Maltab\Simulink) مدى فعالية واعتمادية مرحلة الخروج عن التزامن في التحكم باستجابة إشارة الإفلات لمرحلة المسافة تحت هذه الظروف غير أنها يمكن أن تعاني من قصور في تمييز الأعطال التي يمكن أن تحدث أثناء فترة الاستقرارية العابرة إذا كان معدل تغير مسار الممانعة كبير جداً.
4. إن هذه الطريقة لا تخلو من مشاكل فهي تعاني من قصور في تمييز الأعطال الثلاثة الطور والواقعة في مدى التأرجح الأول ( First Swing) إذا أن سرعة انتقال مسار الممانعة الظاهرية المنظورة من قبل مرحلة المسافة ضمن هذه الفترة كبير جداً وقد تقترب من سرعة انتقاله عند حصول العطل لذا فإن مرحلة الخروج عن التزامن لن تصدر أي شارة سيطرة للتحكم في عمل مرحلة المسافة وتتركها لتعمل بصورة طبيعية من دون أي إشراف من قبلها، من النادر حصول ذلك لان المسبب لتأرجح القدرة غير المستقر يكون في الغالب هو وقوع عطل.
5. إن تذبذب القدرة الناتج أصلاً من تذبذب في موجتي الفولتية والتيار يكون مصحوباً بتوافقيات تكون في بعض الأحيان ذات قيمة مؤثرة على الممانعة الظاهرية المنظورة من قبل مرحلة المسافة مسببةً عدم الدقة في قيمة هذه الممانعة وبالتالي الأداء الخاطئ للمرحلة، لذا في هذا البحث تمت معالجة هذه المشكلة باحتساب تأثير التوافقيات وإدخالها في تمثيل وتصميم مرحلة

المسافة لزيادة الدقة في قياس الممانعة الظاهرية أثناء فترة التأرجح.

**المصادر**


**1.** D.Tziouvaras & D. Dou, "Out of Step Protection Fundamentals And Advancements", Schweitzer Engineer-ing Laboratories, Inc. USA 2003.

**2.** William .D. Stevenson, **"**Element of Power System Analysis", Fourth - Edition, New York, McGraw-Hill, Inc, 1982.

**3.** G. Benmouyal & D. Tziouvaras**,** "Zero Setting Power Swing Blocking Protection", 31st Annual Western Protective Relay Conference, Spokane, Washington. October 19-21, 2004 .

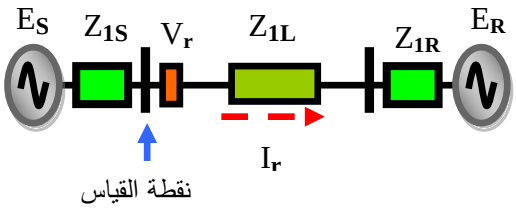
**4.** D. Hou & S. Turner**,** "SEL-321-5 Relay Out-of-Step Logic" SEL, Inc. Application Guide AG97-13, July 23, 1997.

**5.** J. Mooney & N. Fischer**,** "Application Guidelines for Power Swing Detection on Power Systems", Proceedings of the 32nd Western Protective Relay Conference, Spokane, WA, Octo' 2005.

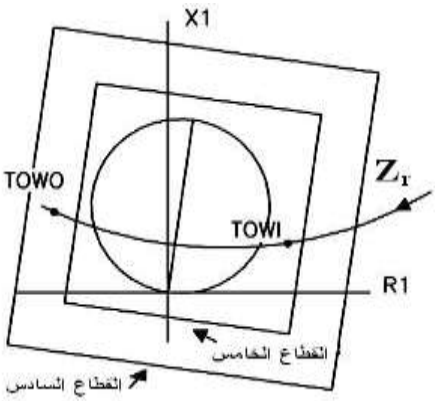
**6.** M. Jonsson**,** "Line Protection and Power System Collapse", P.H.D Thesis, Department of Electric Power Engineering, University of Technology Goteborg, Sweden, pp (87-102),2001.

**7.** Ming Jin**,** "Power Swing Block in Distance Protection", The University of Western Ontario Study Repot Date, December 2003.

