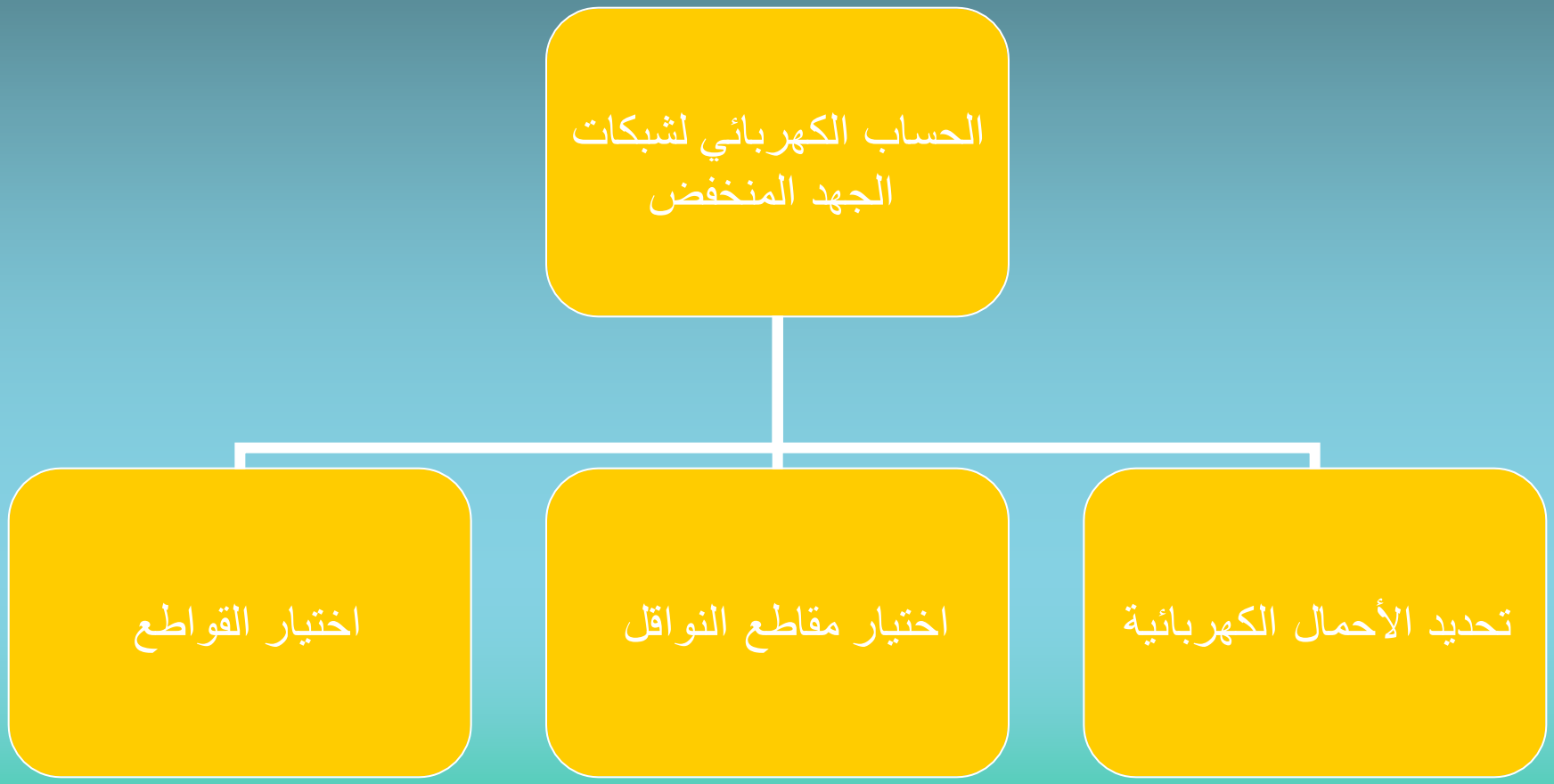
الدراسة الفنية لشبكات التوتر المنخفض

المحاضر : الدكتور فيصل سليمان شعبان
أستاذ مساعد في قسم هندسة الطاقة الكهربائية
جامعة تشرين

الدراسة الفنية لشبكات التوتر المنخفض



يتطلب حساب شبكات التوتر المنخفض معالجة القضايا التالية :

١- يجب على مقاطع النواقل المختارة أن تؤمن التوتر المطلوب للأحمال الكهربائية والتي بدورها تؤمن العمل االفني والاقتصادي المطلوب ؛

٢- يجب ألا تزيد الحمولات على النواقل عن الحد المسموح به حتى نتجنب الحريق ؛
٣- يجب على مقاطع النواقل المختارة أن تؤمن متانة ميكانيكية كافية وموثوقية عند تركيبها واستثمارها .

