تنسيق أجهزة الحماية في أنظمة القدرة الكهربائية

بحث تكميلي لنيل درجة البكالوريوس مرتبة الشرف في الهندسة الكهربائية

إعداد الطلاب :

أحمد محمد أحمد أزرق

عمار على عبدالله حاج أحمد

محمود إبراهيم عيسى محمد

هشام أحمد كرار محمد

إشراف:

د/ صديق عبدالرحمن إبراهيم

قسم الهندسة الكهربائية
كلـية الــهندسة
جامعة الشيخ عبدالله البدري

يناير2021 م

الآية

قَالَ تَعَالَى: (فَتَعَٰلَى ٱللَّهُ ٱلۡمَلِكُ ٱلۡحَقُّۗ وَلَا تَعۡجَلۡ بِٱلۡقُرۡءَانِ مِن قَبۡلِ أَن يُقۡضَىٰٓ إِلَيۡكَ وَحۡيُهُۥۖ وَقُل رَّبِّ زِدۡنِي عِلۡمٗا)

سورة طه (114)

الإهداء

إلى من غمرونا بالحنان وأبعدوا عنا قسوة الزمان إلى من منحونا قلوبهم

إلى واحتنا التي نستظل بها من هجير الزمان

أمهاتنا الحبيبات

إلى من سعوا وشقوا لننعم بالراحة والهناء الذين لم يبخلوا من أجل دفعنا إلى النجاح

إلى الذين علمونا أن نرتقي سلم الحياة بحكمة وصبر

آبائنا الأفاضل

إلى من حبهم يجري في عروقنا ويلهج بذكراهم

إخواننا الأعزاء

إلى من علمونا حروفاً من ذهب وكلمات من درر

أساتذتنا الأجلاء

الشكر والعرفان

الشكر أولاً لله تعالى من قبل ومن بعد أن هيأ لنا من أمرنا رشدا، إنه نعم المولى ونعم النصير ، نتقدم بأسمى آيات الشكر والعرفان لأولئك الذين بذلوا معنا جهدهم لتسهيل المصاعب التي إعترضت طريقنا في سبيل إخراج هذا البحث بهذه الصورة ونخص بالشكر

د / صديق عبدالرحمن إبراهيم

الذي كانت بصماته واضحة لإنجاز هذا البحث و الذي ساعدنا بكل صبر وحكمة في هذا المشروع بتوجيهاته وإشرافه حتى خرج بهذه الصورة الرائعة.

والشكر موصول لكل الأساتذة الأجلاء بكلية الهندسة .

وإلى كل المهندسين العاملين بمحطة عطبرة التحويلية الذين أمدونا بكل المعلومات والبيانات التي في هذا المشروع، ونخص بالشكر الباش مهندس عمرو بابكر كرار.

فهرس المحتويات

الرقم	المحتويات	رقم الصفحة
-	الآية	I
-	الإهداء	II
-	شكر وعرفان	III
-	فهرس المحتويات	IV
-	فهرس الأشكال	VIII
-	فهرس الجداول	X
-	المستخلص	XI
-	ABSTRACT	XII
الفصل الأول (المقدمة)		
1-1	تمهيد	1
2-1	برنامج الإيتاب	1
3-1	مشكلة البحث	2
4-1	الهدف من البحث	2
5-1	منهجية البحث	2
6-1	أدوات تنفيذ البحث	2
7-1	بنية البحث	2

الفصل الثاني (عناصر منظومة الحماية)

1-2	المقدمة	3
2-2	المصهرات	3
1-2-2	أهم متطلبات المصهرات	4
2-2-2	تصنيف المصهر	4
3-2	القواطع الكهربائية	4
1-3-2	تصنيف القواطع الكهربائية	5
1-1-3-2	تصنيف القواطع الكهربائية حسب جهد التشغيل	5
2-1-3-2	تصنيف القواطع الكهربائية حسب نوع الوسط الذي يتم فيه إطفاء القوس الكهربي	5
4-2	المرحلات	5
5-2	محول الجهد	6
6-2	محول التيار	6
7-2	مانعة الصواعق	9
1-7-2	أنواع مانعة الصواعق	9
8-2	المتطلبات العامة لأجهزة الوقاية	9
1-8-2	الإنتقائية	9
2-8-2	سرعة العمل	10
3-8-2	الحساسية	10

4-8-2	الإعتمادية	10
5-8-2	الملائمة	10
6-8-2	الموثوقية	10
7-8-2	التنسيق	11
8-8-2	الإستقرار	11
9-8-2	الإقتصادية	11
الفصل الثالث(تنسيق أجهزة الحماية)		
1-3	تنسيق الحماية	12
2-3	أهمية التنسيق	12
3-3	التنسيق الإنتقائي	12
4-3	متطلبات عملية التنسيق	13
5-3	أهداف التنسيق	13
6-3	تنسيق أجهزة الحماية	13
1-6-3	التنسيق بين المصهرات وبعضها	13
2-6-3	التنسيق بين القواطع	15
3-6-3	التنسيق بين القواطع والمصهرات	15
الفصل الرابع (المحاكاة والنتائج)		
1-4	المقدمة	17
2-4	حالات الدراسة	19
1-2-4	عطل في المغذي بربرغرب	19
2-2-4	خطأ في Busbar 2	21

3-2-4	خطأ في منطقة المحول 2	23
الفصل الخامس الخلاصة والتوصيات		
1-5	الخلاصة	25
2-5	التوصيات	25
	المراجع	26

فهرس الأشكال

رقم الشكل	أسم الشكل	رقم الصفحة
1-2	محولات الجهد للجهود العالية والمتوسطة	6
2-2	محولات التيار	7
3-2	محولات تيار من نوع Windo Type	7
4-2	محول تيار من نوع Split Core	8
5-2	محول تيار من نوع Toroidal Type	8
6-2	تأمين مناطق الحماية المتراكبة لتفادي المناطق الميتة بدون حماية	9
1-3	التنسيق الإنتقائي	12
2-3	التنسيق بين مصهرين على التوالي	14
3-3	إستخدام المنحنيات الخصائصية للتنسيق بين مصهرين على التوالي	15
4-3	التنسيق بين قاطع ومصهر على التوالى	16
5-3	التنسيق بين مصهر وقاطع على التوالى	16
1-4	مخطط المحطة التحويلية	17
2-4	حالة الخطأ في مغذي بربر غرب	19
3-4	منحني التشغيل بين المرحلات عند حالة الخطأ في مغذي بربر	20
4-4	حالة الخطأ في Busbar 2	21

5-4	منحني التشغيل بين المرحلات عند حالة الخطأ في Busbar2	22
6-4	حالة الخطأ في منطقة المحول 2	23
7-4	منحني التشغيل بين المرحلات عند حالة الخطأ في منطقة المحول 2	24

فهرس الجداول

الرقم	إسم الجدول	الصفحة
1-4	تدفق الحمل في المحطة التحويلية في حالة التشغيل الطبيعية	18

المستخلص

منظومة القوى الكهربائية واحدة من أهم وأعظم المنظومات التى صنعها الإنسان وأكثرها تعقيدا،ويعتبر إمداد الطاقة بشكل مستمر وموثوق أحد أهم العوامل التى تؤثر على كفاءة المنظومة،لذلك تم إبتكار العديد من الأنظمة والطرق وإستخدمت العديد من الوسائل من أجل تحسين الأداء وضمان إستمرار إمداد الطاقة بالصورة المطلوبة.

في هذا البحث تم عمل نموذج مصغر لمحطة عطبرة التحويلية 220/33KV المقرن. تم إستخدام برنامج "إيتاب" كأداة للدراسة والتحليل. تم تقسيم الشبكة إلى مناطق وصمم نظام تنسيق للمرحلات .تم عمل ثلاثة حالات دراسة لإختبار أنظمة الحماية الحالية. تم التوصل الى النتائج المرضية.

ABSTRACT

The electrical power system is one of the most important, greatest and most complex system made by man .The continuous and reliable power supply is considered one of the most important factors that affect the efficiency of the system ,There fore ,many systems and methods have been devised and many means have been used in order to improve performance and ensure the continuity of the energy supply in the required manner.

In this research a model was made for Atbara transforming substation 220/33kv Al-Muqrin. The ETAP program was used as a study and analysis tool .The network was divided into regions and a new coordination system was designed for the relays. A three cases study were made to test the protection system , satisfactory result were reached.

الفصل الأول

المقدمة

الفصل الأول
المقدمة

1-1 تمهيد :

توليد ونقل وتوزيع القدرة الكهربائية يحتاج إلى جهودهائلة وتجهيزات كثيرة ومتنوعة وباهظة التكاليف بالإضافة إلى الجهود المبذولة أثناء الدراسات والتنفيذ والإستثمار لإيصال التيار الكهربي بشكل سليم ، منظومة القدرة الكهربائية بما تحتويه من مولدات ومحولات وخطوط هوائية وكابلات لنقل وتوزيع القدرة الكهربائية تتعرض لحوادث غير طبيعية (الأعطال) تؤدي إلى تلف هذه التجهيزات ، ويكون إصلاحها أو إستبدالها مكلفاً جداً بالإضافة إلى الخسائر الناتجة عن إنقطاع التيار الكهربي ، لذلك لابد من إستخدام أجهزة الحماية التي تجنب النظام الأعطال الكبيرة.

تحدث الأعطال نتيجة لسببين ؛ إما أسباب داخلية تكون بسبب إنهيار العازلية وسوء التصنيع ، أو أسباب خارجية نتيجة لضربات البرق التي تؤدي إلى جهود عالية جداً لا يمكن لنظام القدرة تحملها ، يمكن التخفيف من هذه الأعطال ونتائجها بحيث تصبح نادرة الحدوث وذلك بالتصميم الجيد وتطوير الأجهزة المستخدمة في نظام القدرة مثل المحولات والمولدات وخطوط النقل وأجهزة القطع وأجهزة الحماية والمراقبة والتحكم المناسبة.

