تنسيق ضبط أجهزة الحماية من التيارات المرتفعة لشبكات القوى الكهربائية

خالد بشيبش سليمان المحمادي

المستخلص

موضوع الرسالة يعتبر خطوة هامة في تصميم اي منظومة قوى كهربائية وذلك لتنسيق بين أجهزة الوقاية (التيارات المرتفعة). عندما يحدث ماس كهربائي أو تدفق غير طبيعي للطاقة لفترة متواصلة، ينبغي لأجهزة الوقاية من ردة فعل لعزل العطل مع الحد الأدنى لحدوث اي اختلال في توازن منظومة القوى. ولذلك، فإن تنسيق الضبط لأجهزة زيادة التيار يعتمد على القيمة الحالية للتيار وقيمة الضبط وزمن الفصل المطلوب وذلك لعمل التنسيق الأمثل لأجهزة الحماية من زيادة التيار بدقة للحصول على أقصى قدر من الاعتمادية والانتقائية لتلك الأجهزة في منظومة القوى. إن الهدف من هذه الرسالة هو بناء برنامج حاسب آلي لحساب القيم المطلوبة لكل جهاز من أجهزة الحماية من التيارات المرتفعة الموجودة في جميع أنظمة شبكات القوى الكهربائية في المنطقة الغربية (380, 110 & 13.8 kV) وعمل التنسيق اللازم فيما بينهما. حيث تم التأكد من أداء البرنامج مع بعض الأمثلة المحلولة لشبكات القوى الكهربائية.

الكلمات الدالة: مرحل زيادة التيار, الأجهزة الإلكترونية الذكية (IED), النظم المتقدمة لهندسة الطاقة (ASPEN), التنسيق.

تنسيق ضبط أجهزة الحماية من التيارات المرتفعة لشبكات القوى الكهربائية

خالد بشيبش سليمان المحمادي

الملخص

مقدمة:

حماية محطات النقل يكون بالكشف عن العيوب واتخاذ الإجراءات اللازمة للحد من الأضرار وتوفير تكلفة أقل من المال. ويتم تنفيذ هذه الوظيفة من قبل أجهزة مجهزة لحماية أنظمة الشبكة الكهربائية "تسمى المرحل". وعلاوة على ذلك، تساهم المرحلات بزيادة الموثوقية والانتقائية وخفض تكلفة شبكات القوى الكهربائية. وهذا العمل البحثي يقوم بدراسة أحد المبادئ الأساسية للحماية، والتي هي أكثر الحمايات انتشارا ضد زيادة التيار. والمبدأ الأساسي هو عندما يتدفق التيار إلى أكثر من مرحل يتجاوز قيمة الضبط، فإن المرحل يعمل بدون تأخير في الوقت وعزل القواطع ذات الصلة. كما أنه معروف، أن الشركة السعودية للكهرباء تنفق الملايين من النقود لبناء المحطات، وشراء معدات باهظة الثمن. ولذلك، يجب أن يتم دراسة إعدادات المرحلات في كل جهاز بعناية لتجنب العمليات الخاطئة، مما قد يؤدي لخسائر تكلف الشركة الكثير. والأهم من ذلك، توفير الكهرباء للعملاء. فإن الهدف الرئيسي من هذه الدراسة هو زيادة استقرار الشبكة وإجراء الضبطيات المطلوبة للأجهزة من خلال تطبيق برنامج (ASPEN) لتحسين التنسيق من خلال ضبط أجهزة زيادة التيار في جميع أنظمة شبكات القوى الكهربائية. مما قد يؤدي ذلك إلى تعزيز الاستقرار للشبكة، ويقلل من عدد الانقطاعات الخاطئة.

