Generator precautionary protection against external short currents

Dr. eng. Tarek Ibrahim

Associated Professor at Dept of Electrical Eng.

Faculty of Mechanical & Electrical Eng. Tishreen University

Abstract

Precautionary protection is considered to be one of the major principals, which helps in achieving a reliable protection in power systems. Traditionally, generator protection was replaced by the single degree distance one, because of its high failure rate.

In order to enhance the reliability as well as the performance of this novel protection system, the second order distance system is proposed. The boundary is located transformator mass.

This type of protection is constructed mainly be using single impedance relay for the first region and two for the second one.

In this paper we demonstrate a block-diagram for this proposed protection device and we proved its efficiency especially because of its microelectronics and IC-elements.

د.م طارق إبراهيم
قسم هندسة الطاقة الكهربائية
كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية، جامعة تشرين، سورية

الحماية الاحتياطية للمولدات من حالات القصر الخارجية

ملخص:

تعتـبر الحمايـات الاحـتياطية مـن أهم الأسس التي تتحقق بمساعدتها موثوقية أنظمة الحمايات في نظم القدرة الكهربائية.

تشـكلت الحماية الاحتياطية للمولدات تقليدياً باستخدام الحمايات بالتيار الزائد، والتي ثبت فشـلها فـي مهمتها هذه في الكثير من الحالات، لذلك تمَّ اللجوء إلى الحمايات المسافية أحادية الدرجة.

لـزيادة الموثوقية وسرعة الأداء تمَّ اقتراح استخدام الحمايات المسافية ثنائية الدرجة مع وقوع الفاصل (الحد) بين منطقتي العمل على قضبان التوتر العالي لكتلة المولد-محول.

تـنفذ الحمايـة المذكورة باستخدام زاجل ممانعة وحيد للمنطقة الأولى وزاجلين للمنطقة الـثانية. تـمَّ عرض مخطط صندوقي لحماية المسافية المقترحة، التي تمَّ البرهان على فعاليتها، خاصة وأنها مبنية على أساس العناصر الميكروإلكترونية والدارات التكاملية.

مـــن المعلوم أنه بالإضافة إلى الحماية الأساسية يتم تـــركيب حمايـــة احـــتياطية لكل عنصر من عناصر نظام القدرة الكهربائية، وهي تقوم بوظيفتها فيما يسمى بالاحتياط القريب والبعيد [2، 1].

تعمـــل الحمايـــة الاحـــتياطية لعنصر ما عند فشل حمايـــته الأساســـية، وعلى الرغم من أن مثل هذه الحالات مـــن الفشـــل قليلة نسبياً، إلا أنه لا بد من أخذها بالاعتبار نظـــراً لمـــا قد يترتب عليها من مخاطر جمّة، سواءً على الـــتجهيزات أو عـــلى المستهلكين أو على استقرار الشبكة الكهربائية [3].

لتشـــكيل حمايـــة احـــتياطية من الأعطال المتناظرة وكذلـــك لـــلحمايات الأساسية للمولد، تمّ اللجوء تقليدياً إلى الحمايـــة بالـــتيار الزائد بتمهل زمني قدره 5-7 sec إلا أن تحـــليل أداء هـــذه الحماية أثبت تجريبياً أنها يمكن أن تفشل فـــي مهمـــتها خـــلال زمن يتراوح ما بين 1.2-2 sec من لحظـــة حـــدوث قصـــر ثلاثي الطور على مخارج المولد، وخاصة بالنسبة للمولدات الحديثة ذات التهييج المستقل[4].

أفضـــل الميـــزات فـــي مثل هذه الحالات تتمتع بها الحمايـــة المسافية، فهي باعتمادها على المسافة حتى نقطة العطـــل تســـتطيع العمـــل بشـــكل صحيح من أجل جميع المولدات بمختلف أنواع التهييج [5].