لأجل إتمام الحسابات الكهربائية ينبغي قبل كل شيء إيجاد الأحمال الحسابية

إيجاد الأحمال الحسابية

- الاستطاعة الحقيقية تتحدد انطلاقاً من الاستطاعة المركبة لأجهزة الانارة والتجهيزات الكهربائية المختلفة وهي دائماً أكبر من الاستطاعة الحسابية . الاستطاعة الحسابية تتحدد من الاستطاعة المركبة بعد ضربها بعامل الطلب أي : $P_{c.} = k_c \sum P_n$

عامل الطلب يبين لنا أي جزء من الاستطاعة المركبة هو المستخدم فعلاً ، ويتعلق بالدرجة الأساسية بطبيعة العملية الانتاجية ويعطى بالعلاقة التالية :

$$K_c = \frac{K_z \cdot K_o}{\eta_c \cdot \eta}$$

- Kz - عامل التحميل وهو يمثل نسبة الاستطاعة الفعلية إلى الاستطاعة الاسمية
- Ko - عامل التواقت أو التباين وهو يبين عدم توافق المعدات أو التجهيزات بحمولتها الأعظمية في لحظة معينة
- ηc - مردود الشبكة
- η - مردود التجهيزة الكهربائية

وعند انعدام المعطيات عن عامل الطلب فإنه يأخذ القيم التالية :

" ١ " لأجل الأبنية الصغيرة ذات الصفة الانتاجية ، " ٩٥ .٠ " للأبنية الكبيرة ، ٩ .٠ للمنشآت النجارية ، ٨٥ .٠ للمنشآت ذات الطابع الغذائي والمدارس التأهيلية ، ٧ .٠ للفنادق ، ٦ .٠ للمستودعات .

- في المعامل الكيميائية يتراوح معامل الطلب في المجال ١٧ .٠ – ٤ .٠ ، وفي معامل النسيج تبلغ ٣ .٠ – ٦ .٠ والمجال ١٥ .٠ – ٣ .٠ في معامل الخشب .

- هناك حالات خاصة تتمثل بـ :
- ١- وجود بعض الآلات تعمل بنظام متقطع (أجهزة اللحام ، النشر ، القطع ، ....) في هذه الحالة الاستطاعة الحسابية تحسب انطلاقاً من الاستطاعة الأسمية وزمن استمرارية عملها $P_c = K_c \cdot P_n \cdot \sqrt{t_B}$
- عند حساب شبكة تغذي عدداً من الأحمال لها خواص مختلفة ومنحنيات أحمال مختلفة يستخدم معامل الطلب منسوباً لكل مجموعة أحمال أو لكل نوع من أنواع الانتاج .

تقدير الأحمال الكهربائية

تعتبر طريقة الحمل القياسي أو النوعي لوحدة المساحة (المتر المربع) من أهم الطرق المستخدمة في تقدير الأحمال الكهربائية

تقسم الأحمال الكهربائية إلى :

١- الأحمال الكهربائية الصناعية : هذه الأحمال خاصة بالمنشآت الصناعية وتعتمد على العملية التكنولوجية المستخدمة في الصناعة . في هذه الحالة الجداول التي تبين الأحمال الكهربائية النوعية للصناعات تستخدم لتقدير الأحمال

٢- الأحمال الكهربائية غير الصناعية : وتشمل المنشآت التجارية والمباني العامة (مدارس – مستشفيات – مراكز تجارية) ومباني الشقق السكنية . هنا في مرحلة التصميم الأولي لابد من تقدير الأحمال الكهربائية

وهنا نبين جداول لأنظمة إنارة المرلفق العامة كما تبينها المواصفات القياسية العالمية

نوع المرفق	الحمل النوعي لكل مترمربع ، $Watt/m^2$
أماكن العبادة	10.76
المنازل (ما عدا الفنادق)	32.28
المشافي	21.52
الفنادق	21.52
المكاتب	53.8
المطاعم	21.53
المدارس	32.28

نوع المرفق	الحمل النوعي لكل مترمربع ، $Watt/m^2$
المستودعات	2.7
مواقف السيارات	5.37
قاعات الاجتماعات	10.76
الممرات وبهو الانتظار	5.37

الأحمال النوعية لبعض الأجهزة الكهربائية المستخدمة في البيوت

اسم الجهاز	متوسط الحمل الكهربائي، Watt
مكيف الهواء	1100
مروحة	400
جلاية	1500
Freezer	350
مجفف شعر	100
مكواة	1000
ثلاجة	200
تلفزيون	350
فرن كهربائي	8000
مضخة الماء	700

