٥- تصميم الدوائر الفرعية

٥-١ عـــــــــام

- تـــشتمل الدوائـــر الفرعية علي التوصيلات الكهربائية من لوحة التوزيع الرئيسية بالمبنـــي إلي اللوحات الفرعية فى كل دور أو قسم من أقسام المبني ، ومنها إلي اللوحات الفرعية فى كل شقة أو كل من أقسام الدور ومن ثم إلى الدوائر الفرعية النهائية لتغذية الأحمال الفردية.
- يـــتم توزيـــع الـــتغذية الكهـــربائية عادة من اللوحة الرئيسية بالمبني إلى الجراج والـــبدروم والـــدور الأرضـــي باستعمال كابلات داخل الحائط أو قضبان نحاسية ملائمـــة، فـــى حـــين تغذي الأدوار العلوية عن طريق الصواعد وهى كابلات أو قـــضبان نحاســـية ملائمة وتتم التغذية الأفقية في كل دور إلى الشقق فى المبانى السكنية ، أو إلي الأقسام المستقلة فى الدور للمبانى التجارية ، حيث يركب في كل مـــنها لـــوحة بهـــا عداد استهلاك الطاقة ونبائط التوصيل والوقاية ومنها تخرج الدوائر الفرعية لتغذية أحمال الشقة أو القسم بالدور.
- فـــى حالة تركيب عدادات استهلاك الطاقة لكل الشقق (أو أقسام المبني) بأسفله يتم تغذية كل شقة (أو قسم) علي حدة بدائرة صاعدة مستقلة من مخرج العداد الخاص بهـــا مباشرة إلى اللوحة الفرعية (أو اللوحات) بالشقة (أو القسم) التى تخرج منها الدوائر الفرعية لتغذية الأحمال الفردية .

ملحوظة: المقـــصود "بالكـــود المـــصرى" فى هذا الباب هو الكود المصرى لأسس تـــصميم وشروط تنفيذ التوصيلات والتركيبات الكهربائية فى المبانى طبقا لقرار السيد وزير الإسكان والمرافق رقم ١٧٢ لسنة ١٩٩٤

٥-٢ خطوات تصميم الدوائر الفرعية

يتم عمل التصميم علي خطوات كما يلي :

(أ) حـــساب أقصى تيار ينتظر مروره فى الدائرة لتغذية أحمالها ، مع أخذ تطور الأحمال (إن وجد) فى الاعتبار .

(ب) تحديد معاملات تصحيح سعة حمل موصلات الدائرة للتيار طبقا لطريقة تركيب كابلات الدائرة ولظروف تشغيلها فى الوسط المحيط بها .

(ت) حساب السعة المطلوبة لحمل التيار فى موصلات الدائرة بعد تصحيحها لتقابل الاشـــتراطات الواردة فى جداول الشركة المصنعة للكابلات ، وبالتالي اختيار

مقطع الموصلات وتحديد معاملاتها ، مع إمكان زيادة مساحة مقطع موصلات الكابل توفيرا لجزء من فقد الطاقة فى مقاومة الكابل .

(ث) حساب تيار القصر عند مخرج اللوحة التى تغذي الدائرة ، وبالتالى يتم حساب تياري ضبط نبائط الوقاية ضد زيادة الحمل وضد قصر الدائرة ، مع مراجعة إمكانية صمود كل من الكابل ونبيطة الوقاية ضد قصر الدائرة خلال زمن القطع للنبيطة ، وفى حالة عدم توافر أي من تلك الإمكانيات، يتحتم على المصمم إما زيادة مساحة مقطع موصلات الدائرة أو استبدال نبيطة الوقاية بأخرى تكون ذات سرعة قطع أكبر ، أو اختيار نبيطة القطع بحيث تكون من النوع الذى يؤدى إلي الحد من تيار القطع (مثل المصاهر) .

(ج) حساب هبوط الجهد فى الدائرة عند ذروة الأحمال ، ومجموع الهبوط الكلى للجهد من نقطة تغذية المبني حتى أبعد حمل في المبني ، مع عمل التعديل في مقطع موصلات الدائرة ، أو الدوائر إن لزم ، بغرض الالتزام بالحد الأقصي المسموح به لهبوط الجهد .

٥-٢-١ حساب أقصي قيمة للتيار الذى ينتظر مروره فى الدائرة

بعد تحديد الأحمال التي ينتظر تغذيتها من الدائرة يتم حساب قيمة التيار المقنن بالأمبير لكل من الأحمال كما يلى :

(١) بالنسبة للحمل ذى الطور الواحد

التيار المقنن = (قيمة دخل الحمل بالوات) / (الجهد المقنن للطور × معامل القدرة للحمل) .

وتؤخذ قيمة دخل الأحمال الكهربائية بالوات (كما في حالات السخان ومصابيح الانارة وخلافه) من واقع بطاقة مقننات الحمل .