مـــن أجـــل المولدات ذات الاستطاعة 60 MW وما فوق تستعمل الحماية المسافية أحادية الدرجة من جهة توتر الـــتوليد، وبه تتصف بحساسية عالية وتنفذ مهمة الاحتياط البعيد نظراً لاحتلاها تمهلاً زمنياً كبيراً حتى 7 sec [7، 6].

لـــزيادة ســـرعة أداء الحمايـــة عند حالات القصر الخارجية القريبة بين الأطوار نقترح تركيب حماية مسافية ثـــنائية الدرجة على أن يقع الفاصل بين منطقتي العمل على قضبان التوتر العالي لكتلة المولد–محول.

يتم توصيل الحماية إلى فرق تياري طورين $I_A - I_B$ لمحـــولات التيار المتوضعة إما من جهة النقاط الصفرية أو مـــن جهـــة المخارج الطورية للمولد، ويطبق عليها التوتر الخطـــي $(U_A - U_B)$ للدارة الثانوية لمحول الجهد المتوضع من جهة المخارج الطورية للمولد.

تؤمـــن المـــنطقة الأولى لـــلحماية (الدرجة الأولى) احـــتياطاً للحمايات الأساسية للكتلة (منطقة الحماية–مولد–محـــول، وأحيانـــاً قضبان التوتر العالي) بتمهل زمني 0.3 sec وممانعة عمل (تعيير) $Z^I = 0.5 - 10\ \Omega$.

أما المنطقة الثانية فتؤمن احتياطاً بعيداً بتمهل زمني $0.7 \div 7$ sec وممانعـــة عمـــل $Z^{II} = 1–20\Omega$. تنفذ الحماية المذكـــورة باســـتعمال زاجل ممانعة وحيد للمنطقة الأولى وزاجلين للمنطقة الثانية.

تكـــون مميزة عمل زاجل المنطقة الأولى عبارة عن دائـــرة مزاحة في الربع الثالث لمستوى الإحداثيات (R, jx) بمقـــدار $Z(\Omega)$ وذلـــك كي نضمن شموليتها لمخارج المولد عـــند توصيل زاجل الممانعة إلى محولات التيار من جهة مخـــارج الأطـــوار (الشكل 1). ولكي لا تتأثر هذه الحماية عـــند حـــدوث ضياع تهييج المولد يجب أن يتحقق الشرط التالي:

$$Z\ (\Omega) < 0.5\ X_d^1$$

عملياً لا تتجاوز قيمة الإنزياح $12 \div 15\%$ من Z^I [6].

لكي نتجنب عمل الحماية الخاطئ في حالات التهييج الـــزائد وبقيـــة أنظمة العمل الطبيعية الأخرى يكون ملائماً مـــن أجـــل المنطقة الثانية للحماية المسافية استعمال زاجل ممانعة ذي مميزة عمل على شكل قطع ناقص.

يمكن الحصول على مميزة عمل قطع ناقصية تقريباً باقـــتران (جمـــع) عنصـــري قياس يملكان مميزات عمل

دائـــرية، وهـــذا ما يساعد في تأمين تنفيذ تقني سهل للدارة المرغوبة.

تتمثل المميزة النهائية لعنصر المساقة للمنطقة الثانية بـــتقاطع دائـــرتين (الشـــكل 2)، تمر الأولى (1) من مبد أ الإحداثيات، وتزاح الثانية (2) في الربع الأول.

وهكـــذا فـــإن الحمايـــة المســـافية ثـــنائية المناطق (الدرجـــات) تحتوي على ثلاثة عناصر قياس ذات مميزات عمـــل دائـــرية يبـــني على أساسها زاجل ممانعة للحماية المسافية للمنطقة الثانية.