الأحمال المستقبلية

عند حساب وتحديد الأحمال الكهربائية الفعلية لابد أن نأخذ بعين الاعتبار التوسع المستقبلي ، ولقد استخدم معاملين للأحمال المستقبلية وهما 25% و 50% من الأحمال الفعلية .هنا يجدر الإشارة إلى أن تصميم لوحات التوزيع تتطلب وجود دارات احتياطية تعادل نسبتها 20% من الدارات الفعلية

تحديد مقاطع النواقل

- لأجل اختيار مقاطع النواقل والكابلات حسب شروط التسخين المسموح به من الضروري إيجاد تيار الحمل الحسابي
- لأجل شبكة أحادية الأطوار (ثنائية النواقلN+1ph)

$$I_C = P_{C.} \cdot 10^3 / U_{Ph} \, COS\varphi, A$$

- لأجل شبكة ثنائية الأطوار (ثلاثية النواقلN+2ph)

$$I_C = P_{C.} \cdot 10^3 / 2U_{Ph}, A$$

- لأجل شبكة ثلاثية الأطوار (رباعية النواقل 3Ph+N)

$$I_C = P_{C.} \cdot 10^3 / 3U_{Ph} COS\varphi, A$$

من خلال تحديد التيار الحسابي يمكن تحديد مقطع الكابل المغذي بعدة طرق منها :

- طريقة كثافة التيار الإقتصادية : هذه الطريقة تأخذ بعين الاعتبار الضياع الأصغري للإستطاعة ويحسب المقطع بالعلاقة :

$$F = \frac{I_{\max}, A}{J_e, A/mm^2} \quad , mm^2$$

- J_e - كثافة التيار الاقتصادية وتتبع زمن الاستخدام الأعظمي وطبيعة الحمل،
- المقطع الناتج حسابي يتم تقريبه إلى أقرب قيمة نظامية

تحديد مقطع الناقل حسب استطاعته لحمل التيار

- استطاعة الناقل لحمل التيار يتبع مقطع الناقل ،نوع مادته (نحاس ، ألمنيوم) ونوع المادة العازلة (بولي فينيل كلورايد PVC، مطاط ، ورق مشبع بالزيت ، ..) ، وطريقة تمديده (في الهواء ،ضمن قساطل ، في الأرض وعلى حوامل معدنية) كما تعتمد على درجة حرارة الوسط المحيط .
- تعطي الجداول الفنية استطاعة حمل التيار للمقاطع المختلفة للنواقل عند حالات مختلفة (درجة الحرارة ، عدد النواقل ،عدد الكابلات ... الخ)
- استطاعة حمل التيار ينبغي تصحيحها بعوامل تصحيح مناسبة (درجة الحرارة ، تجاور الكابلات ، حسب طريقة التمديد وعدد الكابلات

تلخص طريقة تحديد مقطع الناقل المناسب حسب استطاعته لحمل التيار بـــ :

- حساب التيار الممكن مروره في الناقل حسب الاستطاعة المطلوبة أو المركبة
- تحديد عوامل التصحيح المناسبة لظروف التمديد والعمل من الجداول الفنية
- تعديل استطاعة المقاطع لحمل التيار حسب عوامل التصحيح المناسبة
- تحديد المقطع اللازم بحيث تكون استطاعته لحمل التيار أكبر من قيمة التيار الممكن مروره .

ملاحظة هامة :

- المقطع الذي يتم اختياره سواءً بطريقة كثافة التيار الاقتصادية أو سعته لحمل التيار ينبغي أن تحقق هبوط جهد ضمن الحدود المسموحة والمحددة وفق المعايير الدولية والتي تساوي ±5% للمحركات و ±2.5 % للإنارة وفي حال عدم تحقق ذلك نعتمد مقطع أعلى من السابق بدرجة واحدة ونعيد عملية الاختبار من تحقق شرط هبوط الجهد المسموح عند أبعد نقطة من الشبكة .

تحديد مقاطع النواقل تبعاً لهبوط الجهد :

- يجري حساب الشبكات ثلاثية الأطوار رباعية النواقل (3Ph+N) عندما تكون الأحمال موزعة بشكل متساوٍ بين الأطوار بالعلاقة التالية :

$$\Delta U_{\%} = \frac{10^5}{U_n^2} r_0 \sum Pl = \frac{10^5}{U_n^2 \cdot \gamma \cdot F} \sum Pl$$

- حيث إن :
- Un - التوتر الاسمي للشبكة ، Kv ؛
- F - مقطع نواقل الشبكة ، mm^2؛
- γ - الناقلية النوعية ، ؛
- P - الاستطاعة الفعلية السارية ،Kw ؛
- l - طول جزء الشبكة ، m .