مشكلة البحث:

إن اتساع الرقعة العمرانية والتجارية والنمو السكاني في المملكة العربية السعودية يؤدي إلى ارتفاع الأحمال الكهربائية والتي تتطلب موثيقية كافية لتغطية هذه الأحمال. مما يجعل الشركة السعودية للكهرباء في تسارع مع المشاريع لتغطية هذه الأحمال الزائدة وخصوصا فترات الصيف. وبالتالي الإعتماد على المرحلات بشكل كبير لعزل الأعطال الغير مرغوب بها بالشبكة الكهربائية لكي لا تؤثر على استقرارها وتوفير الخسائر المالية. فإن المحافظة على أجهزة الشركة بالمحطات الهدف الأساسي عن طريق ضبط أحهزة الحماية والتنسيق فيما بينهم. مما يؤدي إلى رفع القدرة وزيادة الإعتمادية داخل المحطات وتوفير الكهرباء للمستهلك.

هدف الدراسة:

إنه من الضروري لدراسة أنظمة القوى الكهربائية في المنطقة الغربية عن طريق البرامج الحاسوبة لتوفير الطاقة الكهربائية اللازمة لمواجهة الأحمال بدلا من الطرق التلقيدية، وتهدف الرسالة لتصميم المحطات الكهربائية المتصلة بالشبكة في المنطقة الغربية وتحديد الموقع المناسب لكل مرحل عن طريق استخدام برنامج حاسوبي (ASPEN) لدعم الاحتياجات المتزايدة للكهرباء.

مجال الدراسة:

يشمل البرنامج الحاسوبي محطات أنظمة القوى الكهربائية للمنطقة الغربية كاملة, مما يساهم في معرفة قيمة العطل في كل منطقة وإيجاد الضبط المناسب لها. وتتضمن الدراسة مقارنة بين قيم ضبطيات الشركة السعودية للكهرباء مع قيم ضبطيات البرنامج الحاسوبي ومعرفت الإختلافات وعمل التحسينات للإرتقاء بالشبكة الكهربائية وتوثيق عملها.

أهمية الدراسة:

من المزايا التي يوفرها البرنامج القدرة على تصميم المحطات الكهربائية من محولات وخطوط. مما يسهل لنا وضع المرحلات لكل معده وضبط القيم بسهولة. وإختبار قدرة المرحل على عزل العطل في الوقت المناسب وأخذ نطرة شاملة على تتابع تأثير العطل على المحطات المجاورة ورصد التأثير. لذلك يتم دراسة الشبكة الكهربائية وإعداد الضبطيات لكل مرحل على كل جهاز لحدى.

خطة الرسالة:

- اكتساب المعلومات الأساسية للحماية ضد زيادة التيار والعوامل الأساسية التي تؤثر في منظومة القوى الكهربائية.
- استعراض التطورات الحديثة بهذا المجال.
- تطبيق الدراسة على محطات النقل باستخدام برنامج (ASPEN) و تنسيق ضبط أجهزة الحماية من التيارات المرتفعة لشبكات القوى الكهربائية.
- مقارنة نتائج البحث بالقيم الحالية في الشركة الوطنية لنقل الكهرباء لتحسين وضع الشبكة الكهربائية.

أدوات الدراسة:

سوف يتحقق تصميم محطات أنظمة القوى الكهربائية المتصلة بالشبكة اعتمادا على المدخلات والبيانات المتاحة فضلا عن المواصفات المطلوبة بواسطة برنامج حاسوبي (ASPEN)، وتتميز هذه الأداة بالبساطة والسهولة وإظهار سريع لنتائج التصميم.

نتائج الدراسة:

ناقشت هذه الدراسة أهمية استخدام البرامج الحاسوبية لتحسين اداء الشبكة الكهربائية في منظومة القوى الكهربائية، حيث تم العمل على محطات النقل داخل الشبكة الكهربائية وتصميم هذه المحطات في البرنامج الحاسوبي (ASPEN) ومعرفة قيم العطل في كل محطة وتحليل هذه القيم. لكي نقوم بعمل أجهزة حماية لكل معده بالمحطة مع كامل البيانات المدخلة. وتحليل عمل هذد الأجهزة على الشبكة والتوصل لقيم ضبط موحده قادرة على عزل العطل في أي محطة. وفي هذه الدراسة توصلنا لقيم ضبط على كل مرحل داخل المحطة ومقارنته بالقيم الحاليه لشركة النقل الوطنية وتبن لنا التالي :