إن عمل أجهزة الحماية لايكون عملاً وقائياً كما يظهر من إسمها ولكن جهاز الحماية يعمل فقط بعد حدوث العطل ، بمعنى أن الحماية لا تمنع حدوث الأعطال ولكنها تقلل من نتائجها الضارة والآثار الجانبية السلبية إلى أدنى حد ممكن ، أي الغرض من نظام الحماية هو التشغيل السليم للقواطع الآلية من أجل فصل الجزء الذي أصابه العطل في الشبكة دون بقية الأجزاء التي تعمل بشكل طبيعي .

أدى التقدم في مجال الحمايات والتحكم إلى تحسين مردود التشغيل والإستمرار في تطوير أنظمة التغذية الكهربائية بشكل عام.

2-1 برنامج الإيتاب ETAP :

كلمة إيتاب ETAP تعني Electrical Transient Analysis Program هوأحد البرامج المهمة المستخدمة في تحليل وتصميم سريان منظومة القدرة ، ويستخدم في كثير من المجالات الكهربائية ، الفرق بين الإيتاب والبرامج الأخرى أنه لايوجد في الأسواق بل يتم تنزيله من ETAP.com بإمكانية محدودة جداً ، أما البرامج الأخرى موجودة في الأسواق وتعمل فقط عند الجهود المنخفضة أما الإيتاب يعمل في جميع المستويات أياً كان مجالها جهود منخفضة و جهود متوسطة و جهود عالية ، ويعطي نتائج دقيقة.

3-1 مشكلة البحث :

الأعطال تقلل من موثوقية النظام وتعد مصدراً من مصادر تهديد إستمرارية التغذية الكهربائية.

4-1 الهدف من البحث :

تصميم نظام حماية متكامل يجري فيه تنسيق العمل بشكل جيد لتحديد وفصل العطل بسرعة بحيث يبقى الضرر الذي يسببه هذا العطل إلى نظام القدرة في أضيق الحدود الممكنة.

5-1 منهجية البحث :

يتبع هذا البحث المنهج العلمي في رسم وتحليل نظام الطاقة بإستخدام برنامج الإيتاب وفهم وتحليل أنواع الأعطال ومناطق الحماية وأجهزة الحماية في منظومة القدرة.

6-1 أدوات تنفيذ البحث :

تم تصميم شبكة منظومة القدرة بإستخدام برنامج إيتاب وذلك لدراسة تنسيق أجهزة الحماية وتوضيح سريان تدفق الحمل وتيارات القصر.

7-1 بنية البحث :

يتكون من خمسة فصول :

الفصل الأول يحتوي على المقدمة وتعريف عن برنامج الإيتاب ومشكلة البحث والهدف من البحث ومنهجية البحث وأدوات تنفيذ البحث وبنية البحث ، أما الفصل الثاني يحتوي على عناصر منظومة الحماية والمصهرات وتصنيفها والقواطع وتصنيفها والمرحلات وتصنيفها ومحولات التيار ومحولات الجهد ومانعات الصواعق بالإضافة للمتطلبات العامة لأجهزة الحماية ، الفصل الثالث يحتوي على تنسيق أجهزة الحماية وأهمية التنسيق و التنسيق الإنتقائي و متطلبات عملية التنسيق وأهداف التنسيق وتنسيق أجهزة الحماية ، الفصل الرابع يحتوي على المحاكاة والنتائج ، الفصل الخامس يحتوي على الخلاصة والتوصيات.

الفصل الثاني
عناصر منظومة الحماية

الفصل الثاني
عناصر منظومة الحماية

1-2 المقدمة :

إن أجهزة الحماية الكهربائية هي أجهزة تستجيب للحالات غير الطبيعية (الأعطال) في الشبكة الكهربائية ، وتتحكم بالقواطع الآلية وذلك من أجل عزل الجزء المتعطل فقط من النظام المحمي دون بقية الأجزاء السليمة، من أجل أن تكون أجهزة الحماية قادرة على فعل ذلك فإنها يجب أن تكون قادرة وبدون أي تأخير على تقرير أي من القواطع الآلية يجب فصله لعزل الجزء المتعطل فقط من الشبكة المراد حمايتها ، كما تعتبر أجهزة الحماية شكلاً من أشكال التأمين من وجهة النظر الإقتصادية ، فهي تحمي نظام القدرة ذو المنفعة العامة من ضياع الموارد المالية بسبب تلف وإنهيار التجهيزات و إنقطاع التغذية ، وتقدر تكلفة أجهزة الحماية في نظام القدرة بين (2:1 %) من التكلفة الكلية لمنظومة القدرة ، ومن مهام أجهزة الحماية ما يلي :

- مراقبة ظروف العمل لكل عنصر من عناصر المنظومة الكهربائية .
- كشف الأعطال وتحديد حالة المنظومة .
- عزل الجزء المتعطل من الشبكة بواسطة القواطع الآلية .
- التنبيه أو الإنذار لكي يتدخل العنصر البشري ويقوم بالتصحيح اللازم .

تشتمل أجهزة الحماية على :

2-2 المصهرات Fuses :

أجهزة حماية للدوائر الكهربائية من زيادة التيار الناتجة عن دوائر القصر أو الحمولة الزائدة ، وتفتح الدائرة عند هذه الزيادة نتيجة إنصهار عنصر قابل للإنصهار داخل المصهر عند زيادة التيار عن قيمة محددة وخلال وقت مناسب ، ويعتبرالمصهر أكثر أجهزة الحماية إستخداماً لحماية نظم القوى الكهربائية وذلك لرخص ثمنه وطول عمره ، وعدم إحتياجه إلى الصيانة وذلك لأنه لا يحتوي على أجزاء متحركة ، ويتكون المصهر بشكل عام من الأجزاء التالية :

- حامل المصهر .
- قاعدة المصهر .
- ممسك المصهر .
- عنصر المصهر .

1-2-2 أهم متطلبات المصهرات :

- أن يعمل المصهر بسرعة عالية للحد من التلف الذي قد يحدث للأجهزة المراد حمايتها .
- يجب حماية الأجهزة المحيطة من تيار العطل ومن القدرة الحرارية المنتشرة عند عمل المصهر .
- أن تحافظ المصهرات على موثوقية عملها ولا تتغير خصائصها .
- يجب أن يعمل المصهر تحت جميع الحالات العملية الممكنة.
- بعد عمل المصهر لابد من وجود عازلية عالية لتحمل جهد الإستعادة.

2-2-2 تصنيف المصهرات :

1- المصهرات المملوءة بالمسحوق Powder Filled Fuses

تتميز بفعالية عالية في الحد من تيارات دائرة القصر وإستطاعة قطع عالية.

2- المصهرات الصغيرة Miniature Fuses

تستخدم لحماية الأجهزة الإلكترونية أو دوائر التحكم .

3- المصهرات نصف المغلقة Semi-enclose Fuses.

تستخدم لحماية دوائر التوزيع .

4- مصهرات الإنفجار Expulsion Fuses.

5- مصهرات القدرة Power Fuses.

6- مصهرات قواطع التوزيع Distribution break Fuses.

عبارة عن مصهرات مصممة على شكل قاطع يدوي يستعمل لفتح وإغلاق الدائرة ولحمايتها من الأعطال في مركز التحويل .

2- 3 القواطع الكهربائية Circuit Breakers :

أي دائرة كهربائية تحتاج إلى مجموعة من المفاتيح يمكن من خلالها فتح وإغلاق الدائرة تحت ظروف تشغيل عادية أو غير عادية ، ويمكن تقسيم هذه المفاتيح الكهربائية إلى نوعين :

- مفاتيح قفل أو فتح تحت ظروف تشغيل عادية .
- مفاتيح قفل أو فتح الدائرة تحت ظروف تشغيل غير عادية وتعرف بالقواطع الكهربائية (Circuit Breakers) .

2- 3-1 تصنيف القواطع الكهربائية :

2-3-1-1 حسب جهد التشغيل إلى أربعة انواع :

- قواطع جهد منخفض (حتى 1000Volt) .
- قواطع الجهد المتوسط (أكبر من 1KV حتى 33KV) .
- قواطع الجهد العالي (أكبر من33KV حتى 240KV).
- قواطع الجهد الفائق (أكبر من 240KV) .

2- 3- 1- 2 حسب نوع الوسط الذي يتم فيه إطفاء القوس الكهربي إلى :

1- قواطع هوائية :

حيث يستخدم ضاغط هواء لدفع الهواء بين قطبي القاطع عند حدوث شرارة لإطفائها.

2- قواطع مفرغة من الهواء :

لا يوجد وسط مطلقاً في المنطقة المحيطة بأقطاب القاطع وبالتالي لا تحدث شرارة لأن الشرارة تحتاج لوسط تمر فيه.

3- قواطع بإستخدام الزيت :

يستخدم (Oil-CB) في الجهد المنخفض حتى (30KV) فالزيت بصفة عامة عازل جيد، وعندما يسخن الزيت نتيجة مرور تيار عالي فيه فإن بعض الذرات تتأين وتقل كثافته فيرتفع لأعلى ويحل محله زيت بارد غير متأين وبالتالي يحافظ على عازليته.

4- قواطع بإستخدام غاز سادس فلوريد الكبريت SF_6 :

أشهر أنواع الغازات المستخدمة في القواطع هو الSF_6 ويتميز بأنه غير قابل للإشتعال وغير سام وعازل جيد للكهرباء حيث تزيد كفاءته عشر مرات عن عزل الهواء للكهرباء تحت ضغط الجو العادي .