- في الحياة العملية وبدوافع الاقتصاد في المعادن الملونة ولتغذية أحمال إنارة قليلة باستطاعة تستخدم شبكة ثنائية الأطوار (2Ph+N) أو شبكة أحادية الأطوار (1Ph+N) متفرعة من الشبكة الرباعية النواقل التي تغذي تلك الأحمال

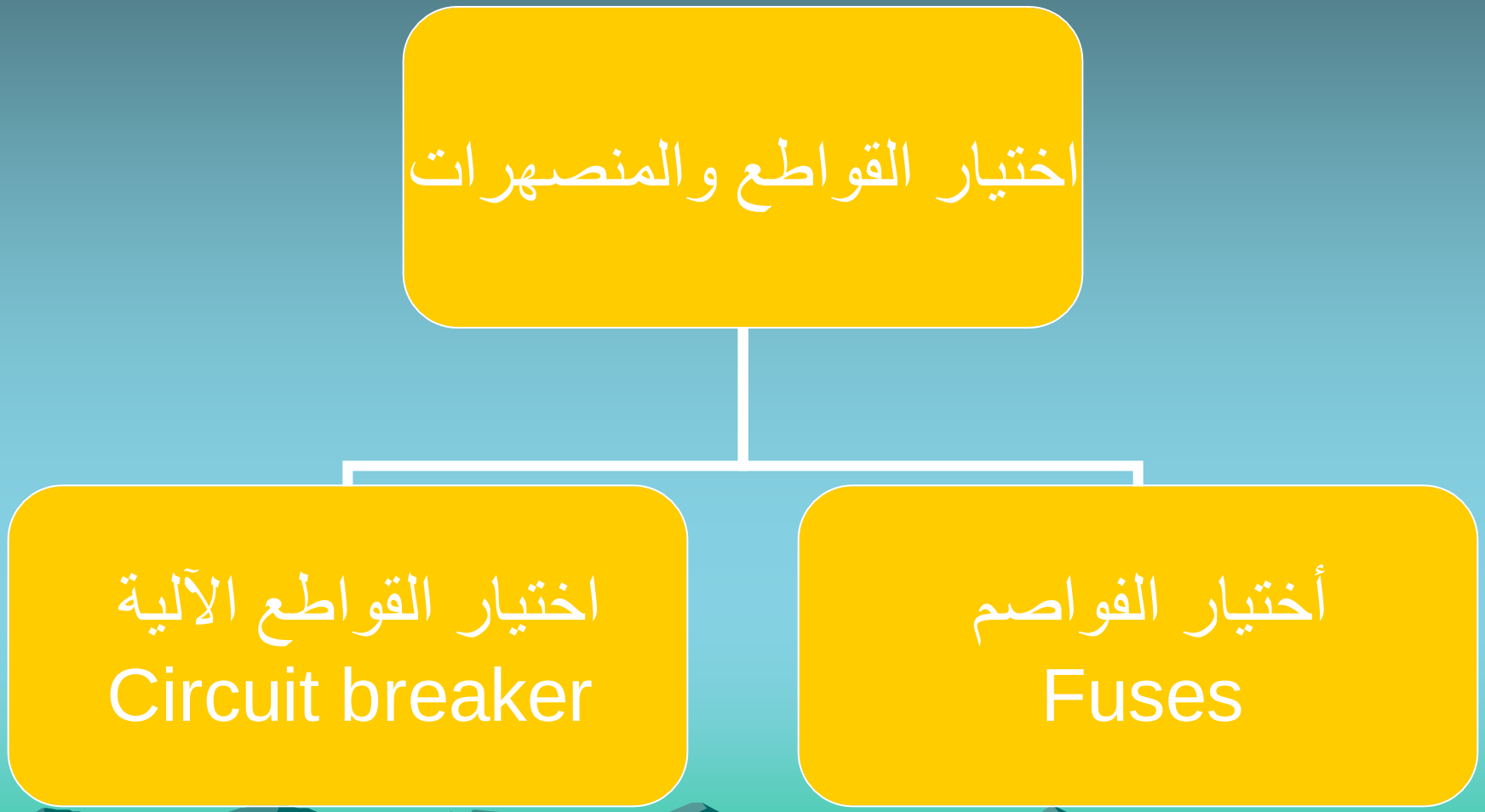
$$\Delta U_{Ph} = \frac{10^3 \cdot 0.75\sqrt{3}}{F \cdot U_n} \sum Pl$$

$$\Delta U_{(1Ph+N)}\% = \frac{2 \cdot 10^5}{\gamma F U_{Ph}^2} \sum Pl \ .$$

حالة خاصة :

- في الحالة التي تكون فيها الأحمال موزعة بانتظام على امتداد الشبكة عندها نكافئ هذه الأحمال بحمولة مكافئة قيمتها تساوي مجموع الأحمال ومركزة في منتصف المسافة .