- خطوط التغذية (13.8 kV) مجال الفصل يجب ان يكون بين (0.61 - 0.35) ثانية.
- القضبان (13.8 kV) فمجال الفصل بين (1.05 – 0.73) ثانية.
- المحولات (110/13.8 kV) فمجال الفصل للجهد المنخفض (1.55 – 1.23) وللجهد العالي (2.05 – 1.73) ثانية.
- القضبان (110 kV) فمجال الفصل بين (0.84 – 0.65) ثانية.
- المحولات (380/110 kV) فمجال الفصل للجهد المنخفض (1.34 – 1.15) وللجهد العالي (1.84 – 1.65) ثانية.

ان بعض المحطات تتناسب مع الدراسة والبعض لا فقمنا بتحسن هذه المحطات ووضع القيم الأمثل لتفادي حدوث الأعطال وتوفير الإستقرار للشبكة.

التوصيات:

بناء على نتائج هذه الدراسة، توصل الباحث إلى عدد من التوصيات المذكورة على النحو التالي:

• يوصى بإدراج البرنامج (ASPEN) لجميع أجهزة الكمبيوتر الخاص بمهندسي الحماية للدراسة والتحليل.

• يجب تغير المرحلات القديمة بمحطات النقل مثل الكهروميكانيكية والإستعانة بمرحلات متطورة مثل المرحلات الرقمية.

• تحديد حجم محول التيار داخل المحطات وأيضا قيمة التحويل لحساب قيمة تيار الفصل والتي يجب ان تكون أعلى من قيمة تيار الحمولة.

• يستحسن القيام بدراسة الموثيقية للمحطات الجديدة لمعرفة عدد المرحلات الوقائية وأماكن الحاجة.

• للمحطات الجديدة يجب توفير قيمة العطل للقدرة على التحليل وإنشاء الضبطيات المناسبة للمرحلات الوقائية.

• من المهم جدا إنشاء المحطات الجديدة في برنامج (ASPEN) والتحقق من توفر المعلومات والمرحلات لكي نقوم بدراسة الوضائف لكل مرحل ووضع الحسبات اللازمة.

تنسيق ضبط أجهزة الحماية من التيارات المرتفعة لشبكات القوى الكهربائية

خالد بشيبش سليمان المحمادي

بحث مقدم لنيل درجة الماجستير في العلوم
[الهندسة الكهربائية وهندسة الحاسبات / هندسة القوى والآلات]

كلية الهندسة
جامعة الملك عبدالعزيز- جدة
شعبان ١٤٣٨هـ - مايو ٢٠١٧م

بسم الله الرحمن الرحيم

تنسيق ضبط أجهزة الحماية من التيارات المرتفعة لشبكات القوى الكهربائية

إعداد

خالد بشيبش سليمان المحمادي

بحث مقدم لنيل درجة الماجستير في العلوم
[الهندسة الكهربائية وهندسة الحاسبات / هندسة القوى والآلات]

إشراف

د/عبدالرحمن حامد المسعود

كلية الهندسة
جامعة الملك عبدالعزيز
جدة- المملكة العربية السعودية

شعبان ١٤٣٨هـ - مايو ٢٠١٧م

Coordination Of Over Current Relay Settings for Electrical Power System Networks

A Proposal for a Master Thesis

Submitted by

Khalid B. Al-Mehmadi

1200790

Supervised by

Prof. Abdulrahman Hamid Almasoud

Department of Electrical & Computer Engineering

Faculty of Engineering

King Abdulaziz University

Jeddah, Saudi Arabia

Shaban 1438H – May 2017 G

Statement of problem:

An important step in the design of any power system is the time-current coordination of all over current protection relays. When a short circuit or an abnormal power flow occurs for a sustained period of time, the protective devices should react to isolate the fault with minimum disruption to the balance of the system. Thus the coordination of over current relay depends on the input current value, current setting value, and the time multiplier setting controls the relay tripping time. The accurate determination of over current coordination is essential to get maximum reliability and selectivity in power systems.