عـــند تـــركيب دارة زاجل الممانعة (ذي المميزات السابقة) تجرى مقارنة مطالي قيمتين كهربائيتين:

$$\dot{E}_1 = K_1\dot{U} + K_2\dot{I}, \dot{E}_2 = K_3\dot{U} + K_4\dot{I}$$

ويكون شرط عمل الزاجل:

$$|\dot{E}_1| \geq |\dot{E}_2|$$

وبما أن منطقة عمل الزاجل تقع داخل المميزة، فإنه يمكن قبول $K_1 = 0$ في المعادلات الأولية، وبالتالي نحصل على:

$$\dot{E}_1 = K_2\dot{I}, \dot{E}_2 = K_3\dot{U} + K_4\dot{I}$$

حيث $\dot{U}$ و $\dot{I}$ – تيار وتوتر الزاجل، K_4، K_3، K_2 ثوابت عقدية في الحالة العامة.

للحصـــول عـــلى مميـــزة مـــزاحة في الربع الثالث لمســـتوى الإحداثيـــات، يجب كتابة القيم الكهربائية المشار إليها على الشكل التالي:

$$\dot{E}_1 = 1/2K_3(1+m)Z_y\dot{I}$$

$$\dot{E}_2 = K_3\left[\dot{U} - \frac{1-m}{2}Z_y\dot{I}e^{j\theta}\right]$$

وللحصـــول عـــلى مميزة مارة من مبدأ الإحداثيات يكون لدينا:

$$\dot{E}_1 = 1/2K_3Z_y\dot{I}$$

$$\dot{E}_2 = K_3\left[\dot{U} - \frac{1}{2}Z_y\dot{I}e^{j\theta}\right]$$

أمـــا المميـــزة المـــزاحة فـــي الربع الأول لمستوى الإحداثيات فلها المعادلات التالية:

$$\dot{E}_1 = 1/2K_3Z_y\dot{I}(1-m)$$

$$\dot{E}_2 = K_3\left[\dot{U} - \frac{1-m}{2}Z_y\dot{I}e^{j\theta}\right]$$

حيث:

K_3: ثابت حقيقي.

θ: زاوية الحساسية العظمى للزاجل.

Z_y: ممانعـــة تعيير الزاجل من أجل زاوية الحساسية العظمى θ.

m: أمـــا نســـبة الجزء (من قطر الدائرة) الواقع في الـــربع الثالث إلى الجزء الواقع في الربع الأول من مستوى الإحداثيـــات (مـــن أجل مميزة عمل المنطقة الأولى)، وهو يعـــبر بذلـــك عـــن إنزياح المميزة في الربع الثالث، أو أنه نســـبة المســـافة مـــن مبدأ الإحداثيات حتى الدائرة 2 إلى المســـافة المســـاوية Z_y (مـــن أجـــل مميزة عمل المنطقة الثانية).

نـــبين عـــلى الشكل (3) المخطط الصندوقي البنيوي للحماية المسافية ثنائية الدرجات، إنها تحتوي على عناصر تشـــكيل فروق تيارات طورية A_1 وفروق توترات طورية A_2 والـــتي تعطـــي فـــي خـــرجها إشـــارات متناسبة مع $(\dot{I}_A - \dot{I}_B)$ و $(\dot{U}_A - \dot{U}_B)$ على التوالي، كما تحتوي على عنصـــر إزاحة الطور A_3 لتغيير زاوية الحساسية العظمى θ، ثلاثة عناصر قياس ممانعة Z_2^{II}، Z_1^{II}، Z^I وعناصر تمهـــل زمـــني لمنطقتي العمل الأولى والثانية DT_4 و DT_1

وعنصـــر محاصـــرة عـــند التأرجحات (ObK)، عنصر محاصرة من ضياع التوتر (ObH).

يحـــتوي عنصـــر قيـــاس الممانعة (زاجل الممانعة) ثلاثـــة مجـــزئات أومية لتعيير Z_Y وإزاحة المميزة بالنسبة لمـــبدأ الإحداثيـــات، دارة تشكيل ومقارنة مطالين $|\dot{E}_1|$ و $|\dot{E}_2|$ وعنصر مقارنة SF_4.