(٢) بالنسبة للحمل ذى الأطوار الثلاثة

التيار المقنن = (قيمة دخل الحمل بالوات) / (١,٧٣٢ × الجهد المقنن × معامل القدرة للحمل) وفي حالة أحمال المحركات تحسب قيمة دخل الحمل بالوات = (قيمة الخرج بالوات المثبتة فى بطاقة البيانات) / (كفاءة الحمل (η) عند تشغيله بكامل قدرته).

وعندما يكون الحمل متوازنا على الأطوار الثلاثة، فإن تيار موصل التعادل يكون صفرا.

(٣) بالنسبة لمجموعة الأحمال المغذاة من دائرة واحدة

نظـــرا لأن منحنـــى الحمل يختلف من حمل إلى آخر فإن قيمة الحمل الأقصى المغـــذى من الدائرة لا تساوى المجموع الجبرى لقيم الحمل الأقصى لكل حمل علـــى حـــدة بـــل تكون أقل من ذلك المجموع الجبرى ، حيـــث تساوى ذلك المجمـــوع الجبـــرى مقسوما على معامل التباين ، ويمكن حساب قيمة الحمل الأقصى فى حالة تعدد الأحمال طبقا للوارد فى الجدول (٣-٢) فى هذا المجلد. وبعـــد تحديد القيمة القصوى للحمل المغذى من الدائرة تحسب القيمة القصوى للتيار الذى ينتظر أن يمر فى الدائرة ، كما ورد فى البندين ١ ، ٢ بعاليه.

وفـــى الحـــالات التى يتكرر فيها تشغيل الأحمال كلها فى نفس الوقت بحملها المقنن يجب تصميم الدائرة على أساس المجموع الكلى للقدرات المقننة للأحمال كلها بدون اعتبار معامل تباين .

(٤) بالنسبة لمجموعة الأحمال غير المتوازنة على الأطوار الثلاثة

وذلـــك كمـــا فـــى حالات تغذية بعض الأحمال ذات الأطوار الثلاثة المتوازنة بالإضافة إلى أحمال ذات الطور الواحد توزع على الأطوار الثلاثة مع محاولة تـــساوى التحميل على الأطوار الثلاثة قدر الإمكان ، ولكن قد لا يتم الوصول إلى تحقيق التوازن الكامل .

وهـــنا يجـــب حـــساب قـــيمة القدرة غير الفعالة (Q) لكل حمل بوحدة ك فار (kVAR) باستعمال المعادلة (٥-١) :

$$\begin{aligned} Q\,(\text{in kVAR}) &= P\,(\text{in kW}) \times \tan\varphi \\ &= P\sqrt{[1-(power\ factor)^2]}/(power\ factor) \end{aligned} \qquad (5\text{-}1)$$

أولا: يمكن حساب تيار كل من الأطوار الثلاثة وتيار موصل التعادل عند مصدر التغذية بصفة تقريبية كما يلى:

(أ) نفرض بصفة مبدئية أن جهود الأطوار الثلاثة متوازنة ، أى أن القيم العددية لكـــل مـــنها ٢٢٠ فولت وأن متجهاتها تتأخر كل عن الآخر بزاوية ١٢٠ درجة .

(ب) وبالتالى نحسب مركبتى تيار كل طور كما يلى :

المـــركبة الفعالـــة لتـــيار الطور "١" (I_{r1}) بالأمبير = ١٠٠٠ × (مجموع القدرات الفعالة (P in kW) المغذاة من الطور "١") ÷ ٢٢٠

وتؤخذ هذه المركبة فى نفس إتجاه متجه جهد الطور "١" .

والمركبة غير الفعالة لتيار الطور "١" (I_{img1}) بالأمبير = ١٠٠٠ × (مجموع القدرات غير الفعالة (Q in kVAR) المغذاة من الطور "١") ÷ ٢٢٠

وتؤخذ هذه المركبة متأخرة بزاوية ٩٠ درجة عن متجه جهد الطور "١" .

وتتكرر هذه الحسابات للطورين "٢" ، "٣" .