Introduction:

Power system protection is about detecting faults and taking action like tripping of faulty apparatus to minimize damage as well as provide less cost of repair. This function is implemented by a decision making element called a relay. A relay can be thought of as a microprocessor to analysis power system voltages and currents for the purpose of detection of faults in an electric power system [1]. Microprocessors contribute to increase reliability, selectivity and reduced cost of network maintenance [2].

This research work studies one of the fundamental principles of protection which is over current protection. It is the most widely used relay in power systems [2]. It is used for both primary and back-up protection which appears in every protective area in the power system [5]. The basic principle is that when the current is flowing into the over current relay exceeding the setting value, the relay operates with setting time delay and trips the related circuit breakers [6].

The Saudi Electricity Company dedicates millions of Saudi Riyals (S.R) to build the stations annually due to the expense of the devices. Therefore, relay settings must be carefully chosen in every device to avoid unintended operations which might lead to stations being overloaded which can cost the company millions (S.R). Most importantly, this leads to the loss of electricity to customers. Early studies have been done on this matter. Peter E. Sutherland used the conventional per unit time-current curve in an industrial power system [3]. Hairi, Alias, Aras, Basar, and Fah used Computer Aided Protection Engineering (CAPE) for distribution networks [4]. Cheng-Hung and Chao-Rong used Genetic Algorithm for Overcurrent Relay Coordination in an Industrial Power System [12]. Nikolovski, Havranek, and Marić, used DIgSILENT Power Factory software modeling features in distribution networks [13].

ASPEN One Liner is the leading short circuit and relay coordination program [14]. The coordination of over current relays is to determine settings for relays that will send trip signals in the right time to operate circuit breakers in case of a fault [3]. Therefore, elements of Alstom's book will be used for test the short circuit and relay coordination

program to be enabled to follow and evaluate the over current relay coordination in different system of voltages for the Western Region of the Electricity Power Network.

Background on over current relays:

The over current relays are normally used for protection against over currents. This relay takes input current from a current transformer (CT) and operates if the input current is higher than the pickup value [1]. Figure 1 shows the logic of an over current relay where if the input current value exceeds the setting value, the relay detects an over current and make a trip signal to the breaker to operate and isolate the fault. The relay sends a trip signal instantaneously after picking up the fault (in the case of instantaneous over-current relays) or it can wait for a set time before making a trip signal (in the case of time over current relays). This time delay is also known as the operation time of the relay [7].

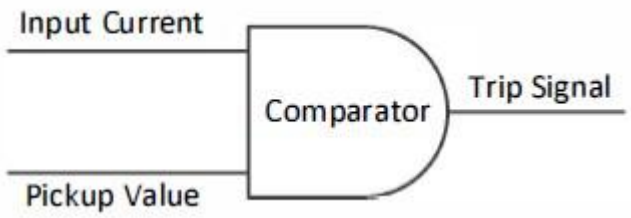

Fig. 1. Logic representation of Over-Current Relay

Generations protection of equipment manufacturing:

Protection equipment manufacturing in the past involved several methods of generation. In the beginning they were composed of electromagnetic devices, and then came to include protection static relays devices, ending with digital relays.

The first generation (electromagnetic):

In the first generation of manufacturing methods, the idea of the device was based on the current that passes through coils making the core become temporarily magnetized, accompanied by a magnetic force that can attract the iron armature to operate the contact. However, when the coil is de-energized the contact is released, as shown in figure 2.

Fig. 2. Electromechanical relay for a feeder.

The advantage is that it always remains stable. The disadvantages involve the need regular maintenance of its moving parts and the need to reset the settings from time to time to ensure the accuracy of the measurement [15].