2- 4 المرحلات Relays :

أجهزة تستقبل إشارة تحكم معينة من الدائرة المركبة عليها ، وتبعاً لتلك الإشارة تجري تغييراً أو أكثر في تلك الدائرة ، ومرحلات الحماية هي مرحلات تستجيب لحالات التشغيل غير العادية في منظومة القوى الكهربائية كالأخطاء وتجاوز الحمل ، ويعطي المرحل تبعاً لذلك الإشارة المناسبة لقاطع الدائرة الذي يفصل بدوره الجزء الخاطئ من المنظومة في أقل زمن ممكن .

يمكن تصنيف المرحلات حسب مبدأ عملها أو تركيبها إلى أنواع كثيرة منها :

- المرحلات الحرارية Thermal Relays.
- المرحلات الكهرومغناطيسية ذات مبدأ الجذب Electromagnetic Attracted Relays.
- المرحلات الكهرومغناطيسية ذات المبدأ الحثي Electromagnetic Induction Relays.

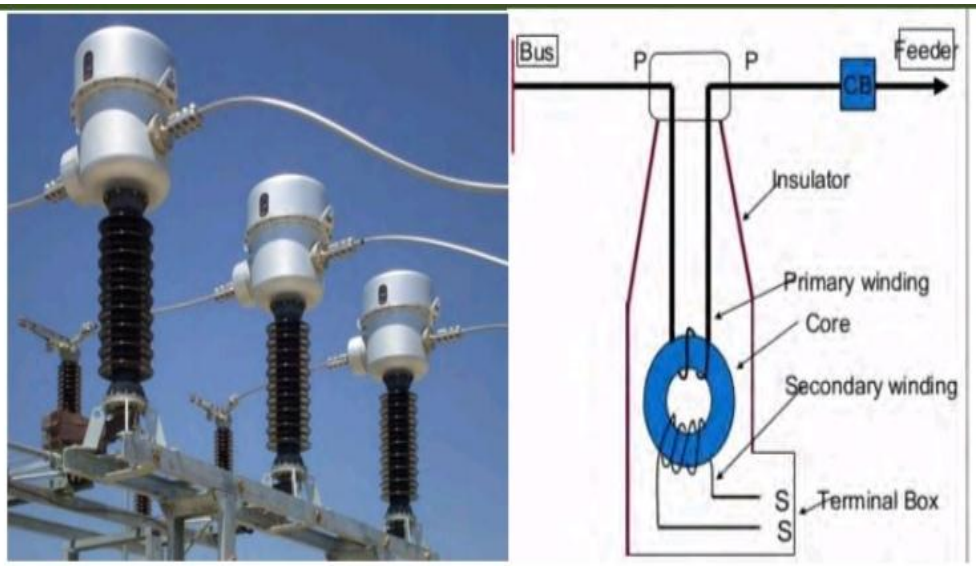
2- 5 محولات الجهد Voltage Transformer :

وظيفة محولات الجهد أنها تقوم بتخفيض الجهد إلى (100 او 110 Volt) لتغذية أجهزة القياس و أجهزة الحماية وأجهزة الوقاية وأنظمة التحكم ، محولات الجهد المستخدمة في القياس والوقاية تختلف عن محولات القوى الرئيسية المستخدمة في الشبكات لرفع أو خفض الجهد في قيمة القدرة المقننة لكل منهما ، فمحولات القياس لا تتعدى القدرة التي تمر خلالها عدة عشرات من V.A ، بينما تصل القدرة المارة خلال محولات القوى إلي ما يزيد عن 300 MVA ، كما أن محولات الجهد المستخدمة في القياس أو الوقاية لاتحتاج لتبريد ، بينما محولات القوى تحتاج إلى تبريد بشكل أساسي لأن القدرة المارة خلالها عالية ، وتوجد إختلافات كبيرة في الحجم بينهما، الشكل (2-1) يوضح الشكل الحقيقي لمحولات الجهد في الشبكة.

شكل (2-1) محولات الجهد للجهود العالية والمتوسطة

2- 6 محولات التيار Current Transformer :

وظيفة محول التيار عموماً أن يغذي جهاز القياس أو الوقاية بتيار صغير تتناسب قيمته مع التيار الأصلي المار في الدائرة ، ويفضل داسئماً أن تكون قيمة تيار الجانب الثانوي في حدود أقل من 5A في الأحوال الطبيعية ، ويتم ذلك بإختيار نسبة تحويل معينة تعرف ب Turns Ratio ولها قيم قياسية على سبيل المثال (300:5 - 200:5 - 100:5) حتى تصل إلى أقصى قيمة عملياً وهي 3000:1 ، كما في الشكل (2-2) .



شكل (2-2) محولات التيار

هناك أنواع متعددة من محولات التيار موضحة في الأشكال التالية :

الشكل(2-3) محول تيار من نوع window Type

شكل (2-4) محول تيار من نوع Split Core

شكل (2-5) محول تيار من نوع Toroidal Type

7-2 مانعات الصواعق Lightning Arrestors :

هي مجموعة من المقاومات على هيئة أقراص تتصل ببعضها البعض على التوالي تعمل على وقاية التجهيزات من العوامل الجوية المشحونة بالصواعق والإرتفاعات الخطرة للجهد ، وتركب على مداخل الخطوط الهوائية (بداية الخط) .

1-7-2 أنواع مانعات الصواعق :

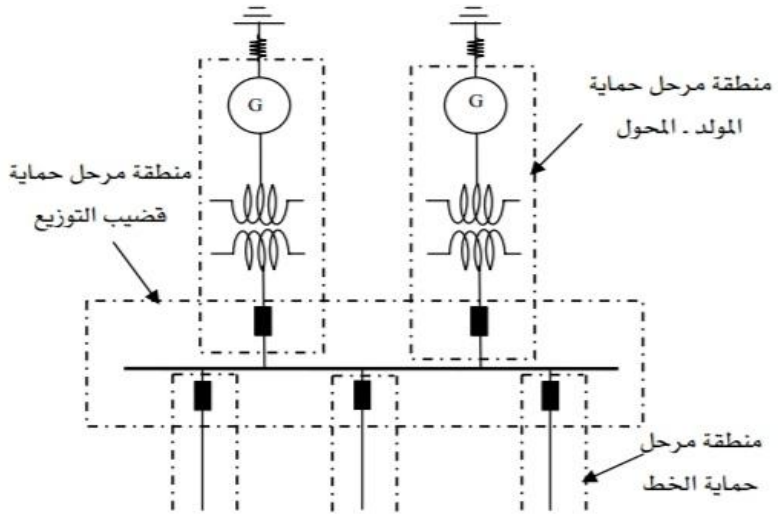
- ذات ثقرة القرون.
- النوع الطارد للغازات.
- النوع ذوالصمام.

8-2 المتطلبات العامة لأجهزة الحماية :

إن جميع أجهزة الحماية المستخدمة مهما كانت نوعيتها وإستعمالها يجب أن تتصف بعدة صفات أساسية وسنقدم بعض الإيضاحات لهذه الصفات :

1-8-2 الإنتقائية Selectivity :

إن صفة الإنتقائية لجهاز الحماية هو قدرته على عزل الجزء المتعطل من الشبكة دون بقية الأجزاء السليمة وإستمرار التغذية في بقية الشبكة الكهربائية وفي هذه الحالة فإن الحماية لها القدرة على إكتشاف وجود الأعطال في النظام المراد حمايته وتحديد القواطع الآلية التي تعمل لعزل العطل ، ويبين الشكل (2-6) محطة توليد صغيرة يخرج منها عدة مخارج أو مغذيات خارجية .



شكل (2- 6) تأمين مناطق الحماية المتراكبة لتفادي المناطق الميتة بدون حماية

فعند حدوث عطل على أحد المغذيات الخارجية فإن الحماية الخاصة بهذا المغذي تعطي أمر الفصل للقاطع الآلي لهذا المغذي فقط وتبقى التغذية في بقية أقسام المنشأة .

2- 8-2 سرعة العمل Speed of Operation :

عند حصول عطل في منطقة ما فإن الحماية في هذه المنطقة يجب أن تقرر دون تأخير ما إذا كان هذا العطل ضمن منطقة الحماية أو خارجها ، وكلما طالت فترة إستمرار تيار العطل أدى ذلك إلى تلف الأجهزة ، و إذا كان العطل ضمن المنطقة المحمية فإن الحماية يجب أن تفصل القاطع الآلي مباشرة ولكن الحماية لا يمكنها التأكد بشكل لحظي فيما إذا كان العطل ضمن منطقة الحماية أو خارجها ، وتعتبر خاصية السرعة ضرورية لأنها تفصل القسم المتعطل خلال فترة زمنية قصيرة مما يؤدي إلى التخفيف أو الحد من التلف و الدمار للتجهيزات كما يتجنب فقدان الإستقرار في مجموعات التوليد ومجموعات القدرة ، ويتحدد زمن عزل العطل بعدة أمور منها مواصفات وجودة أجهزة الحماية ونوعيتها ، كما يعتمد على إستطاعة وجهد وتكاليف نظام القدرة كما يعتمد أيضاً على نوعية العطل .

2- 8- 3 الحساسية Sensitivity :

تعرف الحساسية بأنها مستوى قيمة تيار العطل الذي تعمل عنده المرحلات ، أي أن الحساسية هي تجاوب المرحلات مع الأعطال التي تظهر في المنطقة المحمية ويجب أن تفصل المرحلات عند أدنى قيمة لتيار العطل في القسم المراد حمايته .

2- 8- 4 الإعتمادية Dependability :

يقصد بها أن جهاز الحماية يعتمد عليه ، وأنه يصدر إشارة الفصل وقت أن يكون مطلوب منه ذلك.