يـــتم تشـــكيل ومقارنـــة المطـــالين $|\dot{E}_1|$ و $|\dot{E}_2|$ بواســـطة مقوميـــن نصف موجبين (V_{S1}، V_{S2}) وجامع A_4 متوافق مع مرشح ترددات منخفضة.

تصـــل إشـــارة الخرج إلى مدخل عنصر المقارنة، والـــذي يعمل عند تحقق الشرط $|\dot{E}_2| \geq |\dot{E}_1|$. وبما أن الدرجـــة الـــثانية تحـــتوي عـــلى عنصري قياس (زاجلي ممانعـــة)، فـــإن الإشـــارات من مخارجهما تصل أولاً إلى مدخل العنصر المنطقي (0).

مـــن أجل الدرجة الأولى أدخلت دارة محاصرة عند الـــتأرجحات من أجل $t^I \leq 0.5$ sec. نقترح مبدأ عمل لدارة المحاصـــرة عند التأرجحات يعتمد على الفارق في سرعة تغير الممانعة Z في حالتي التأرجح ونظام دارة القصر.

تؤخذ من مخرج مرشح الترددات المنخفضة لعنصر القيـــاس الأول للدرجة الثانية القيمة المحصلة $|-\dot{E}_1 E^1| = |E_2|$ ويتم تطبيقها على مدخل عنصر المقارنة SF_2 ومدخل عنصـــر المحاصـــرة (ObK) والمؤلف من عنصر عطالي عاكس DT_2 وعنصر المقارنة SF_4.

فـــي نظام العمل المستقر يكون التوتر على المدخل الأول لعنصر المقارنة مساوياً للصفر. في نظام التأرجحات تجمـــع الإشارة (E-) من مخرج العنصر العاكس DT_2 مع الإشـــارة E^1: $\Delta E = (E^1 - E)$. وهكـــذا تظهر على مدخل عنصـــر المقارنـــة الإشـــارة $\Delta E = E^1 - E$ المختلفة عن الصـــفر، لكن الإشارة ΔE في بداية التأرجح تكون ضعيفة ثـــم تنمو (تتزايد) ببطئ، نظراً لأن فترة التأرجحات تكون كـــبيرة بمـــا فيه الكفاية، وبالضبط الدقيق لعنصر العطالة العـــاكس نحصل عند دخل عنصر المقارنة على إشارة ΔE هـــي أقل من قيمة تعييره، وبذلك فهو لا يتأثر (أي لا يعمل عنصر المقارنة).

إذا استجاب عنصر قياس الممانعة (زاجل الممانعة) الأول للدرجة الثانية Z_1^{II} في حالة التأرجحات، تظهر على المدخـــل الأول للعنصـــر المـــنطقي DD_3 إشـــارة الواحد المـــنطقي (1) وعلى المدخل الثاني له (من مخرج عنصر المحاصرة) تظهر إشارة الصفر المنطقي (0).

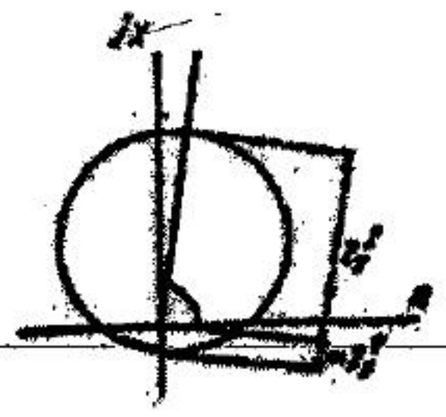
وبذلـــك يظهـــر عـــلى المدخل الأول للعنصر DD_1 لـــلدرجة الأولى الصـــفر المـــنطقي (9)، أما على المدخل الـــثاني له فيظهر إما (0) أو (1) (إذا استجاب وعمل Z^1)، عـــلى مخـــرج DD_1 لا تظهر أي إشارة، أي تحاصر دارة الدرجـــة الأولى عـــند وجود التأرجحات. في نظام القصر تـــتغير إشـــارة E بســـرعة – بشكل قفزي – ومن اللحظة الـــبدائية للقصـــر يكون الفرق $\Delta E = E^1 - E$ كبيراً بحيث يفـــوق قيمـــة تعييـــر عنصر المقارنة SF_4 مما يؤدي إلى عمله.