Second generation (Static Relays):

The second generation of operational amplifiers adopted comparison of the current flowing through the circuit and the setting values. If the setting values are exceeded the relay sends a signal to the circuit breaker to operate, as shown in figure 3.

Fig. 3. Static Relays.

The advantage was that it works without moving parts, which was used in the previous generation. The disadvantage is that it is affected by the temperature and can become unstable.

Third generation (Digital Relays):

The basic idea of this new technology is transformation of the voltage and current signals to the numbers stored in the memory with update continuously (figure 4). It is stored in one cycle or two the voltage and current. Then the protection program tracks the change in the values of these signals through equations and identifies the malfunction.

Fig. 4. Digital Relays.

The advantage is the ability to change the setting values of the device automatically and detect malfunctions and classify them accurately.

Classification of Over Current Relays:

Instantaneous Over Current Relays:

The first type is known as Instantaneous over Current (OC). The protection device will operate if the current exceeds the setting value. This type is suitable for operating on high current faults that must be removed immediately [1].

Definite Time Over current Relay:

This type of relays operates if the current exceeds the setting value and sends a trip signal the breaker to isolate the fault after a specified time and for avoiding isolating circuits during transient period [1].

Inverse Definite Minimum Time (IDMT):

This combines the advantages of previous types and operates according to the inverse relationship between the current and time operation [8]. Features are not affected by the transient fault and at the same time operate in the case of high current faults [9]. This type of device is usually provided with multiple curves tendencies to suit all uses and gives a variety of speeds for the same current value [10]. It is inversed in the initial part with low currents then followed by a second part, Instantaneous OC with high currents.

In accordance with IEC 60255, the characteristics of IDMT relays are represented with the following equation:

$$T = \frac{C}{(\frac{I}{I_s})^{\alpha} - 1} \times TMS$$

Where:

T: Relay operation time.

C: Constant for relay characteristic.

Is: Current Set point.

I: Current Input to the relay.

α: Constant Representing Inverse Time Type (α: > 0).

TMS: Time Multiplier setting controls the relay tripping time.

Table I below shows values for α and C corresponding to each curve [11]:

TABLE I
DIFFERENT TYPES OF INVERSE CHARACTERISTICS CURVES

Relay Characteristic Type	α	C
Standard Inverse	0.02	0.14
Very Inverse	1	13.5
Extremely Inverse	2	80
Long Inverse	1	120

Single line diagram of (380/110/13.8 KV BSP):