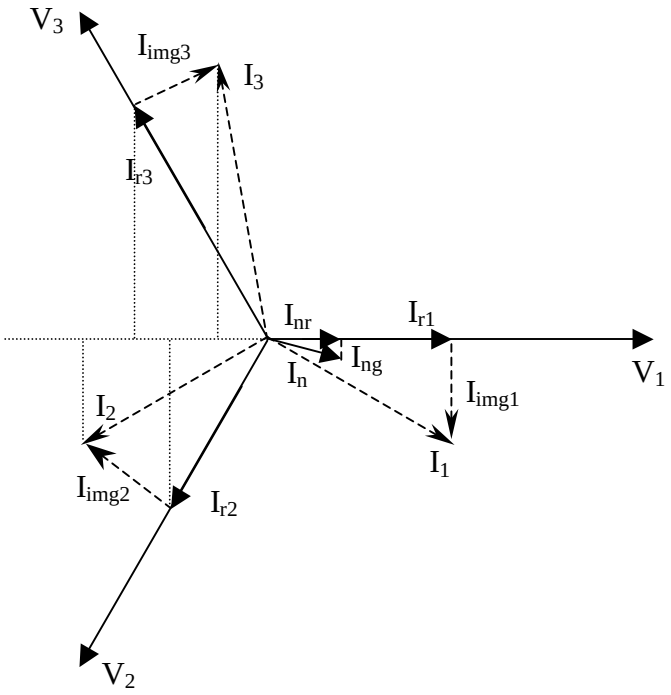
(ت) تكون القيمة العددية لتيار الطور "١" = $\sqrt{[(I_{r1})^2+(I_{img1})^2]}$

وتتكرر هذه الحسابات للطورين "٢" ، "٣" .

(ث) تحسب المركبة الحقيقية (I_{nr}) والمركبة التخيلية (I_{mg}) لتيار موصل التعادل وقيمته العددية (I_n)، أنظر شكل (٥-١)، من المعادلة (٥-٢) كما يلى:

$$I_{nr} = I_{r1} - 0.5\,(I_{r2}+I_{r3}) - 0.866\,(I_{img2}-I_{img3})$$
$$I_{ng} = I_{img1} - 0.5(I_{img2}+I_{img3}) + 0.866(I_{r2}-I_{r3}) \qquad (5\text{-}2)$$
$$I_n = \sqrt{[(I_{r1})^2+(I_{img1})^2]}$$

ثانيا: يمكن حساب قيمة تيار كل من الأطوار الثلاثية وتيار موصل التعادل عند نقط تغذية الأحمال المختلفة من دائرة التوزيع بمعلومية ترتيب تغذية هذه الأحمال من الدائرة، وذلك بتكرار الحسابات عاليه فى البند أولا، مع اعتبار الأحمال المغذاه بعد كل نقطة فقط ، أى الأحمال التى تمر تياراتها فى موصلات الدائرة من المصدر حتى النقطة تحت الاعتبار.



شكل رقم (٥-١): مركبات تيارات الأطوار الثلاثة ومركبتا تيار موصل التعادل

ثالثا: وعـــندما يكون عدم التوازن على الأطوار الثلاثة ضئيلا ، فيمكن استعمال طريقة أكثر تقريبا لحساب متوسط تيار الأطوار الثلاثة (وذلك بفرض أن أحمـــال الأطـــوار الـــثلاثة متساوية وتساوى متوسط الأحمال الفعلية على الأطـــوار الـــثلاثة)، أى أن القيمة المتوسطة للقدرة الفعالة لكل طور يمكن حسابها من المعادلة (٥-٣)

$$P_{av} = (P_1 + P_2 + P_3) \div 3 \qquad \text{kW} \qquad (5\text{-}3)$$

القيمة المتوسطة للقدرة غير الفعالة لكل طور يمكن حسابها من المعادلة (٥-٤)

$$Q_{av} = (Q_1 + Q_2 + Q_3) \div 3 \qquad \text{kVAR} \qquad (5\text{-}4)$$

وتكون القيمة العددية المتوسطة لتيار الطور كما في المعادلة (٥-٥)

$$I_{av} = 1000 \times \sqrt{[(P_{av})^2 + (Q_{av})^2} \div 220 \qquad \text{A} \qquad (5\text{-}5)$$

ويمكـــن فـــى هـــذه الطريقة التقريبية إهمال تيار موصل التعادل حيث أننا فرضنا أن الأحمال متوازنة .

٥-٢-١-١ مثال توضيحى

المطلـــوب حـــساب القيمة القصوى لتيارات الدوائر الفرعية النهائية التى تقوم بتغذية الأحمـــال المستقلة فى مطبخ أحد الفنادق ، وكذا القيمة القصوى لتيار الدائرة الفرعية التـــى تغـــذى المطبخ بأكمـــله إذا كان جهد طور التغذية هو ٢٢٠ فولت علما بأن المطبخ يحتوى على الأحمال التالية :

- عدد ٣ فرن كهربائى ثلاثى الأطوار بقدرة ١٢ ك وات لكل منها.
- عدد ٣ ثلاجة ثلاثية الأطوار بقدرة ٣ ك وات ومعامل قدرة ٠,٨ متأخر.
- عدد ٢ سخان مياة ذى طور واحد بقدرة ٢ ك وات.
- عدد ٢ مفرمة لحوم ذات طور واحد بقدرة ٢ ك وات ومعامل قدرة ٠,٧ متأخر.
- عدد ٢ آلة عجين ثلاثية الأطوار بقدرة ٣ ك وات ومعامل قدرة ٠,٨ متأخر.
- عـــدد ٢ آلة تحضير الخضروات ذات طور واحـــــد بقـــدرة ١ ك وات ومعامل قدرة ٠,٧ متأخر.
- عـــدد ٢٠٠ مـــصباح فلورى قدرة ١٨ وات مزود ببادئ إنارة الكترونى ٤ وات ومعامل قدرة محسن إلى ٠,٩٥ متأخر .