2- 8- 5 الملائمة Adequateness :

إذا كان جهاز الوقاية مصمم على إكتشاف جميع أنواع الأعطال فإن التكلفة تكون عالية جداً ، ولذا يكفي في الغالب أن يكون المرحل مصمماً بحيث يلائم مهمة محددة فقط.

2- 8- 6 الموثوقية Reliability :

إن صفة الموثوقية لعمل المرحلات أو ضمان العمل تتحقق عندما تعمل المرحلات بشكل سليم و مناسب وكافٍ لعزل جميع أنواع الأعطال .

يجب أن تعمل المرحلات بدون أي خلل عند حدوث عطل في المنطقة المحمية وعندما تفشل المرحلات في العمل لسبب ما فإنها تسبب إضطراباً في التغذية وإضطراباً في المنشآت وكذلك عندما تعمل المرحلات بدون حدوث أي عطل فإنها تسبب أيضاً إضطراباً في التغذية نتيجة العمليات الخاطئة .

لذلك تعتبر صفة الإنتقائية والحساسية هي الصفتان الرئيسيتان اللتان تعطيان صفة الموثوقية للمرحل ، كما تعتبر صفة الحساسية والسرعة والعمل الإيجابي من الأمور الضرورية والهامة لعملية تصميم أجهزة الحماية.

2- 8-7 التنسيق Coordination :

هو عملية ضبط جميع أجهزة الحماية (مصهرات- مرحلات- قواطع الدائرة الكهربائية) بحيث يتم تحديد الحالة التى يعمل عندها كل جهاز وزمن عمل هذا الجهاز وذلك تبعاً لطبيعة الخطأ الناتج من حيث مقداره ونوعه.

2- 8- 8 الإستقرار Stability :

قدرة أجهزة الحماية على عدم الإستجابة للأعطال التي تحدث خارج منطقة الحماية والتي تسمى بالأعطال الخارجية و الإستجابة للأعطال التي تحدث ضمن منطقة الحماية والتى تسمى بالأعطال الداخلية.

2- 8- 9 الإقتصادية Economics :

تعني محاولة تصميم نظام حماية عالي الكفاءة بأقل التكاليف.

الفصل الثالث

عناصر تنسيق أجهزة الحماية

الفصل الثالث

تنسيق أجهزة الحماية

1-3 تنسيق الحماية :

هو عملية ضبط جميع أجهزة الحماية (مصهرات، مرحلات، قواطع دائرة) بحيث يتم تحديد الحالة التى يعمل عندها كل جهاز وزمن عمل هذا الجهاز ، وذلك تبعاً لطبيعة الخطأ الناتج من حيث مقداره ونوعه.

2-3 أهمية التنسيق:

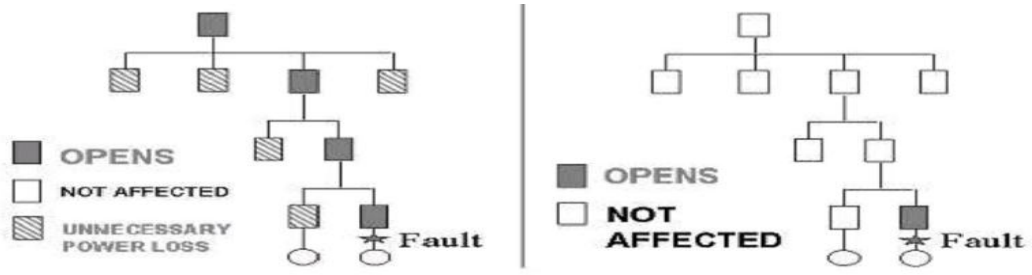
منظومة القدرة الكهربية بما تحتويه من مولدات ومحولات وخطوط هوائية وكابلات لنقل وتوزيع القدرة الكهربائية تتعرض لحوادث غير طبيعية (الأعطال) تؤدي إلى تلف هذه التجهيزات وبالتالي إنقطاع التيار الكهربي إذا لم تتخذ الإحتياطات الوقائية المناسبة.

تتمثل أهمية التنسيق في :

- إكتشاف الأعطال وتحديد مدى خطورتها ومكانها ومن ثم إرسال أشارة فصل Trip signal للقواطع الكهربائية circuit breaker المطلوب فتحها .
- تحديد العناصر المتأثرة بالعطل حتى يتم فصلها بواسطة القاطع وذلك لضمان إستمرارية التيار في الدوائر الاخرى التي ليس بها عطل .

3-3 التنسيق الإنتقائي :

إن صفة الإنتقائية لجهاز الحماية هو قدرته على عزل الجزء المتعطل من الشبكة دون بقية الأجزاء السليمة وإستمرار التغذية في بقية الشبكة الكهربائية ، وفي هذه الحالة فإن الحماية لها القدرة على إكتشاف وجود الأعطال في النظام المراد حمايته وتحديد القواطع الآلية التي تعمل لعزل العطل ، كما بالشكل(3-1).



شكل (3-1) التنسيق الإنتقائي

3- 4 متطلبات عملية التنسيق :

عند عمل تنسيق بين أجهزة الحماية سواء كانت متشابهة (مجموعة فيوزات متتالية على شبكة توزيع مثلا) أو مختلفة (فيوز- مرحل- قاطع) ففي كل الأحوال تعتبر الخطوات التالية هي الأساس في عمل هذه الدراسة :

- إجراء دراسة مفصلة عن حسابات تيار القصر بالشبكة .
- إجراء دراسة عن سريان الحمل لتحديد أقصى قيم للتيارات الطبيعية المارة في كل فرع بالشبكة.
- تحديد الزمن الفاصل بين كل مرحلة من مراحل التنسيق وغالباً ما يكون في حدود (0.3 - 0.4 ثانية).

3- 5 أهداف التنسيق :

- إستمرار التغذية الكهربائية للنظام ككل وذلك لضمان إستقرار النظام الكهربي .
- تقليل حجم الدمار وتقليل تكلفة الإصلاح لأقصى درجة ممكنة عند الإحساس بالأعطال الكهربائية.
- ضمان حماية الأفراد المتعاملين مع الشبكة الكهربائية.

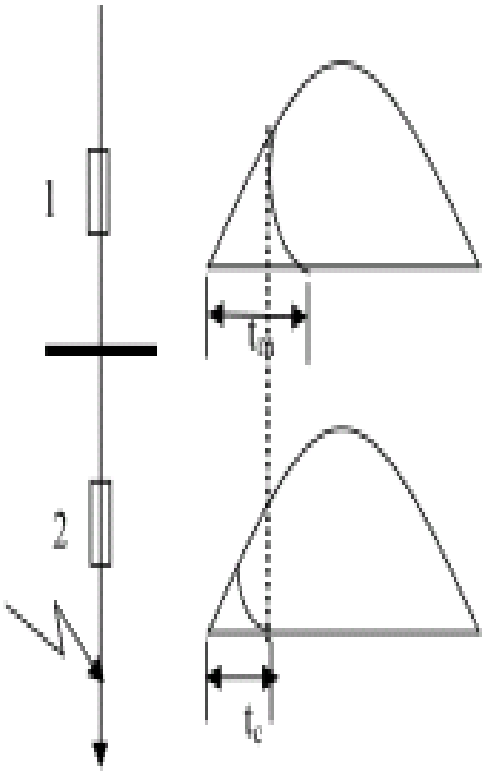
3- 6 تنسيق أجهزة الحماية :

في حالة وجود جهازين أو أكثر من أجهزة الحماية المتسلسلة بين نقطة الخطأ ومصدر الطاقة يجب تنسيق هذه الأجهزة للتأكد من أن الجهاز الأقرب لنقطة الخطأ سيعمل أولا، وتصمم أجهزة الحماية للعمل في تسلسل لتوفير الحماية الإحتياطية في حالة عدم إستجابة الحماية الرئيسية ، تضبط أجهزة الحماية لتعمل عند الحد الأدنى من التيار الزائد في أقل وقت ممكن وأن تظل إنتقائية مع الأجهزة الأخرى على النظام .

عند إستيفاء الأهداف المذكورة أعلاه سيتم تحقيق أقصى قدر من الحماية للمعدات من التلف.

3- 6-1 التنسيق بين المصهرات وبعضها :

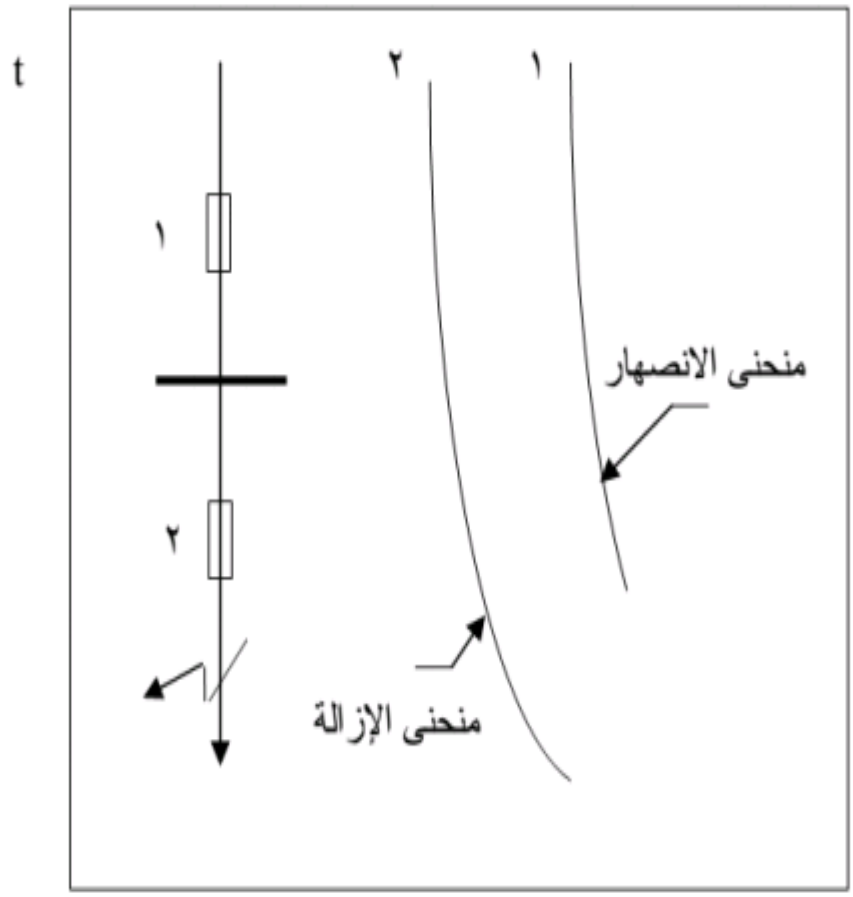
إذا أردنا أن نحصل على تنسيق في الحماية بين مصهرين أو أكثر على التوالي كما هو مبين في الشكل (3-2) يجب أن تكون طاقة الإزالة ($I^2 T_c$) للمصهر 2 الموصل بمغذي الحمل أقل من طاقة الإنصهار ($I^2 T_m$) للمصهر 1 الموصل بمغذي المنبع ، إذاً يجب أن يتحمل المصهر 1 تيار القصر من لحظة وقوع القصر حتى إزالته بواسطة المصهر 2 وذلك دون حدوث أي تغير في خصائصه .