تعمـــل إشـــارة خـــرج عنصر المقارنة على تشغيل العنصر التكاملي DT_3 الذي تستمر نبضته حوالي 0.3 sec ، وهـــو زمن كافٍ لظهور إشارة (1) على مدخلي العنصر DD_3 وعـــلى مخـــرجه أيضاً تظهر إشارة (1) لتدخل إلى العنصر DD_1 للدرجة الأولى. في نظام القصر يقطع شعاع الممانعـــة مميزة عمل الحماية بسرعة كبيرة، ويكون الزمن 0.3 sec كافياً تماماً لإقلاع الدرجة الأولى للحماية.

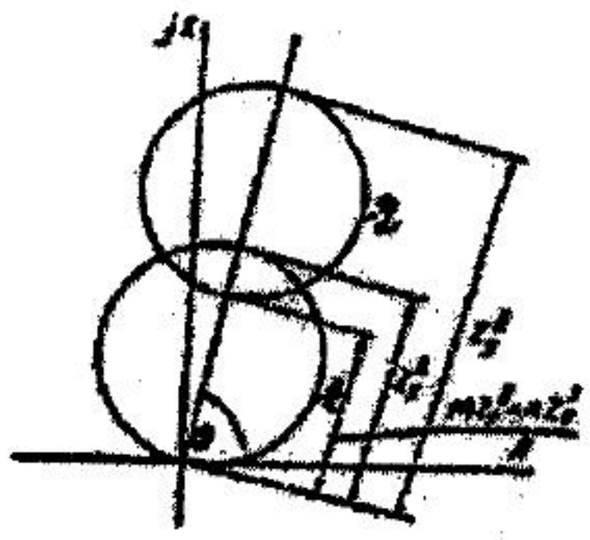
انطلاقاً مما تقدم نستنتج ما يلي:

- يفضل أن تكون الحماية ثنائية الدرجة، على أن يكون الفاصـــل بيـــن درجـــتي الحماية على قضبان التوتر العالي.

- ينصح أن تكون مميزة الدرجة الأولى على شكل دارة مزاحة في الربع الثالث لمستوى الإحداثيات.
- أمـــا مميزة الدرجة الثانية فيفضل أن تكون قريبة من شـــكل قطـــع نـــاقص عـــلى حساب استخدام زاجلين بمميـــزتين دائريتين مزاحتين، الأمر الذي يسهل تنفيذه تقنياً.
- يمكـــن اســـتخدام هـــذه الحمايـــة، المبنية على قاعدة العناصـــر التكاملية والميكروإلكترونية كإحدى قنوات مجموعة الحمايات الخاصة بالمولدات.