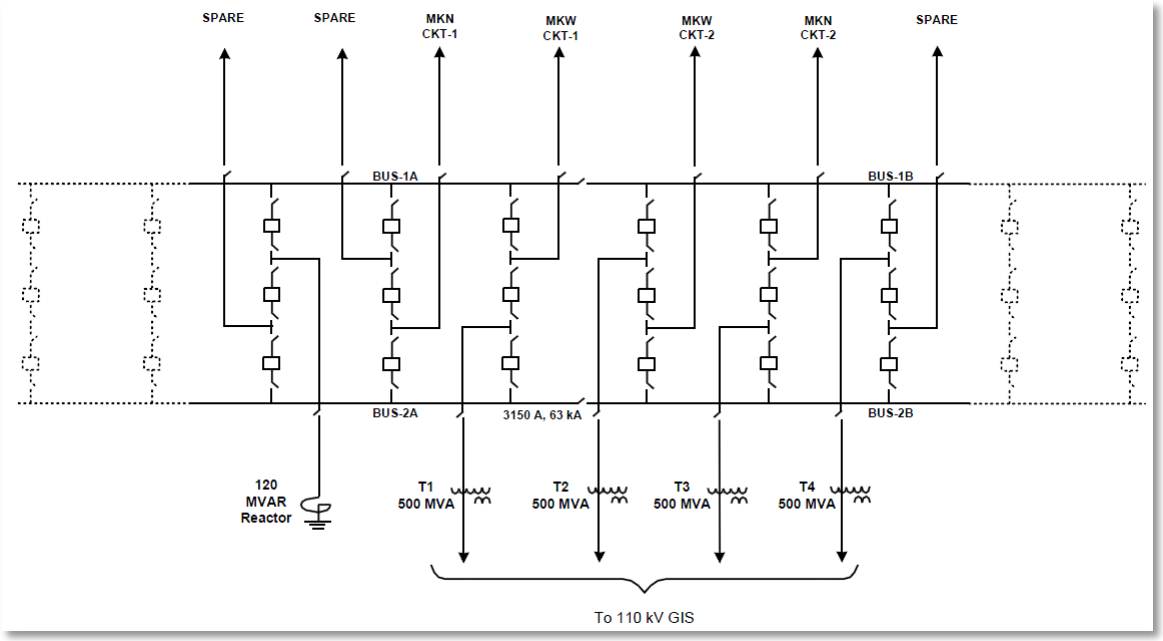

Fig. 5. 380kV/110kV system network.

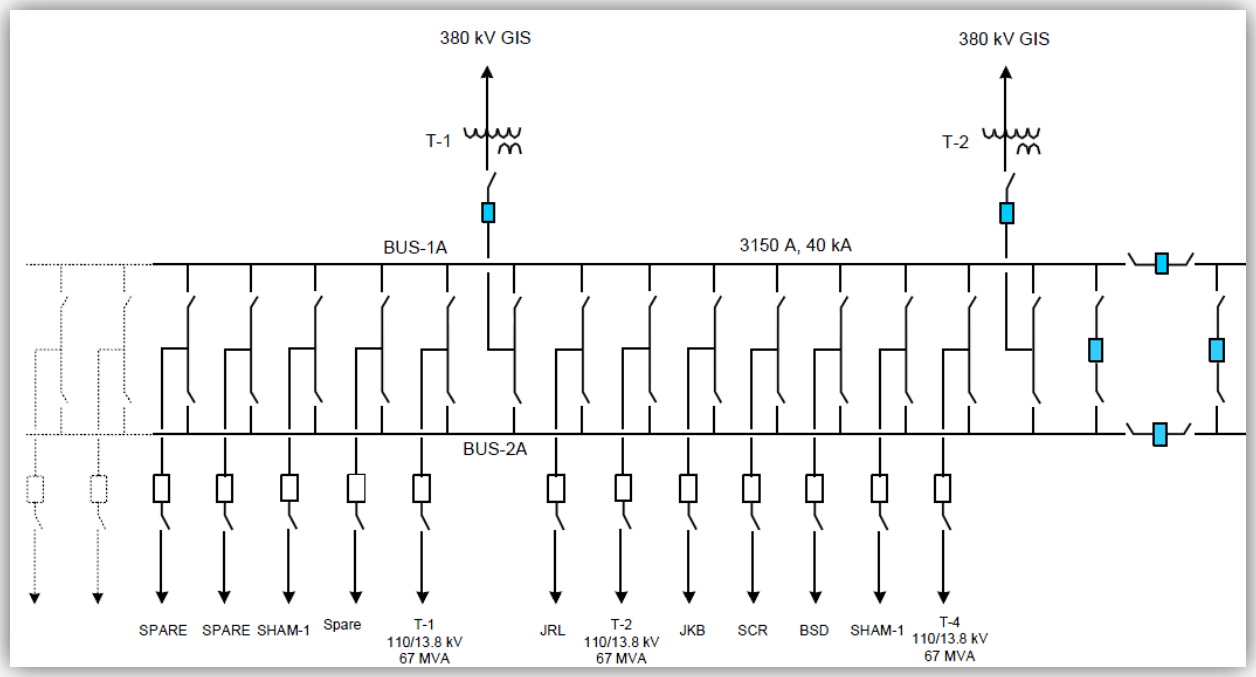

Fig. 6. 110 KV substation GIS.