شكل (3-2) التنسيق بين مصهرين على التوالي

وهناك ثلاثة طرق للوصول الى تنسيق بين المصهرات :

- إستخدام جداول إنتقاء خاصة تعطيها الشركة المصنعة .
- الحصول من صانع المصهرات على مايسمى بجداول النسبة الإنتقائية للتباديل المختلفة للمصهرات ، وتمثل هذه النسبة بين التيار المقنن للمصهر 1 والتيار المقنن للمصهر 2 وتتراوح قيمتها عادة بين 1:2 و 1:1.25 ، وتستخدم هذه النسبة فقط في الحالة التي تكون فيها المصهرات المراد التنسيق بينها من نفس المصنع .
- إستخدام المنحنيات الخصائصية التي تعطي العلاقة بين التيار وزمن الإنصهار (منحنيات الإنصهار) وبين التيار والزمن الكلي لإزلة الخطأ (منحنيات الإزالة) ويتم رسم المنحنى الخاص لكل مصهر على نفس الورقة الشفافة والتأكد من أن منحنى الإنصهار للمصهر 1 يقع بأكمله فوق منحنى الإزالة للمصهر 2 كما هو مبين بالشكل (3-3) ولايجوز إطلاقاً الخلط بين منحنيات المصهرات المصنعة من قبل صانعين مختلفين .



شكل (3-3) إستخدام المنحنيات الخصائصية للتنسيق بين مصهرين على التوالي

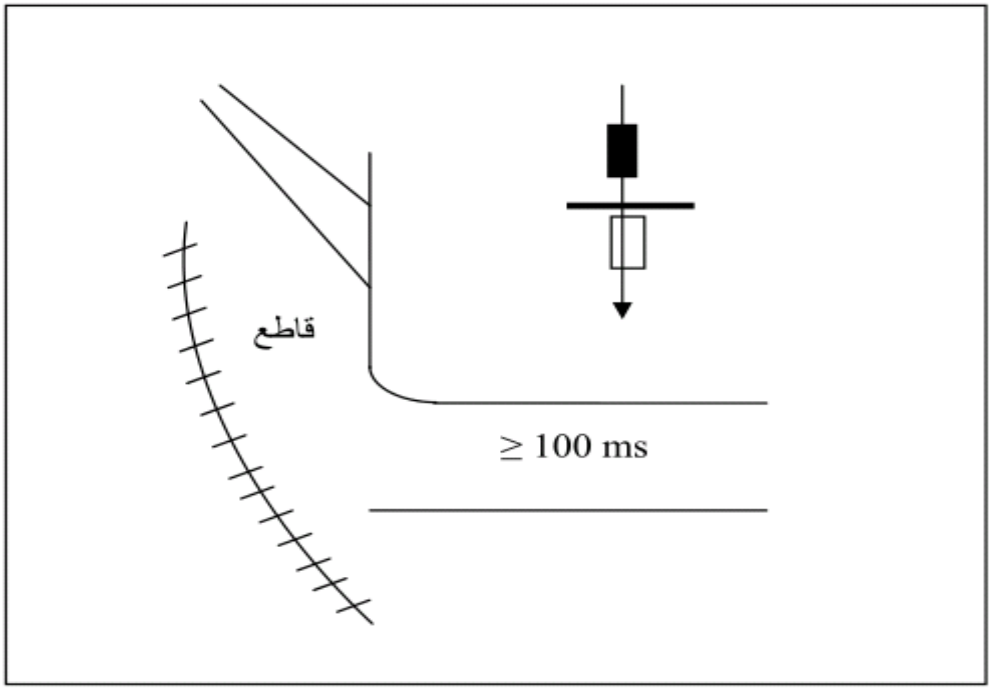
3- 6-2 التنسيق بين القواطع :

في حالة وجود عدد من القواطع على التوالي يجب أن يزداد زمن الإعتاق في إتجاه منبع القوى ، ولكن من ناحية أخرى فإن قيمة تيار القصر تزداد كلما اقترب موقع القصر من المنبع ، لذلك فإن زمن الإعتاق يجب أن يقل كلما زادت قيمة تيار القصر .

3- 6– 3 التنسيق بين المصهرات والقواطع :

هوامش الأمان :

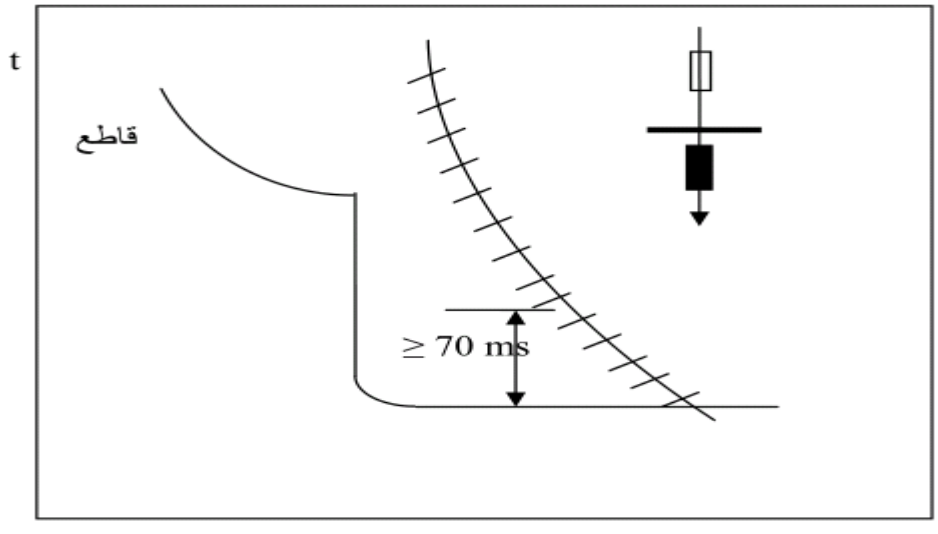
- قاطع يليه مصهر كما بالشكل (3-4) يلاحظ من هذا الشكل هوامش الأمان التالية :
- عدم تقاطع المنحنيات الخصائصية في نطاق تجاوز الحمل (حراري) .
- زمن مقداره لايقل عن 100 ملي ثانية بين المنحنيات في نطاق تيار القصر .



شكل (3-4) التنسيق بين قاطع ومصهر على التوالي

- مصهر يليه قاطع كما بالشكل (3-5) من هذا الشكل نلاحظ الاتي :

- عدم تجاوز المنحنيات الخصائصية في نطاق تجاوز الحمل .
- زمن مقداره لايقل عن 70 ملي ثانية بين المنحنيات في نطاق تيار القصر .