أجهزة الحماية من التيار الزائد



اختيار الفواصم الكهربائية

- الفواصم أبسط أجهزة الحماية ويتألف عنصر الحماية فيها من معدن قابل للانصهار (نحاس ، ألمنيوم ، فضة ...) تتحدد نوعيته وأبعاده حسب عيار التيار الاسمي للفاصمة .
- تتميز الفواصم برخص كلفتها واستطاعة قطع كبيرة بالمقارنة مع القواطع الآلية
- من مساوئها أنه تركب على الأطوار بشكل مستقل مما يؤدي إلى إمكانية فصل إحداها دون الأخرى وبالتالي فصل التغذية عن أحد الأطوار واستمرار التغذية للأطوار الأخرى وهذا يسبب مشاكل فنية . لذا تستخدم للحماية من دارات القصر ولاتستخدم للحماية من زيادة الحمولة (محركات ،محولات

التيار الاسمي للمنصهرة مع لون الختم المرافق

380	التوتر الاسمي ، Volt
التيار الاسمي A , I_n	لون الختم
2	وردي
4	بني
6	أخضر
10	أحمر
16	رمادي
20	أزرق
25	أصفر

تابع للجدول السابق

أسود	35
أبيض	50
برونزي	63

استخدام الفواصم كأداة للحماية من التيار الزائد الناتج عن زيادة الحمولة

- تستخدم الفواصم لحماية النواقل والكابلات من التيار الزائد الناتج عن زيادة التحميل ويجب اختيار عياراتها حسب مقاطع هذه النواقل والكابلات واستطاعتها لحمل التيار . هناك جداول مرجعية تبين عيارات الفواصم لحماية النواقل والكابلات حسب مقطعها واستطاعتها لحمل التيار عند درجة حرارة محيطية 25 Cº .
- الجدير ذكره أن عيار الفاصمة الوارد في تلك الجداول مناسب للاستطاعة حمل التيار حسب (درجة الحرارة ، طريقة التمديد، ...)، وحين تعديل استطاعة المقطع لحمل التيار بعوامل التصحيح المناسبة ينبغي تعديل عيار الفاصمة لتناسب استطاعة القطع (المعدلة) لحمل التيار .

استخدام الفواصم كأداة حماية من تيارات القصر

- في حال استخدام الفواصم لحماية النواقل والكابلات من الدارة القصيرة تختار عياراتها حسب مقطع هذه النواقل والكابلات بشرط تكون أكبر من عيارات الفواصم (المناسبة لحماية نفس المقطع من التيار الزائد) بدرجة واحدة على الأقل وثلاثة درجات على أكثر تقدير .
- على سبيل المثال : لدينا مقطع $10\ mm^2$ يحمى من التيار الزائد بفاصمة 50A ولحماية نفس المقطع من تيار القصر تختار فاصمة عيار 63 min ، 100 max.
- عند وجود أكثر من فاصمة على التسلسل يجب اختيار عياراتها بحيث تكون الفاصمة الأبعد عن الحمل أكبر بدرجة أو درجتين على الأقل لضمان انتقائية عملها .

استخدام الفواصم كأداة حماية خلفية

- تستخدم الفواصم كأداة حماية خلف أجهزة حماية أخرى لحمايتها أو تعزيز قدرتها على قطع دارات القصر على سبيل المثال :
- ١- القواطع الآلية : لاسيما حين تكون استطاعة القطع لاتغطي تيارات القصر المتوقع مرورها عبر القاطع . مثال القواطع بالقرب من مراكز التحويل
- ٢ – الكونتاكتورات : لحماية الأجهزة التي تقوم بتشغيلها (محركات) من الدارة القصيرة إضافةً لحماية الكونتاكتور من التصاق تماساتها عند مرور تيارات القصر العالية .

اختيار القواطع الآلية

القاطع الآلي عبارة عن أداة ميكانيكية تقوم بتمرير ، وصل و فصل كامل التيار الاسمي المحدد ضمن شروط عمل نظامية وأن يتحمل قيمة تيار كبيرة لمدة زمنية محددة وفصل هذا التيار وينبغي أن يؤمن ما يلي :

- العزل :
- الحماية من كافة الأعطال :

➢ حماية من زيادة الحمولة over load

➢ حماية من الدارة القصيرة Short circuit

➢ حماية من العطل الأرضي Earth fault

الحماية من الأعطال

- يتم حماية الشبكة من زيادة الحمولة بواسطة الحماية الحرارية Thermal Relay المركبة في القاطع
- الحماية من الدارة القصيرة بواسطة الحماية المغناطيسية Magnetic Relay المركبة في القاطع .