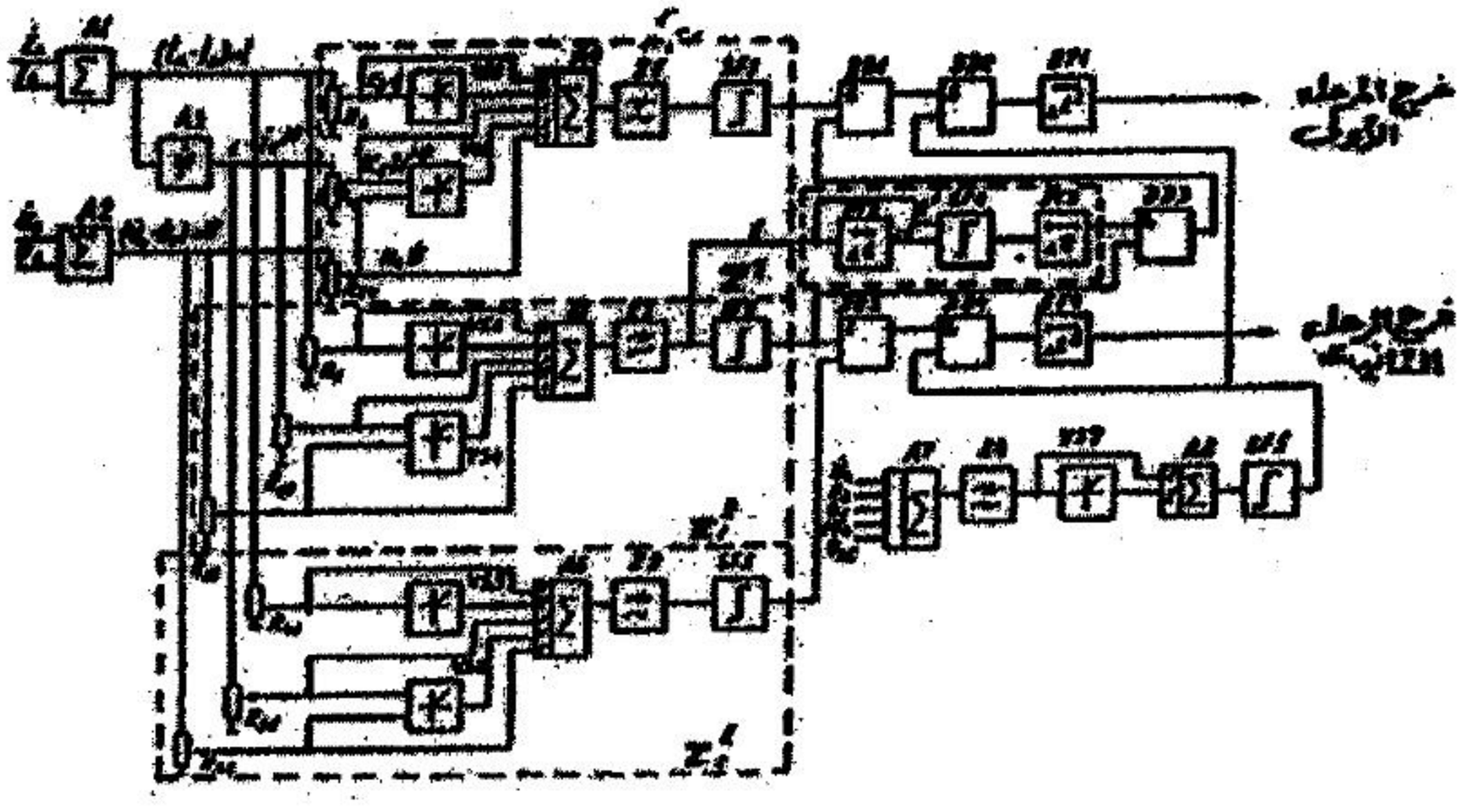


شكل1 مميزة زاجل الممانعة للدرجة الأولى



شكل2 المميزة لانهائية لزاجل الممانعة للدرجة الثانية

شكل3 المخطط الصندوقي للحماية المسافية المقترحة



المراجع Referenses:

1. Davies. T. 1997, *protection of industrial power systems*. Newness. Great Britain.
2. Madhava Rao. T. S. 1984. *Power system protection. Static relays*. New Delhi.

3- فيداســـييف. أ. م، 1984، حماية نظم القدرة الكهربائية، موسكو، باللغة الروسية.

4- فاين. ف. ك، 1991، الحماية الزاجلية باستخدام تقنية الحواسب، بطرسبورغ، (باللغة الروسية).

5. Cook. V. 1985. *Analysis of distance protection*. England.

6- فابـــريكانت. ف. ل، 1978، الحمايات المسافية، موسكو، (باللغة الروسية).

7- غيـــلفاند. ي. س، 1987، حماية شبكات التوزيع، موسكو، (باللغة الروسية).