شكل (3-5) التنسيق بين مصهر وقاطع على التوالي

الفصل الرابع

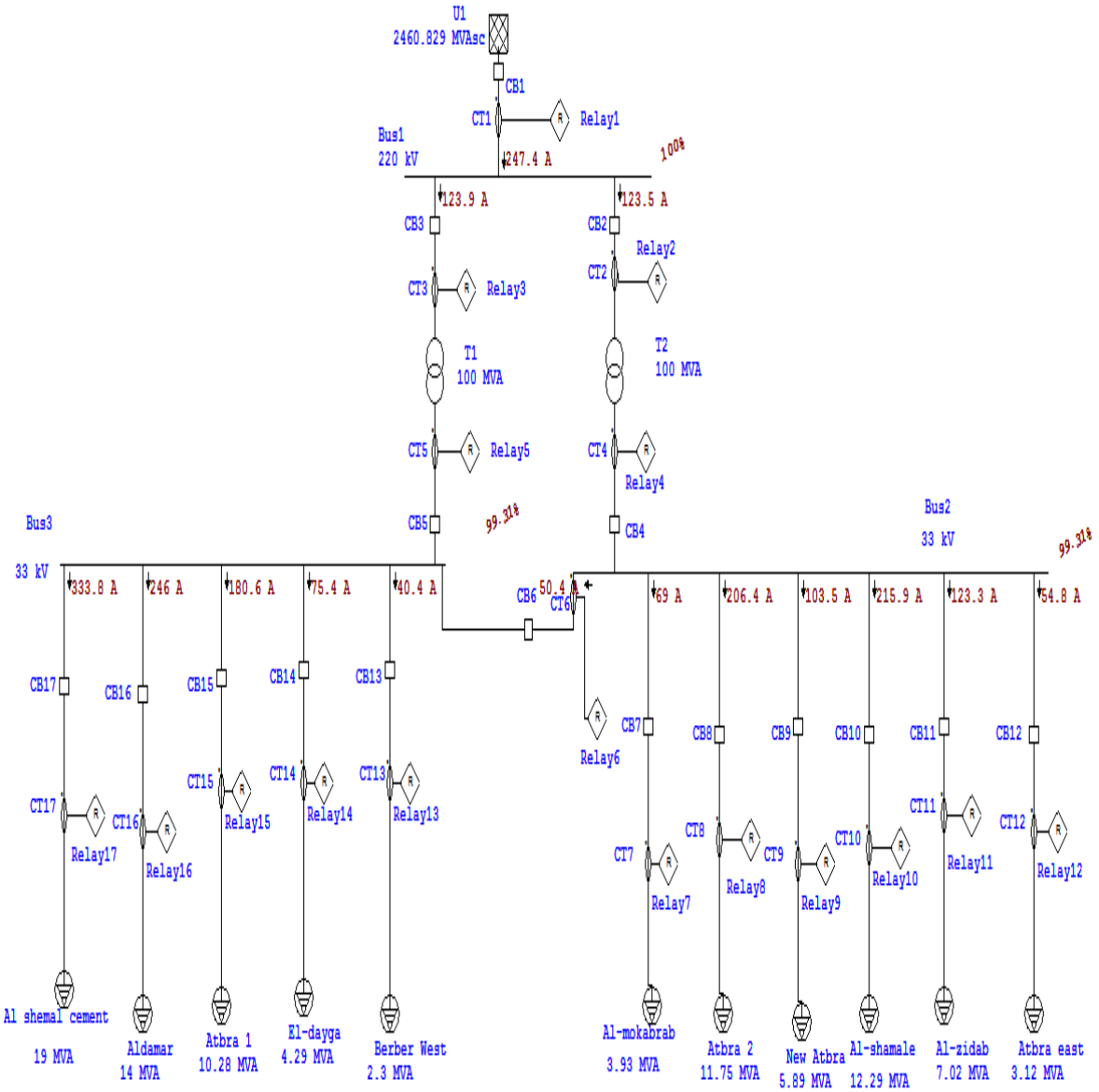
التصميم والنتائج

الباب الرابع

التصميم و النتائج

1-4 مقدمة :

تم تصميم نموذج لشبكة محطة عطبرة التحويلية (المقرن) بقيمها الحقيقية للجهود والأحمال ومحولات القدرة ومحولات التيار بإستخدام برنامج الإيتاب ، وتم عمل ثلاثة حالات لدراسة عمل أجهزة الحماية ودرجة تنسيقها كما بالشكل (4-1).



شكل (4-1) مخطط المحطة التحويلية

جدول (4 -1) يوضح الجهود والقدرات الفعالة والغير فعالة وتيارات الحمل ومعامل القدرة في المحطة التحويلية في حالة التشغيل الطبيعية .

جدول (4 -1) تدفق الحمل في المحطة التحويلية في حالة التشغيل الطبيعية

Project:	ETAP	Page: 1
Location:	12.6.0H	Date: 28-12-2020
Contract:		SN:
Engineer:	Study Case: LF	Revision: Base
Filename: 7-11-2020		Config.: Normal

LOAD FLOW REPORT

Subreport:LFR.RPT

Bus		Voltage		Generation		Load		Load Flow					XFMR
ID	kV	% Mag.	Ang.	MW	Mvar	MW	Mvar	ID	MW	Mvar	Amp	%PF	%Tap
*Bus1	220.000	100.000	0.0	94.041	6.457	0	0	Bus3	49.964	3.628	131.5	99.7	
								Bus2	44.078	2.828	115.9	99.8	
Bus2	33.000	99.368	-3.7	0	0	43.889	0.000	Bus1	-43.889	0.000	772.7	100.0	
Bus3	33.000	99.255	-4.2	0	0	49.722	0.000	Bus1	-49.722	0.000	876.4	100.0	

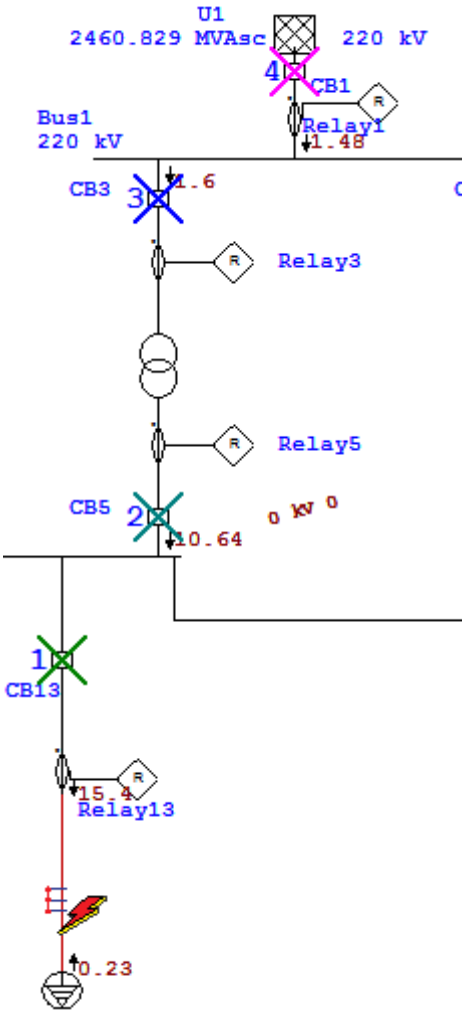
* Indicates a voltage regulated bus (voltage controlled or swing type machine connected to it)

# Indicates a bus with a load mismatch of more than 0.1 MVA

4 -2 حالات الدراسة :

4-2-1 عطل في المغذي بربرغرب :

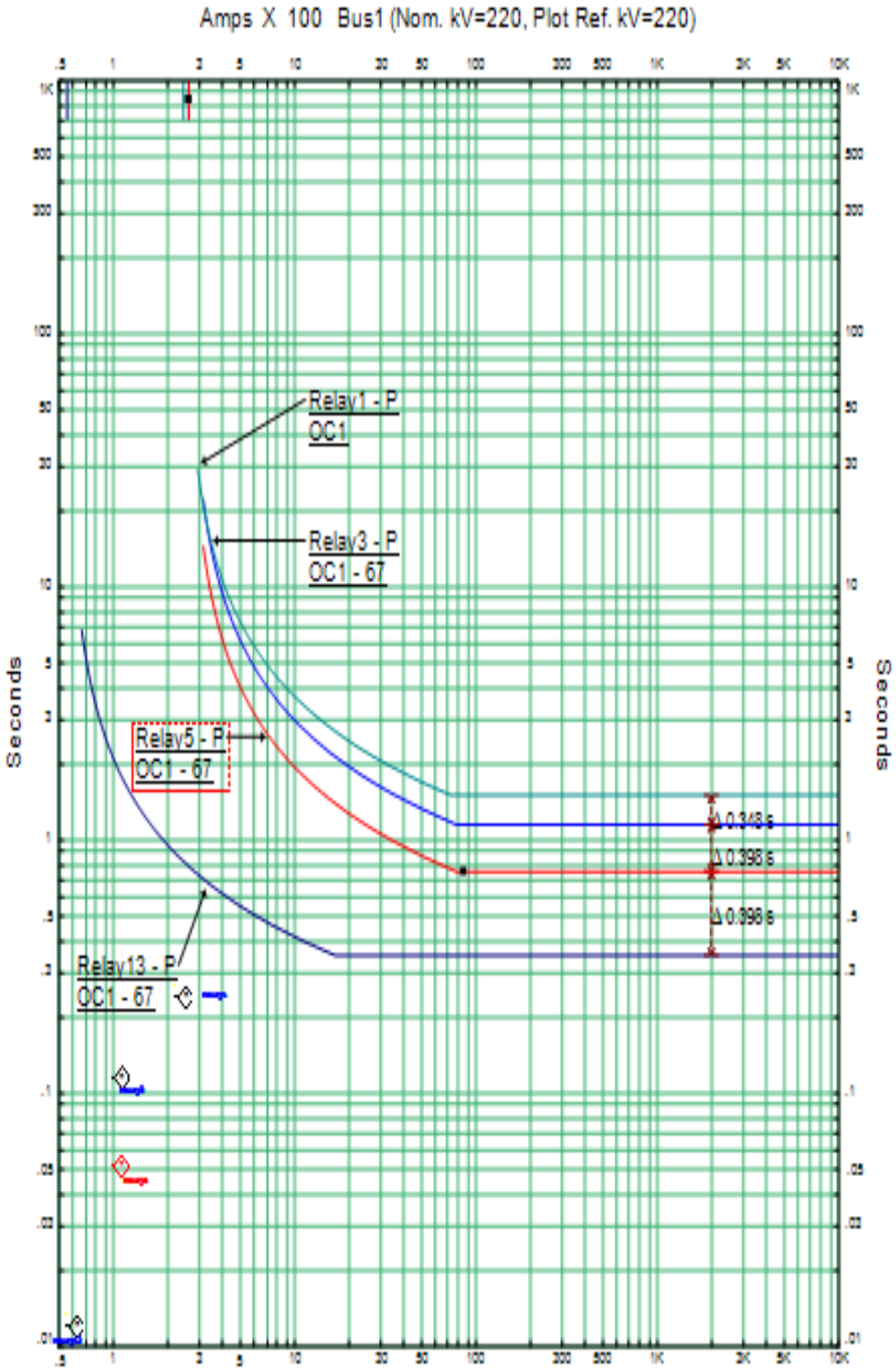
تم عمل عطل على مغذي بربرغرب كما بالشكل (4-2) :



شكل (4-2) حالة الخطأ في مغذي بربرغرب

يتحسس المرحل 13 العطل و يرسل إشارة فصل إلى القاطع 13لإزالة العطل بعد مرور زمن مقداره (0.175 ثانية) ، وتمثل هذه المجموعة الحماية الرئيسية ، وفي حالة فشل الحماية الرئيسية و بعد إنتهاء هامش الزمن (0.39 ثانية) تفعل الحماية الإحتياطية ، ويرسل المرحل إشارة فصل إلى القاطع 5 لإزالة العطل بعد مرور (0.565 ثانية) ، وفي حالة فشلها في عزل العطل ، تفعل الحماية الإحتياطية التي تليها بعد هامش زمن (0.39 ثانية) يرسل المرحل إشارة فصل إلى القاطع 3 لإزالة العطل بعد مرور زمن مقداره (0.955 ثانية) وأيضاً فى حالة فشلها ,تفعل الحماية التى تليها بعد هامش زمن (0.34 ثانية) ويرسل المرحل إشارة فصل إلى القاطع 1 لإزالة العطل بعد مرور زمن مقداره (1.295 ثانية).