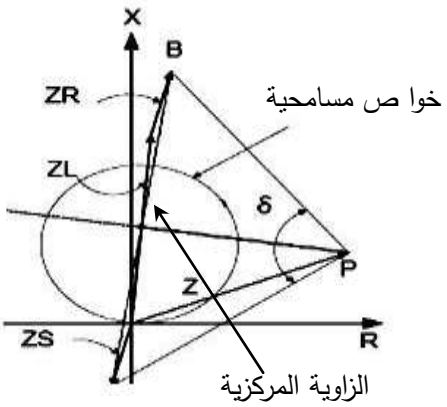


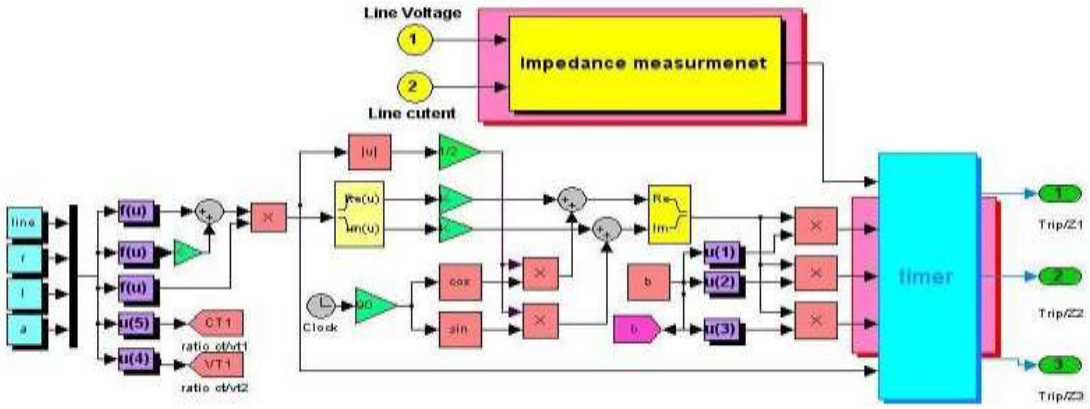




**شكل (1): منظومة ثنائية التغذية ذات خط نقل مفرد**

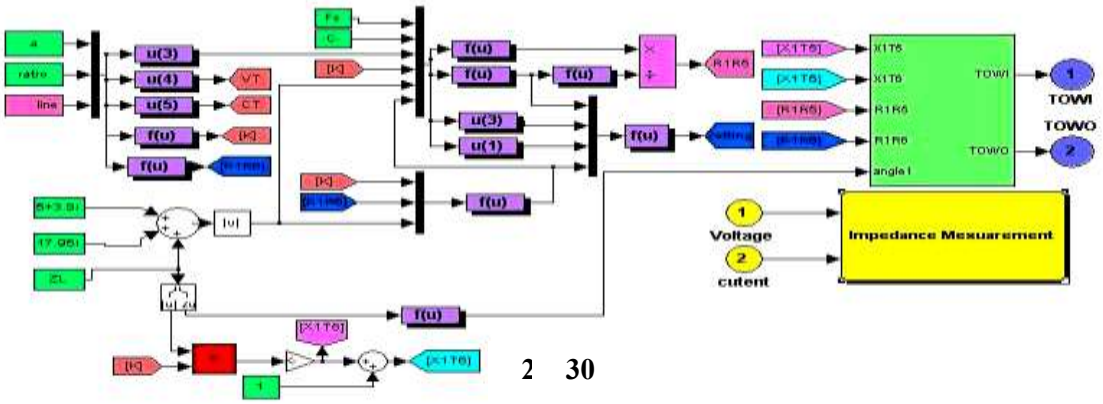



**شكل (3): خصائص الكشف عن تأرجح القدرة لمرحلة الخروج عن التزامن**



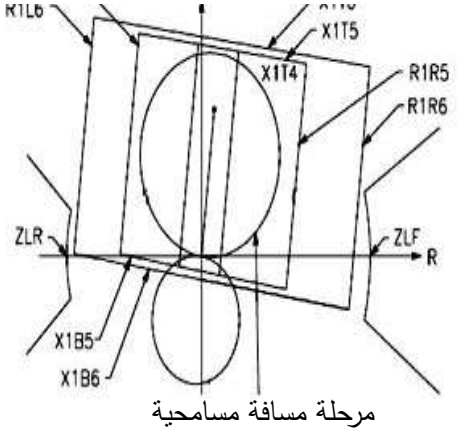



**الشكل (5): نمذجة وتمثيل مرحلة المسافة باستخدام برنامج (Maltab\Simulink)**

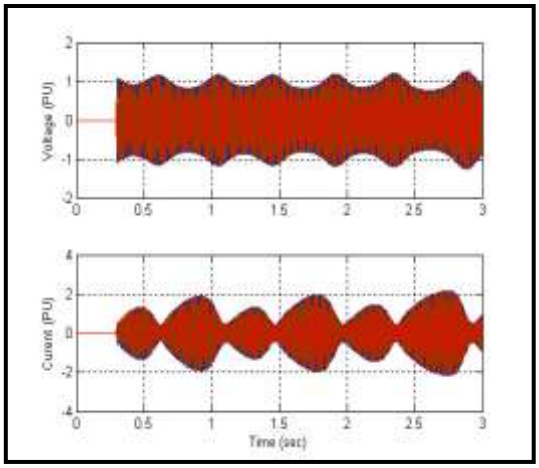



2 30

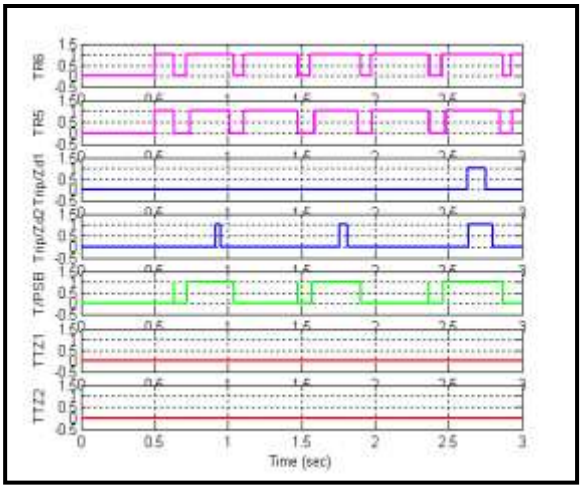