المميزات الهامة للقواطع الآلية

- حددت النظم العالمية بعض المميزات الهامة للقواطع الآلية منها :
- I_n - التيار الاسمي للقاطع : التيار الذي يستطيع القاطع تمريره والقيام بعمليتي الوصل والفصل ضمن شروط عمل طبيعية .
- I_{cu} - تيار القصر الأعظمي : القيمة الأعظمية لتيار القصر KA الذي يستطيع القاطع تحمله عند توتر عمل محدد وفصل هذا التيار .
- I_{cs} – تيار القصر في الخدمة : القيمة الأعظمية لتيار القصر KA الذي يستطيع القاطع تحمله عند توتر عمل محدد وفصل هذا التيار ،وتتحدد كنسبة من I_{cu} (100% , 75 , 50 , 25).

- I_{cw} - تيار التحمل الحراري :القيمة الأعظمية لتيار القصر KA الذي يستطيع القاطع تحمله لفترة زمنية محددة عند توتر عمل محدد وفصل هذا التيار . القيم الدنيا لهذه الميزة :لأجل القواطع $I_n \leq 2500A$ ، 5KA أو $12I_n$ أيهما أكبر وللقواطع $I_n > 2500\ A$ ، 30KA

I_{cm} - تيار القصر عند الإغلاق: القيمة الأعظمية لتيار القصر KA الذي يستطيع القاطع تحمله عند الاغلاق على دارة قصرى ويتحدد بالعلاقة : $I_{cm} = n \cdot I_{cu}$

حيث أن n عامل تصحيح يتحدد وفق الجدول التالي :

جدول يحدد قيمة العامل n

n	تيار القصر KA
1.5	$4.5 \leq I_{cu} \leq 6$
1.7	$6 < I_{cu} \leq 10$
2.0	$10 < I_{cu} \leq 20$
2.1	$20 < I_{cu} \leq 50$
2.2	$50 < I_{cu}$

القواطع الآلية المستخدمة في حماية تجهيزات التوتر المنخفض

- حين استخدام القواطع الآلية لحماية محركات ثلاثية الطور تعير الحماية المغناطيسية على قيمة التيار الاسمي والحماية الكهرمغناطيسية على (10 – 12) أمثال التيار الاسمي .
- حين استخدام القواطع الالية لحماية المولدات والمحولات تعير الحماية الحرارية على قيمة التيار الاسمي ،والحماية الكهرمغناطيسية على (3 – 6) أمثال التيار الاسمي ؛
- حين استخدام القواطع الآلية لحماية الكابلات وخطوط النقل تعير الحماية الحرارية على قيمة التيار الدائم المسموح مروره في هذا الكابل أو الخط مع الأخذ بالحسبان عوامل التصحيح المناسبة .
- حين استخدام القواطع لحماية المكثفات تعير الحماية الحرارية على (1.2 – 1.3) أمثال التيار الاسمي والحماية المغناطيسية على 9 أمثال التيار الاسمي إذا كان تيار المكثف أقل من 100 A ،وعلى 6 أمثال التيار الاسمي إذا كان أقل من 450A وعلى 4 أمثال التيار الاسمي إذا كان أكبر من ذلك .

نماذج القواطع الآلية

- هناك نماذج متعددة للقواطع الآلية منها K , L, H, G . كل نموذج له منحني قطع خاص به .
- القواطع G , L, H تتميز بأن الحماية الحرارية بطيئة التحسس (10 دقائق لتفصل تياراً قدره $1.75\ I_n$) لهذا تستخدم في حماية دارات الانارة والمآخذ العامة ؛
- القواطع نموذج G تمتاز بأن الحماية الحرارية سريعة التحسس عند زيادة التيار (دقيقة واحدة لتفصل تياراً $1.75I_n$) لهذا تستخدم في حماية دارات القدرة والتجهيزات الكهربائية الحساسة مثل المحركات والمحولات وأجهزة الانارة الفائضة ... الخ .

المتطلبات الأساسية للقواطع الآلية

- يفترض أن يكون القاطع حر الاعتاق بحيث إذا كانت اليد في وضع التشغيل ON تستطيع الآلية الداخلية إعتاق القاطع ليصبح في وضع OFF ؛
- يجب أن يشير القاطع بوضوح إذا كان في وضع ON أو OFF ؛
- يجب أن يكون القاطع غير قابل للعبث به بحيث لايمكن إعادة ضبطه (تغيير الوقت اللازم لتشغيله) بدون فك الجهاز أو كسر ختم الغلاف الخارجي ؛
- يجب أن يكون عيار القاطع موضوع على جسمه بصورة دائمة وثابتة
- أي قاطع له سعة قطع أعلى من 5KA يفترض أن يبين عليه بصورة واضحة سعة قطعه .