الحل: يتم تغذية كل من الأجهزة الواردة عاليه بدائرة فرعية نهائية، كما يتم تغذية لوحة الإنارة بدائرة أخرى

وفيما يلى حساب التيار المقنن فى كل من هذه الدوائر ، كما تتضمن الحسابات التالية تحديد القيمة القصوى لتيار الدائرة الفرعية التى تغذى المطبخ بأكمله:

- التيار المقنن للفرن الواحد= ١٢٠٠٠ / (١,٧٣٢ × ٣٨٠ × ١)=١٨,٢٣أمبير
- التيار المقنن للثلاجة الواحدة = ٣٠٠٠ / (١,٧٣٢ × ٣٨٠ × ٠,٨)= ٥,٧ أمبير
- التيار المقنن للسخان الواحد = ٢٠٠٠ / (٢٢٠ × ١) = ٩,٠٩ أمبير
- التيار المقنن لمفرمة اللحوم الواحدة = ٢٠٠٠ / (٢٢٠ × ٠,٧) = ١٣ أمبير
- التيار المقنن لآلة العجين الواحدة= ٣٠٠٠/(١,٧٣٢× ٣٨٠ × ٠,٨)= ٥,٧أمبير
- التيار المقنن لآلة تحضير الخضروات الواحدة=١٠٠٠/(٢٢٠× ٠,٧)=٦,٥أمبير
- التـــيار المقنن للوحة لإنارة بأكملها = (٢٠٠×٢٢) / (١,٧٣٢×٣٨٠×٠,٩٥) = ٧,٠٤ أمبير
- علمـــا بـــأن الأحمـــال ثلاثية الأطوار (الأفران والثلاجات وآلتى العجين ولوحة الإنـــارة) تغـــذى من الأطوار الثلاثة بالتساوى فى قيم تيارات الأطوار، فى حين

تغـــذى الأحمـــال أحاديـــة الطور من الأطوار الثلاثة كما يلى ، بغرض محاولة التـــساوى (بقـــدر الإمكان) بين مجموع كل من القدرات الفعالة وغير الفعالة فى الأطـــوار الـــثلاثة ، وبالتالـــى التساوى بين قيم تيارات أطوار الدائرة التى تغذى المطبخ بأكمله :

الحمل	الطور (١)		الطور (٢)		الطور (٣)	
	Q	P	Q	P	Q	P
	ك.فار	ك.وات	ك.فار	ك.وات	ك.فار	ك.وات
السخانان	--	٢	--	٢	--	--
مفرمتا اللحوم	--	--	٢,٠٤	٢	٢,٠٤	٢
آلتا تحضير الخضروات	١,٠٢	١	--	--	١,٠٢	١
وتضاف إلى ذلك الأحمال ثلاثية الأطوار كما يلى:						
الأفران	--	١٢	--	١٢	--	١٢
الثلاجات	٢,٢٥	٣	٢,٢٥	٣	٢,٢٥	٣
آلتا العجين	٢,٢٥	٣	٢,٢٥	٣	٢,٢٥	٣
الإنارة	٠,٤٨	١,٤٧	٠,٤٨	١,٤٧	٠,٤٨	١,٤٧
وبذلك يكون مجموع الأحمال على الأطوار الثلاثة كما يلى:						
المجموع على كل طور	٦,٠٠	٢٢,٤٧	٧,٠٢	٢٣,٤٧	٨,٠٤	٢٢,٤٧

- حـــيث P ، Q همـــا المركبتان الفعالة وغير الفعالة على التوالى للقدرة بالوحدات المبينة أعلاه.

وبذلك تكون المركبتان الفعالة وغير الفعالة لتيار كل طور وقيمته العددية بالأمبير كما يلى:

الطور	المركبة الفعالة (I_r)	المركبة غير الفعالة (I_{img})	القيمة العددية (I)
١	١٠٢,١٣٦	٢٧,٢٧٣	١٠٥,٧١٥
٢	١٠٦,٦٨٢	٣١,٩٠٩	١١١,٣٥٢
٣	١٠٢,١٣٦	٣٦,٥٤٥	١٠٨,٤٧٧

وكذلك تكون مركبتا تيار موصل التعادل وقيمته العددية بالأمبيركما يلى :

المركبة الحقيقية (I_{nr}) = ١٠٢,١٣٦ – ٠,٥(١٠٦,٦٨٢ + ١٠٢,١٣٦)