**شكل (6): نمذجة وتمثيل مرحلة كبح الخروج عن التزامن باستخدام برنامج(Maltab\Simulink)**



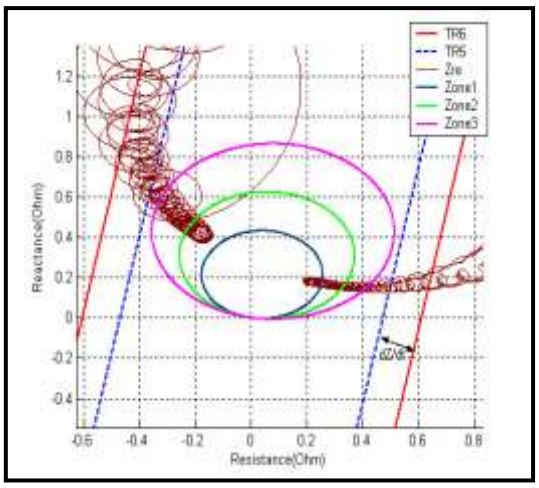

**شكل (4): الخصائص التنظيمية الداخلية والخارجية لمرحلة الخروج عن التزامن**



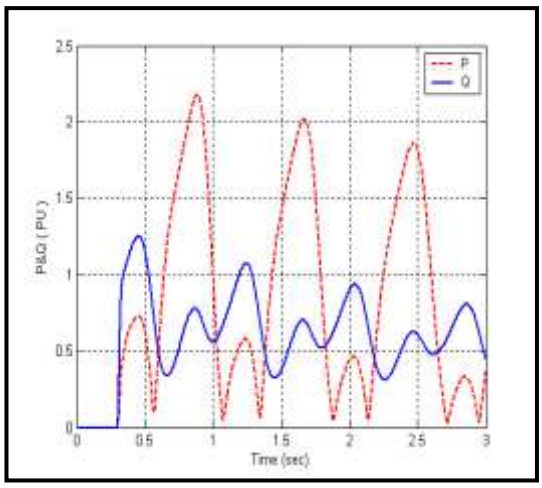

شكل (8): موجتي الفولتية والتيار عند تأرجح القدرة المستقر باستخدام البرنامج (Maltab\Simulink)



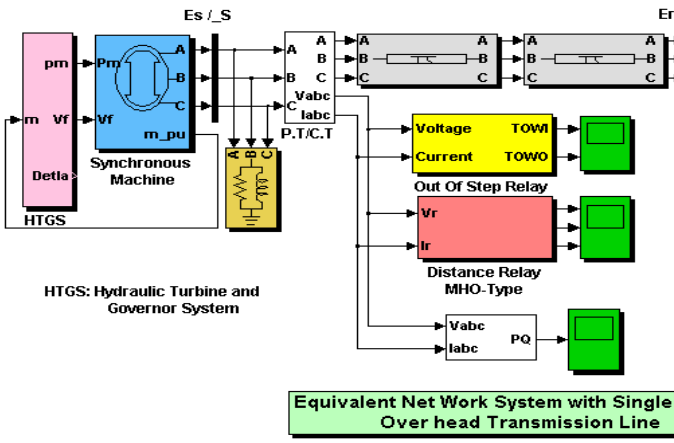

شكل (10): إشارات المرحتين عند تأرجح القدرة المستقر باستخدام البرنامج (Maltab\Simulink)