أمثلة محلولة

- يطلب تحديد مقطع الناقل المتصل مع اللوحة الرئيسية باعتبار أن الاستطاعة الاجمالية 128 kwatt ، استطاعة مركز التحويل 200 kva

الحل :

ينبغي حساب مقطع الناقل الرئيسي على أساس الحمل الكامل لمركز التحويل

$$I = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot U_n} \cdot 10^3 = \frac{200}{\sqrt{3} \cdot 400} = 290\,A$$

يحدد مقطع الكابل اللازم لحمل التيار اعتماداً على الجداول (1) و (2)

-حسب الجدول 1 فإن الكابل 4×120 mm2 نحاس يمكنه أن يحمل تيار 310A عندما يكون ممداً في الأرض وعند درجة حرارة 20Co ؛

-عند الأخذ بعين الاعتبار أن درجة حرارة التربة في ظروف مناخية 25 Cº فيجب تصحيح استطاعة حمل التيار بعامل تصحيح مقداره 0.95 حسب الجدول (2)

-عند الأخذ بعين الاعتبار عامل تحميل وسطي 0.85 فيجب تصحيح استطاعة حمل التيار بعامل تصحيح مقداره 0.93 من الجدول (3)

-بناءً على ذلك فإن استطاعة حمل التيار للمقطع $120\ mm^2 \times 4$ لم تعد 310 A وإنما أصبحت $310 \times 0.95 \times 0.93 = 273\ A$ ولم يعد هذا المقطع مناسباً لحمل التيار المتوقع مروره ويجب الانتقال إلى المقطع الأكبر وهو $150\ mm^2 \times 4$. ونتأكد من سعة حمله للتيار بعد استخدام عوامل التصحيح

-استطاعة المقطع السابق لحمل التيار وفق الجدول (1) وبعد إدخال عوامل التصحيح

$348 \times 0.95 \times 0.93 = 307\ A$ والمقطع مناسب

التأكد من هبوط الجهد على المقطع المختار :

$$\Delta U\% = \sqrt{3} \cdot I \cdot Z \cdot \frac{l}{1000} \cdot \frac{100}{U_n}$$

حيث l – طول الكابل ويساوي 50 m ،

U_n - التوتر الاسمي ويساوي 400 volt

Z - ممانعة الكابل يساوي 0.168 من الجدول (4) باعتبار أن عامل الاستطاعة 0.8

بالتعويض نحصل على هبوط الجهد النسبي :

$$\Delta U\% = \sqrt{3} \cdot I \cdot Z \cdot \frac{l}{1000} \cdot \frac{100}{U_n} =$$

$$\Delta U\% = 1.73 \cdot 290 \cdot 0.168 \cdot \frac{50}{1000} \cdot \frac{100}{400} = 1.05\%$$

وهو ضمن الحدود المسموحة

مثال : تحديد عيار قاطع آلي مناسب لحماية الكابل المغذي لآلة معينة

- بفرض لدينا كابل مقطعه $4 \times 25\ mm^2$. من الجدول (4) عيار القاطع المناسب لحماية المقطع من زيادة التيار 100A وباعتبار أنه كابل وحيد ممدد بالهواء وعند درجة حرارة محيطية $25C^o$. إذا أخذنا عوامل التصحيح (0.75 ×0.87) فإن عيار القاطع المناسب سيكون :

$$100 \times 0.87 \times 0.73 = 63.51A$$

وأقرب قاطع آلي لهذا الرقم هو قاطع آلي عياره 63 A

ودمتم سالمين

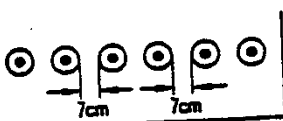
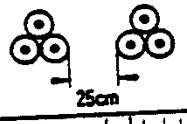
الجدول : (١) استطاعة حمل التيار لكابلات القدرة الثلاثية أو الرباعية

المقطع الاسمي	استطاعة حمل التيار حسب نوع الكبل وطريقة التمديد ودرجة الحرارة المحيطة					
	الستوتر النظامي (KV)					
	0·6/1		3·5/6		5·8/10	
	كابل ثلاثي أو رباعي ممدد في		كابل ثلاثي ممدد في		كابل ثلاثي ممدد في	
mm^2	الأرض 20 °C	الهواء 30 °C	الأرض 20 °C	الهواء 30 °C	الأرض 20 °C	الهواء 30 °C
نحاس						
1·5	25	18·5	—	—	—	—
2·5	34	25	—	—	—	—
4	44	34	—	—	—	—
6	56	43	—	—	—	—
10	75	60	—	—	—	—
16	99	80	—	—	—	—
25	128	106	126	105	133	114
35	155	131	158	131	160	138
50	184	159	187	157	189	165
70	226	202	230	197	230	204
95	272	244	275	241	275	247
120	310	282	313	277	312	284
150	348	324	352	316	350	322
185	394	371	397	362	394	367
240	458	436	460	427	455	430
300	518	481	518	487	512	490
400	591	560	587	565	584	574
ألمنيوم						
25	99	83	—	—	—	—
35	118	102	122	101	123	106
50	141	124	145	122	146	128
70	174	158	178	153	179	158
95	209	190	214	187	213	192
120	239	220	243	215	243	221
150	267	252	274	246	272	250
185	303	289	310	283	307	286
240	358	339	361	335	356	336
300	406	377	408	384	402	385
400	468	444	468	450	464	456