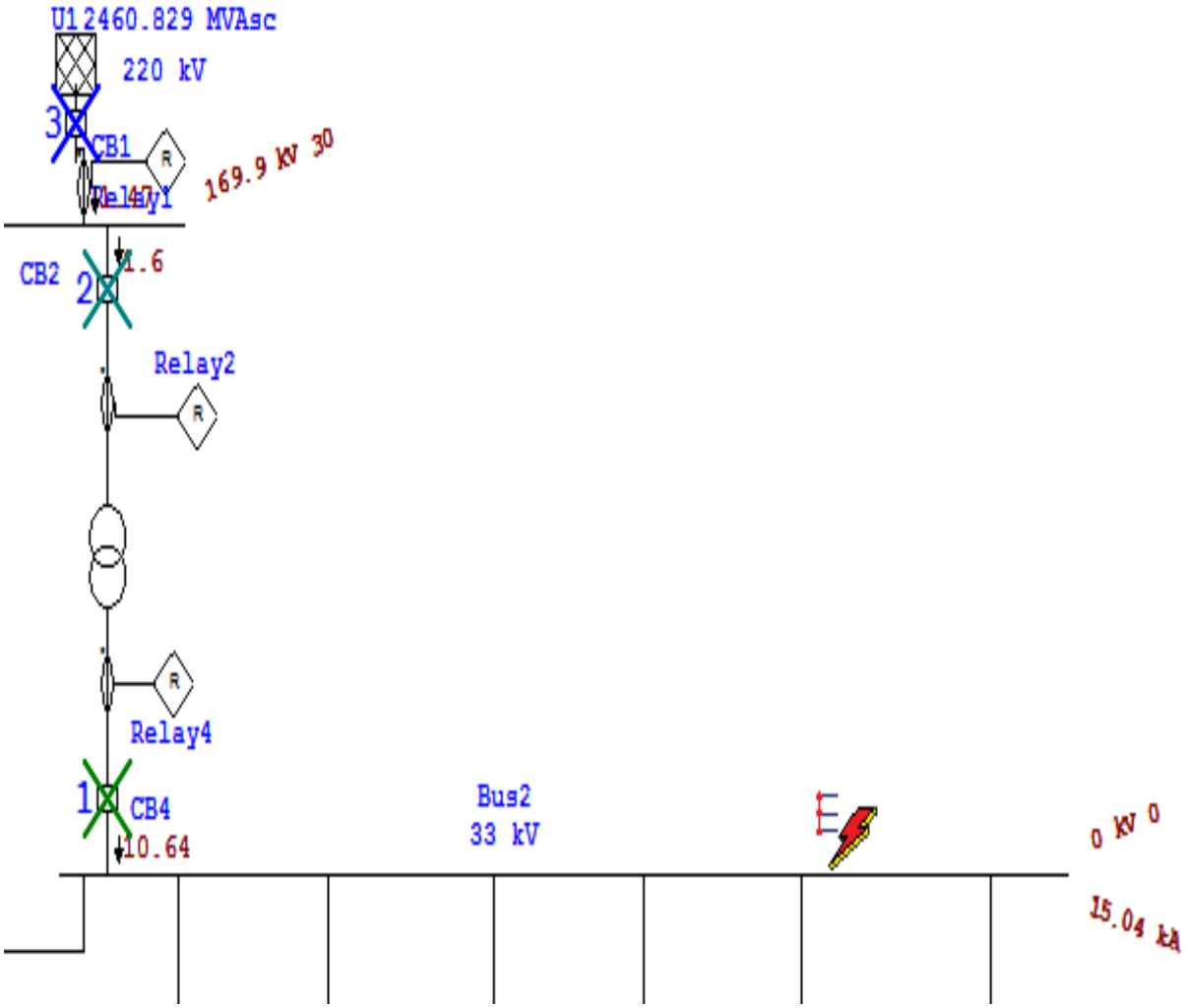
الشكل (4-3) يوضح العلاقة بين تيار العطل وزمن إزالة العطل ، وهوامش الزمن بين الحماية الرئيسية والحمايات الإحتياطية.



شكل (4-3) منحنى التشغيل بين المرحلات عند حالة الخطأ في مغذي بربرغرب

4 -2-2 خطأ في Busbar2 :

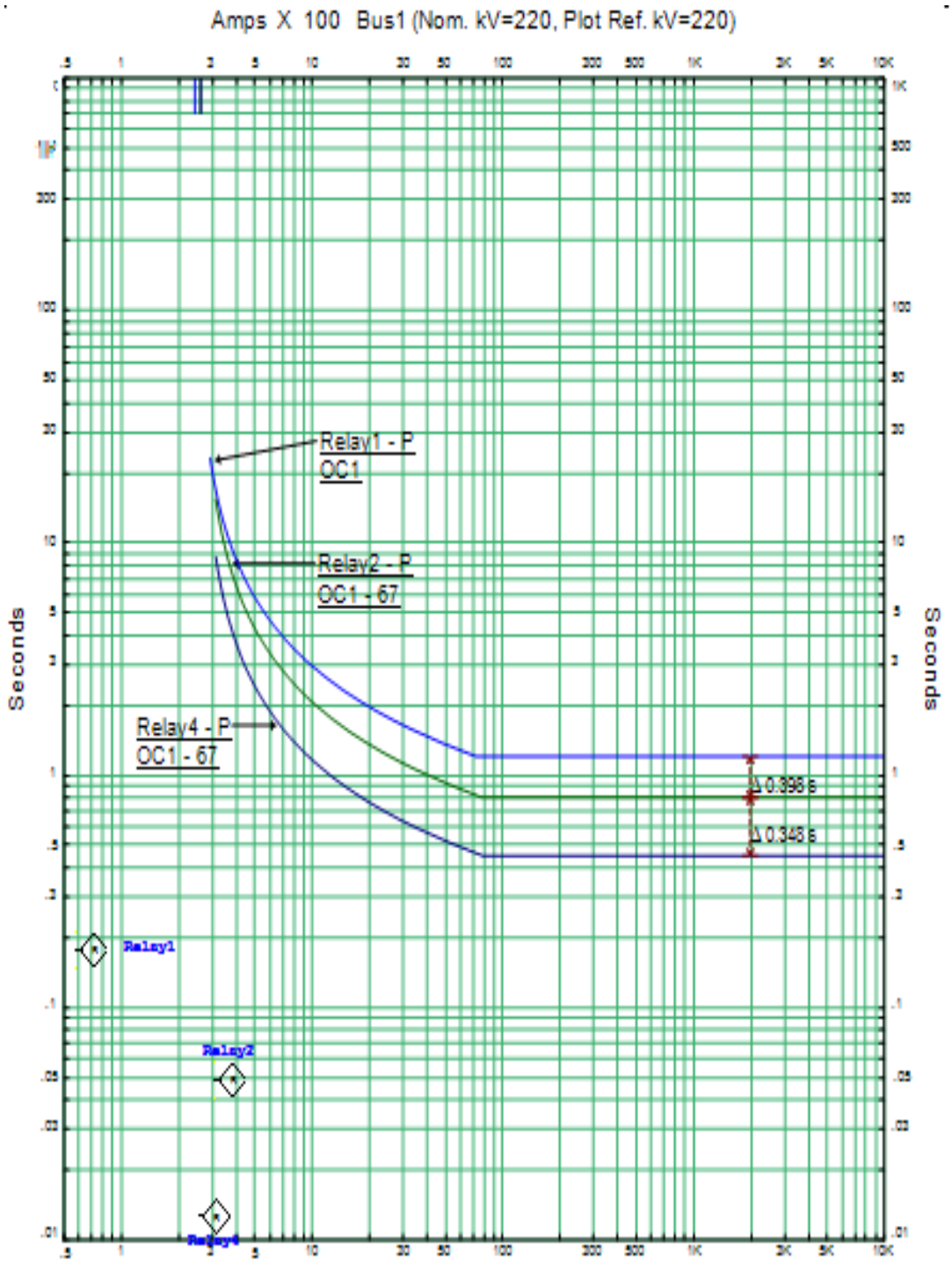
تم عمل عطل على Busbar 2 كما في الشكل (4-4) :



شكل(4-4) حالة الخطأ في Busbar2

يتحسس المرحل 4 العطل ويرسل إشارة فصل إلى القاطع 4 لإزالة العطل بعد مرور زمن مقداره (0.565 ثانية) ، وتمثل هذه المجموعة الحماية الرئيسية ، وفي حالة فشل الحماية الرئيسية و بعد إنتهاء هامش الزمن (0.34 ثانية) تفعل الحماية الإحتياطية ، ويرسل المرحل 2 إشارة فصل إلى القاطع 2 لإزالة العطل في زمن قدره (0.905 ثانية) ، و في حالة فشلها في عزل العطل ، تفعل الحماية الإحتياطية التي تليها بعد هامش زمن(0.39 ثانية) يرسل المرحل 1 إشارة فصل إلى القاطع 1 لإزالة العطل في زمن قدره (1.295 ثانية).