– ٠,٨٦٦(٣١,٩٠٩ – ٣٦,٥٤٥) = ١,٧٤٢ أمبير

المركبة التخيلية (I_{ng}) = ٢٧,٢٧٣ – ٠,٥(٣١,٩٠٩ + ٣٦,٥٤٥)

+ ٠,٨٦٦(١٠٦,٦٨٢ – ١٠٢,١٣٦) = – ٣,٠١٧ أمبير

القيمة العددية (I_n) = ٣,٤٨٤ أمبير

ملاحظات:

(١) تختلف قيمة واتجاه مركبتي تيار موصل التعادل وقيمته العددية في أجزاء هذا الموصل، ويمكن حساب هذه القيم في كل جزء بمعلومية ترتيب وتوزيع الأحمال ذات الطور الواحد وباعتبار الأحمال ذات الطور الواحد التي تمر تياراتها في ذلك الجزء من موصل التعادل واستبعاد بقية الأحمال مع تكرار الحسابات السابقة.

(٢) تتحقق كل قيم القدرات والتيارات الواردة بعاليه فقط عند تغذية كل الأحمال بالمطبخ بكامل قدراتها فى نفس الوقت (كما فى حالة الإعداد لحفل مثلاً)، ويجب أخذ هذه القيم كأساس لتصميم الدوائر كلها لتلافى زيادة الحمل فى الدوائر فى حالات الطوارئ .

(٣) فى الأحوال العادية تحسب القيم القصوى للقدرات والتيارات بأخذ معامل التباين فى الاعتبار كما فى البند التالى .

وبتطبيق الطريقة التقريبية الواردة فى البند ٤–ج السابق (التى تهمل درجة عدم التوازن على الأطوار الثلاثة واعتبار حمل المطبخ كله كما لو كان متوازنا على الأطوار الثلاثة) تكون قيم متوسطى القدرتين الفعالة وغير الفعالة والقيمة العددية لمتوسط تيار الطور كما يلى :

P_{av} = ٢٢,٨٠٣ ك وات

Q_{av} = ٧,٠٢٠ ك فار

I_{av} = ١٠٨,٤٥١ أمبير

ويلاحظ أن القيمة العددية لمتوسط تيارات الأطوار الثلاثة هى قيمة مقبولة فى هذه الحالة (بالمقارنة مع القيم العددية لتيارات الأطوار الثلاثة المحسوبة بالطريقة السابقة) حيث أن نسبة عدم التوازن فى هذا المثال ضئيلة .

وكمـــا ســـبق يكون تيار موصل التعادل على أساس فرض توازن الحمل على الأطوار الثلاثة صفراً.

٥-٢-١-٢ القيم القصوى للقدرات والتيارات فى الأحوال العادية

تظل القيم القصوى للقدرات والتيارات فى الدوائر الفرعية النهائية كما وردت فى البند السابق .

وفـــيما يـــتعلق بالدائـــرة التى تغذى المطبخ بأكمله ، فإنه باستعمال معاملات التباين الواردة فى الجدول (٣ - ٢) في هذا المجلد.

تكون القيم القصوى كما يلى .

- الأفران ١٠٠ ٪ × ١٢ + ٨٠ ٪ × ١٢ + ٦٠ ٪ × ١٢ = ٢٨,٨ ك وات
- الثلاجات ١٠٠ ٪ × ٣ + ٨٠ ٪ × ٣ + ٦٠ ٪ × ٣ = ٧,٢ ك وات
- السخانان ٢ × ٢ (باعتبارهما يعملان باستمرار وقت الذروة) = ٤ ك وات
- مفرمتا اللحوم ١٠٠ ٪ × ٢ + ٨٠ ٪ × ٢ = ٣,٦ ك وات
- آلتا العجين ١٠٠ ٪ × ٣ + ٨٠ ٪ × ٣ = ٤و٥ ك وات
- آلتا تحضير الخضروات ١٠٠ ٪ × ١ + ٨٠ ٪ × ١ = ١,٨ ك وات
- الإنارة ١٠٠ ٪ × ٤,٤ = ٤,٤ ك وات

وتكـــــون القـــيمـــة القصـــوى لحمـــل المطبـــخ بأكمله = ٥٥,٢ ك وات بدلا من ٦٨,٤١ ك وات فى حالات الطوارئ ، وكما سبق يجب أخذ حالات الطوارئ كأساس للتصميم طالما أنها متكررة.

٥-٣ تحديد معاملات تصحيح سعة حمل موصلات الدائرة للتيار

عـــندما يحتوى مسار كابل الدائرة على أجزاء تختلف عن بعضها فى ظروف درجة حـــرارة الوسط المحيط ، أو فى تجميع الكابل مع كابلات أخرى فى حيز مغلق ، أو لمرور تيار زائد لمدة طويلة نتيجة لبطء النبيطة المستعملة لوقاية الكابل ، أو لتلامس الكابـــل مـــع مادة عازلة للحرارة ، فيجب حساب معاملات التصحيح فى كل من هذه الأجـــزاء طـــبقا للظروف المختلفة فى كل جزء ، مع أخذ أقل قيمة لمعامل التصحيح الكلى (وهو حاصل ضرب معاملات التصحيح لكل من ظروف التشغيل فى كل جزء مـــن مسار الكابل) فى الأجزاء كلها كأساس لتحديد سعة حمل التيار فى الكابل بكامل طول مساره.