الجدول : (٢) عوامل التصحيح لاستطاعة حمل التيار للنواقل والكابلات
درجة حرارة الوسط المحيط

درجة حرارة الوسط	نواقل معزولة بالمطاط	نواقل معزولة بالبلاستيك	كابلات معزولة بالمطاط القاسي	أسلاك حرارية	أسلاك حرارية
	درجة الحرارة المسموحة لعوازل النواقل				
°C	60 °C	70 °C	80 °C	120 °C	180 °C
5	125	120	147	181	224
10	120	115	142	178	220
15	113	110	136	173	217
20	107	105	131	169	214
25	100	100	125	165	210
30	92	94	120	160	207
35	85	88	113	156	203
40	75	82	107	151	200
45	65	75	100	147	196
50	53	67	92	142	193
55	38	58	85	136	189
60		47	75	131	185
65		33	65	125	181
70			53	120	178
75			38	113	173
80				107	169
85				100	165
90				92	160
95				85	156
100				75	151
105				65	147
110				53	142
115				38	136
120					131
125					125
130					120
135					113
140					107
145					100
150					92
155					85
160					75
165					65
170					53
175					38

الجدول : (٣) عوامل التصحيح لاستطاعة حمل التيار لمجموعة كابلات ممددة في الأرض حسب نسبة عامل التحميل

عدد الكابلات أو المجموعات	كابلات أحادية					
						
	عامل الحمل			عامل الحمل		
	0·7	0·85	1·0	0·7	0·85	1·0
1	1·00	0·92	0·85	1·00	0·93	0·87
2	0·87	0·78	0·71	0·89	0·82	0·75
3	0·78	0·69	0·62	0·81	0·74	0·67
4	0·74	0·65	0·58	0·77	0·70	0·64
5	0·70	0·61	0·55	0·73	0·67	0·60
6	0·68	0·60	0·53	0·71	0·65	0·59
8	0·65	0·57	0·51	0·68	0·62	0·56
10	0·63	0·55	0·49	0·65	0·60	0·54
	كابلات ثلاثية الطور					
	كابلات PVC 0.6/1 KV			كابلات PVC 6/10 KV		
	عامل الحمل			عامل الحمل		
	0·7	0·85	1·0	0·7	0·85	1·0
1	1·00	0·93	0·87	1·00	0·96	0·91
2	0·85	0·77	0·71	0·89	0·82	0·76
3	0·75	0·67	0·61	0·80	0·72	0·66
4	0·70	0·62	0·56	0·75	0·67	0·61
5	0·65	0·58	0·52	0·71	0·63	0·57
6	0·63	0·55	0·50	0·68	0·60	0·55
8	0·58	0·52	0·46	0·64	0·56	0·51
10	0·56	0·49	0·44	0·61	0·54	0·48

الجدول (٤) : عيارات الفواصم المناسبة لحماية النواقل والكابلات الكهربائية (المصنوعة من النحاس) من التيار الزائد حسب مقطعها واستطاعتها لحمل التيار عند درجة حرارة (25 Co)

المقطع الإسمي mm²	المجموعة الأولى		المجموعة الثانية		المجموعة الثالثة	
	استطاعة حمل التيار A	عيار الفاصمة A	استطاعة حمل التيار A	عيار الفاصمة A	استطاعة حمل التيار A	عيار الفاصمة A
0·75	—	—	13	10	16	16
1	12	10	16	16	20	20
1·5	16	16	20	20	25	25
2·5	21	20	27	25	34	35*
4	27	25	36	35*	45	50
6	35	35*	47	50	57	63
10	48	50	65	63	78	80
16	65	63	87	80	104	100
25	88	80	115	100	137	125
35	110	100	143	125	168	160
50	140	125	178	160	210	200
70	175	160	220	224	260	250
95	210	200	265	250	310	300
120	250	250	310	300	365	355
150	—	—	355	355	415	425
185	—	—	405	355	475	425
240	—	—	480	425	560	500
300	—	—	555	500	645	600
400	—	—	—	—	770	710
500	—	—	—	—	880	850

ملاحظة: عيار الفاصمة المناسبة الوارد في هذا الجدول مناسب لاستطاعات حمل التيار للمقاطع ، حسب الشروط القياسية (درجة حرارة – طريقة تمديد –..) وحين تعديل استطاعة المقطع لحمل التيار بعوامل التصحيح المناسبة، يجب تعديل عيار الفاصمة أيضاً لتناسب إستطاعة المقطع (المعدَّلة) لحمل التيار.