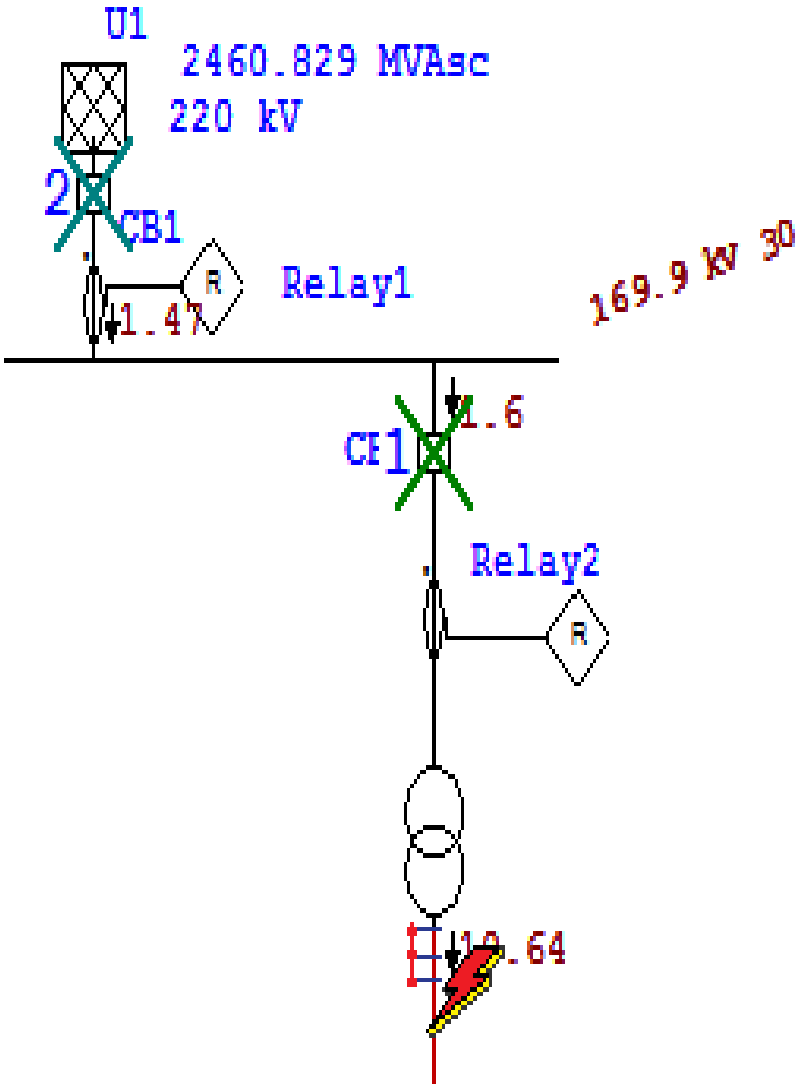
الشكل (4-5) يوضح العلاقة بين تيار العطل وزمن إزالة العطل ، وهوامش الزمن بين الحماية الرئيسية والحمايات الإحتياطية.



شكل (4-5) منحنى التشغيل بين المرحلات عند حالة الخطأ في Busbar 2

4- 2- 3 خطأ فى منطقة المحول 2 :

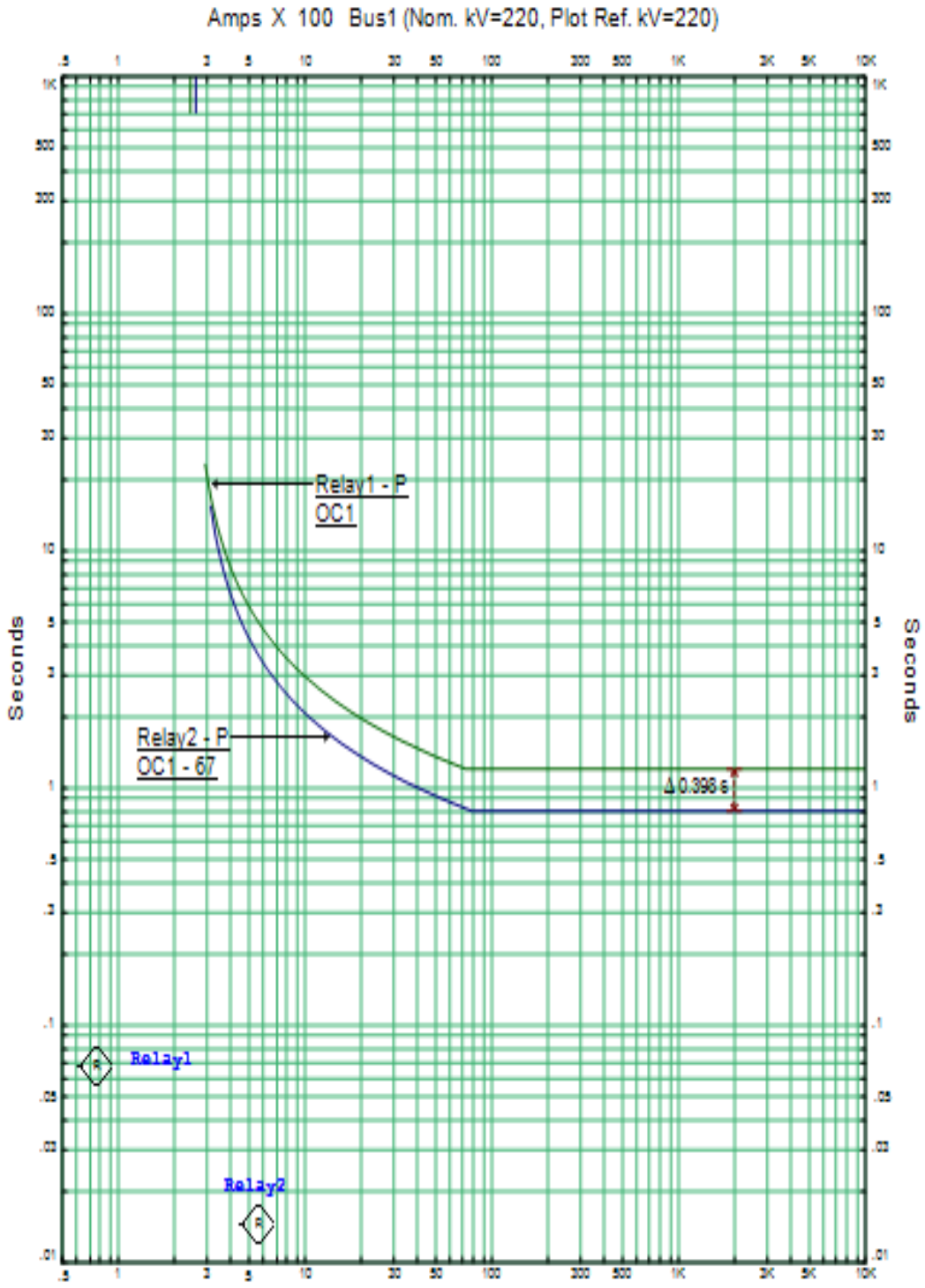
تم عمل عطل على منطقة المحول 2 كما بالشكل (4-6) :



شكل (4-6) حالة الخطأ في منطقة المحول 2

يتحسس المرحل 2 العطل ويرسل إشارة فصل إلى القا طع 2 لإزالة العطل في زمن مقداره (0.905 ثانية) وتمثل هذه المجموعة الحماية الرئيسية ، وفي حالة فشلها وبعد مرور هامش زمن مقداره (0.39 ثانية) تفعل الحماية الإحتياطية ، ويرسل المرحل 1 إشارة فصل إلى القاطع 1 لإزالة العطل في زمن مقداره (1.295 ثانية) .

الشكل (4-7) يوضح العلاقة بين تيار العطل وزمن إزالة العطل ، وهوامش الزمن بين الحماية الرئيسية والحمايات الإحتياطية



شكل (4-7) منحنى التنسيق للمرحلات عند حالة الخطأ في منطقة المحول 2

الفصل الخامس

الخلاصة والتوصيات

الفصل الخامس

الخلاصة والتوصيات

5-1 الخلاصة :

تم تصميم نموذج لشبكة محطة عطبرة التحويلية (المقرن) وتم عمل التنسيق المطلوب بين أجهزة الحماية ، وتم عمل ثلاثة أخطاء ، وتم الحصول على الإستجابة المطلوبة من أجهزة الحماية وإنتقاء الجزء الخاطئ بأسرع وقت ممكن مع الإبقاء على أجزاء المنظومة السليمة وحماية الشبكة من التلف.

5-2 التوصيات:

- الصيانة الدورية لعناصر منظومة الحماية.
- حماية المنطقة المعنية بعدد أكثر من المرحلات والقواطع ليكون أكثر إعتمادية.
- إستخدام محولات تيار تتكون من عدد من الأقطاب لإستخدامها في عدد من الحمايات.

المراجع

المراجع العربية :

[1] أ.د. محمود جيلاني - نظم الحماية الكهربائية - جامعة القاهرة- الطبعة الثانية 2019.

[2] أ.د. محمد محمد حامد - هندسة الوقاية في الدوائر والنظم الكهربائية - جامعة بور سعيد2017.

[3] الإدارة العامة لتصميم وتطوير المناهج (المملكة العربية السعودية) - حماية النظم الكهربائية.

المراجع الإنجليزية :

[1] Alstom - Network protection and Automation Guide - first Edition-July2002