وفيما يلى نبذة عن كل من معاملات التصحيح :

(١) يرجع فى تحديد معامل تأثير درجة حراره الوسط المحيط (C_a) إلى الجدول (م ٣/٣) بالصفحة ٢٢ م بالجزء الثالث من الكود المصرى ، وذلك طبقا لنوع المادة العازلة داخل الكابل .

(٢) معامل التصحيح نتيجة لتجميع الموصلات الحاملة للتيار معا فى حيز واحد مثل المواسير أو مجارى الأسلاك (C_g) حيث ينشأ تسخين متبادل بين الكابلات وبعضها ، وتحدد قيمة هذا المعامل بالرجوع إلى الجدول (م٢/٣) بالصفحة ٢٠ م بالجزء الثالث من الكود المصرى ، ويطبق على الكابلات المتماثلة أحادية الطور أو متعددة الأقطاب المجمعة فى مسار واحد ، ولكن لا يطبق على الكابلات المتجاورة عند خروجها من لوحة التوزيع .

(٣) معامل التصحيح نتيجة لمرورالتيار الزائد بالكامل لمدة طويلة (C_f) نتيجة لبطء نبيطة الوقاية ، مثل حالة الوقاية بمصاهر ذات خواص بطيئة منتجة طبقا للمواصفات الكهروتقنية العالمية IEC 269-3، ففى هذه الحالة يؤخذ معامل التصحيح = ٠,٧٢٥ ، علما بأن هذا المعامل فى الحالات الأخرى = ١ .

(٤) عندما يكون من المخطط أن يمر مسار الكابل بالقرب من مصدر حرارى معزول (مثل ماسورة مياة ساخنة) بحيث من المنتظر أن يتلامس الكابل مع المادة العازلة للمصدر الحرارى من جهة واحدة فيؤخذ معامل التلامس مع المادة العازلة للحرارة (C_i) = ١ ، فى حين أنه إذا كان الكابل نفسه محاطا من كل جهه بعزل حرارى لحمايته من المصدر الحرارى القريب فيؤخذ(C_i) = ٠,٥

٥-٣-١ مثال توضيحى

المطلوب تحديد قيمة معامل التصحيح الكلى لكابل يمر مساره في ثلاثة مناطق ذات ظروف تشغيل مختلفة كالموضح فى الشكل (٥-٢):

شكل رقم (٥-٢): أجزاء مسار الكابل ذات الظروف المختلفة

- يخرج الجزء الأول من الكابل من لوحة توزيع فرعية مزودة بمصاهر ذات خواص خاصة وبطيئة منتجة طبقا للمواصفات الكهروتقنية العالمية IEC 269-3 ودرجة حرارة الوسط فى هذا الجزء هى ٤٠ ْم .
- يمر الكابل فى الجزء الثانى من المسار منفردا بين مبنيين ، ودرجة حرارة الوسط المحيط قد تصل إلى ٥٠ ْم .
- يمر الكابل فى الجزء الثالث من المسار منفردا فى وسط محيط درجة حرارته ٤٥ ْم ، ويحاط الكابل من كل ناحية بمادة عازلة من الحرارة للوقاية من مصدر حرارى قريب .

الحل: معاملات التصحيح فى الأجزاء المختلفة من المسار كما يلى .

جدول معاملات التصحيح لأجزاء الكابل

معاملات التصحيح	الجزء الأول	الجزء الثانى	الجزء الثالث
C_a	٠,٩٤	٠,٨٨	٠,٩١
C_g	١	١	١
C_f	٠,٧٢٥	٠,٧٢٥	٠,٧٢٥
C_i	١	١	٠,٥
معامل التصحيح الكلى CF	٠,٦٨١٥	٠,٦٣٨	٠,٣٢٩٩

وعلى هذا الأساس يؤخذ معامل التصحيح الكلى للكابل بأكمله = ٠,٣٢٩٩ طبقاً لأقل معامل تصحيح في أجزاء الكابل .

٥-٤ حساب السعة المطلوبة لحمل الدائرة للتيار

تقـــدم شـــركات صـــناعة الكـــابلات جداول لسعة حمل كابلاتها للتيار، لكل كابلاتها المصنوعة من النحاس ومن الألومنيوم، ومادة العازل بى فى سى أو بولي ايثيلين، أو مطـــاط ، أو ورق مشبع بالزيت ، أو خلافه ، سواء للكابلات المغلفة بالرصاص، أو المكـــسوة بى فى سى ، المسلحة أو غير المسلحة ، ولكل شكل من قطاع الموصلات فـــى الكابل ، وعدد الموصلات بداخله، وذلك تحت ظروف قياسية من درجة حرارة الوسط المحيط ، لكل طريقة من طرق تركيب الكابل .