شكل (9): مسار الممانعة الظاهرية عند تأرجح القدرة

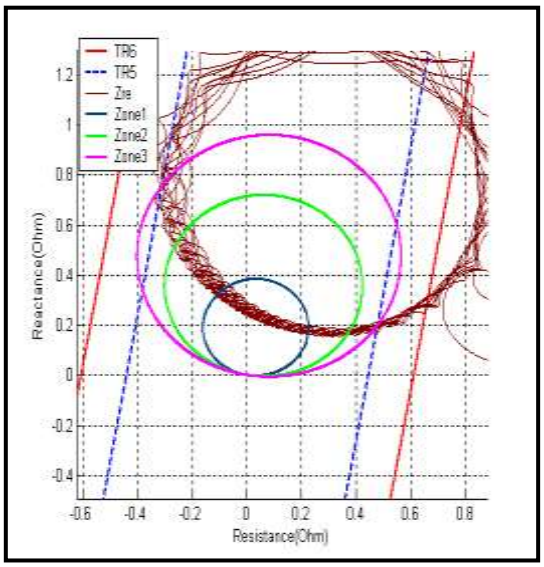



شكل (11): القدرة الفاعلة والمتفاعلة عند تأرجح القدرة المستقر باستخدام البرنامج (Maltab\Simulink)

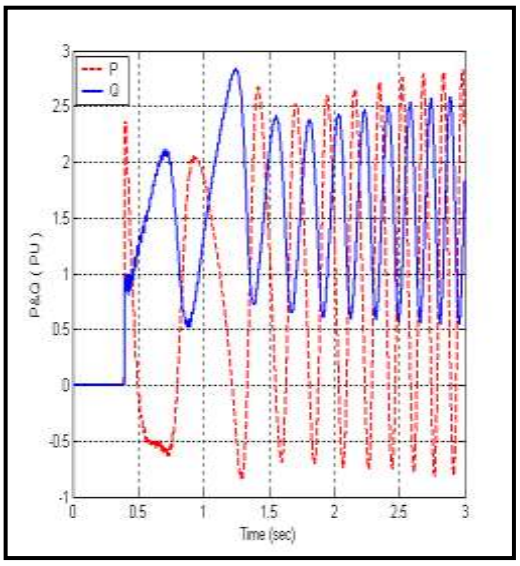



ة ثنائيه التغذيه تعمل بجهد خط نقل (132kv) وتردد (50Hz)

(100) باستخدام برنامج (Maltab\Simulink)

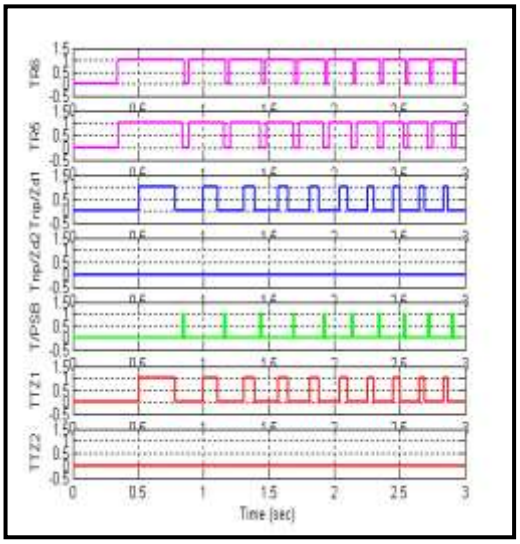



شكل (13): مسار الممانعة الظاهرية عند تأرجح القدرة غير المستقر باستخدام البرنامج (Maltab\Simulink)

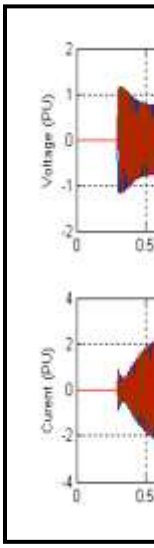



شكل (15): القدرة الفاعلة والمتفاعلة عند تأرجح القدرة غير المستقر باستخدام البرنامج (Maltab\Simulink)

31




شكل (14): إشارة المرحلتين عند تأرجح القدرة غير المستقر باستخدام البرنامج (Maltab\Simulink)




ر القدرة غير المستقر

.