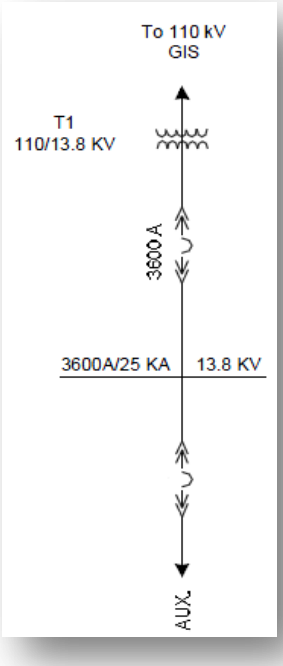

Fig. 7. 13.8kV switchgear.

References:

[1] Muhammad Shoaib Almas, Rujiroj Leelaruji, and Luigi Vanfretti, " Over-Current Relay Model Implementation for Real Time Simulation & Hardware-In-the-Loop (HIL) Validation.", IEEE, Teknikringen, Stockholm, Sweden, (2012).

[2] Yin Lee Goh, Agileswari K. Ramasamy, and Farrukh Hafiz Nagi, "Modeling of Overcurrent Relay Using Digital Signal Processor", IEEE Symposium on Industrial Electronics and Applications (ISIEA 2010), Penang, Malaysia, October 3-5, 2010.

[3] Peter E. Sutherland, "Protective Device Coordination in an Industrial Power System with Multiple Sources", IEEE Transactions On Industry Applications, VOL. 33, NO. 4, July/August 1997.

[4] Hairi M. H., Alias K., M.Aras M.S., Md. Basar M.F., and P.Fah S., " Inverse Definite Minimum Time Overcurrent Relay Coordination Using Computer Aided Protection Engineering ", Melaka , Malaysia, (2010).

[5] V. Jhanwar, and A. K. Pradhan, “Accurate overcurrent relay algorithm using fundamental component,” Joint International Conference on Power System Technology and IEEE Power India Conference, pp.1–4, 12–15 October 2008.

[6] J. C. Tan, P. G. McLaren, R. P. Jayasinghe, and P. L. Wilson, “Software model for inverse time overcurrent relays incorporating IEC and IEEE standard curves,” Canadian Conference on Electrical and Computer Engineering, vol. 1, pp. 37–41, 12 – 15 May 2002.

[7] General Electric, "Instruction Manual for Overcurrent Protection (MIFII)," available on-line: http://www.gedigitalenergy.com/multilin/.

[8] IEEE Tutorial Course, "Microprocessor Relays and Protection Systems," Course Text 88EH0269-1PWR, IEEE Service Center, Piscataway, NJ, 1988.

[9] J.P. Whiting, and D. Lidgate, "Computer Prediction of lDMT Relay Settings and Performance for Interconnected Power Systems," vol. 130. IEEE Proceedings for Generation, Transmission and Distribution, May 1983.

[10] Walter A. Elmore, "Protective Relaying Theory and Applications," ABB Power T&D Company Inc., Tech. Rep., 1994.

[11] Benmouyal, G.; Meisinger, M; Burnworth, J. et al., "IEEE Standard InverseTime Characteristic Equations for Overcurrent Relays," IEEE Transactions on Power Delivery, vol. 14, no. 3, pp. 868 - 872, July, 1999.

[12] S. Nikolovski, M. Havranek, P. Marić, "Numerical Relay Protection Coordination using Simulation Software", MIPRO 2013, May 20-24, Opatija, Croatia, (2013).

[13] Cheng-Hung Lee and Chao-Rong Chen, "Using Genetic Algorithm for Overcurrent Relay Coordination in Industrial Power System", National Taipei University of Technology, Taiwan ROC.

[14] "OneLiner: The leading short circuit and relay coordination system". Internet: http://www.aspeninc.com/web/software/oneliner, [2009].

[15] B. Kasztenny, A. Kulidjian, B. Campbell, M. Pozzuoli, “Operate and Restraint Signals of a Transformer Differential Relay”, 54th Annual Georgia Tech Protective Relaying Conference, [May, 2000].