ولمـــا كانـــت الظـــروف القياسية الواردة فى جداول الكابلات قد لا تتفق مع ظروف التشغيل الفعلية ، فيتم استعمال معاملات التصحيح الكلية لتحديد سعة حمل التيار عند تشغيل الكابل على الظروف القياسية الواردة فى جداول الكابلات ، كما يلى :

ســـعة حمـــل التـــيار عند تشغيل الكابل فى الظروف القياسية طبقاً للقيم المدرجة فى جداول الصانع =

$$\frac{\text{أقصى قيمة للتيار المنتظر مروره بالفعل فى كابلات الدائرة}}{\text{أقل قيمة لمعامل التصحيح الكلى لأى من أجزاء الكابل عند أقسى ظروف للتشغيل}}$$

وبالرجوع إلى جداول الكابلات بالمجلد الثالث من الكود المصري بالجداول من م٤/٣ إلـــى م٢٧/٣ يـــتم إختيار مساحة مقطع الموصلات المناظرة لقيمة التيار المسحوب والتى تسمح بإمرار هذا التيار عند الظروف القياسية المدرجة بالجداول بدون الإخلال بحـــدود إرتفـــاع درجـــة الحرارة ، وبالتالى يتم معرفة معاملات الكابل مثل مقاومة الموصـــلات لكل متر طولى من الكابل ، وهبوط الجهد للمتر الطولى ولكل أمبير من التيار المار فى الكابل عند معامل قدرة محدد (غالبا ٠,٨ متأخر) ومنها يمكن حساب ممانعة المتر الطولى من الكابل .

وعلـــى سبيل المثال ففى المثال التوضيحى الأخير عاليه ، إذا كان أقصى تيار ينتظر مروره فى الكابل هو ٢٣,٧ أمبير، فيكون التيار التصميمى لهذا الكابل =

٢٣,٧/ ٠,٣٢٩٩ = ٧١,٨٤ أمبير

ويكـــون مقطع موصلات الكابل ذى الموصلات النحاسية ومادة عزل بى فى سى من الجدول رقم م٥/٣ هو ٣ × ٢٥ + ١٦مم^{٢} .

هـــذا ويمكن استعمال كابل ذى مقطع موصلات أكبر بغرض التوفير فى تكلفة القدرة الكهربائية المفقودة فى مقاومة الكابل ، وكذا للإقلال من هبوط الجهد فى الكابل ، كما

يتيح ذلك للكابل مقابلة زيادة الحمل الذى يمكن للدائرة تغذيته بدون ضرورة استبدال الكابل بآخر ذى مقطع موصلات أكبر .

٥-٥ حساب هبوط الجهد فى الدائرة

باستعمال معاملات الكابل المختار يكون هبوط الجهد للطول الكلى لكابلات الدائرة مساويا لما يلى :

هبوط الجهد فى الدائرة = (هبوط الجهد فى الكابل لكل متر طولى ولكل أمبير من تيار الكابل) × طول الكابل (بالمتر) × التيار المار فى الكابل (بالأمبير) حيث تؤخذ قيمة هبوط الجهد لكل متر طولى ولكل أمبير من تيار الكابل من الجدول المناسب لطبيعة الكابل من بين الجداول رقم م٥/٣ إلى م١٣/٣ بالملحق الثالث فى الجزء الثالث من الكود المصرى .

وبعد حساب هبوط الجهد فى الدائرة تتم مراجعة الهبوط الكلى فى الجهد من نقطة تغذية المبنى بالكهرباء حتى أبعد حمل فى أعلى دور فى المبنى ، ولما كان الهبوط الكلى للجهد عند الحمل يجب ألا يتجاوز ٢,٥ ٪ فيجب (إن لزم) تعديل مقطع موصلات الكابل فى الدائرة موضوع التصميم ، وكذا مقاطع موصلات كابلات الدوائر التى تغذى لوحة التوزيع التى تخرج منها الدائرة موضوع التصميم ، حتى يمكن الالتزام بالحد المسموح به للهبوط الكلى فى الجهد.

٥-٦ حساب تيارات القصر

يجب طبقا للوارد فى البند ٨/٦ بالصفحة ٢٩٣ من الجزء الثانى من الكود المصرى حساب تيار القصر الذى ينتظر مروره فى الدائرة ، أو جزء منها ، وذلك نتيجة لحدوث قصر ثلاثى الأطوار قرب بدايتها عند خروجها من لوحة التوزيع ، وذلك بغرض:

(أ) إختيار سعة القطع المناسبة لنبيطة وقاية موصلات هذه الدائرة .

(ب) تحديد نوع وسرعة قطع وتيار تشغيل نبيطة الوقاية ضد قصر الدائرة للتنسيق مع امكانية صمود مقطع موصلات الدائرة.

وتحدد القيمة العددية لتيار القصر ثلاثى الأطوار $I_{s.c}$ من المعادلة (٥-٦):

$$I_{s.c.} = U_s / Z_f = 1.05\ U_n / Z_f \qquad (5\text{-}6)$$

حيث:

U_s: جهد الطور عند أطراف مصدر التغذية بالفولت ، في حالة عدم وجود حمل

U_n: جهد الطور عند أطراف مصدر التغذية بالفولت ، في حالة وجود الحمل

Z_f: القيمة العددية للمعاوقة الكلية للطور من مصدر التغذية حتى موقع القصر ، والتى تساوى القيمة العددية للمجموع الجبرى للمعاوقات بداية من معاوقة المصدر ذى الجهد المتوسط ثم محول تغذية الجهد المنخفض ، والدائرة الرئيسية لتغذية الجهد المنخفض، وقضبان التوزيع وكابلات الدوائر الفرعية ومعدات القطع والتوصيل فى الدائرة الرئيسية والدوائر الفرعية حتى موقع القصر.

وفيما يلى خطوات حساب المعاوقات المختلفة الداخلة فى حساب تيار القصر .

٥-٦-١ تحديد قيم المعاوقات الداخلة فى حساب تيار القصر

(أ) المعاوقة المكافئة لمصدر التغذية ذى الجهد المتوسط

يمكن عادة إهمال هذه المعاوقة كليا لصغرها ، ولكن لزيادة الدقة تستعمل الصيغة التالية فى حساب مركبات هذه المعاوقة بعد تحويلها إلى ناحية الجهد المنخفض :

(١) عادة تهمل قيمة مركبة المقاومة المكافئة $R_{s\,eq}$ لضئالتها

(٢) تحسب قيمة مركبة الممانعة المكافئة X_{seq} بالمللي أوم من المعادلة (٥-٧) التالية :

$$X_{s\,eq} = 3\,U_s^2 / S.C.\ kVA = 3\,(1.05 \times 220)^2 / S.C.\ kVA \qquad (5\text{-}7)$$

حيث S.C. kVA هى سعة القصر لمعدات الوقاية عند أطراف التغذية على الجهد المتوسط طبقا لما تحدده شركة توزيع الكهرباء المختصة .

تكون قيمة كل من $R_{s\,eq}$ ، $X_{s\,eq}$ بالميللى أوم وطبقا لسعات القصر الأكثر تداولا كما يلى:

S.C. MVA	R_{seq}	Xseq
٢٥٠	٠,٠٩٥	٠,٦٣٣
٣٥٠	٠,٠٦٧٥	٠,٤٥١٥
٥٠٠	٠,٠٤٧	٠,٣١٦

(ب) محول تغذية الجهد المنخفض

تعطى القيمة العددية لمعاوقة المحول عادة على بطاقة بيانات المحول فى صورة نسبة هبوط الجهد على المعاوقة عند الحمل الكامل إلى الجهد المقنن

ناحـــية الجهد المنخفض $U_{s.c}$ وتتراوح قيمتها عادة بين ٠,٠٤ ، ٠,٠٧ طبقا للحمل المقنن للمحول ، وبالتالى تحسب القيمة العددية للمعاوقة المكافئة للمحول بالمللى أوم منسوبة إلى ناحية الجهد المنخفض $Z_{s.c}$ كما في المعادلة (٥-٨):

$$Z_{s.c} = 3\frac{U_s^2}{kVA\times 1000}\,U_{s.c} = 3\frac{(1.05\times 220)^2}{kVA\times 1000}\,U_{s.c} \qquad (5\text{-}8)$$

حيث:

kVA هى القدرة المقننة للمحول (ك.ف.أ)

ويمكـــن تقدير قيمة المقاومة المكافئة للمحول بالمللى أوم محولة إلى ناحية الجهد المنخفض من واقع قيمة الفقد فى النحاس وقيمة التيار ناحية الجهد المنخفض عند الحمل الكامل للمحول ، كما في المعادلة (٥-٩) :

$$R_{s.c} = 1000\ P_{cu} / (3\ I_2^2) \qquad (5\text{-}9)$$

حيث:

P_{co} ، I_2 همـــا قيمـــتا الفقد فى النحاس فى المحول بالوات ، وتيار ناحية الجهد المنخفض بالأمبيرعلى التوالى عند الحمل الكامل للمحول.

وبعد حساب قيمة المقاومة المكافئة للمحول يمكن استنتاج قيمة ممانعته المكافئة من المعاوقة $Z_{s.c}$، كما في المعادلة (٥-١٠):

$$X_{s.c} = \sqrt{(Z_{s.c}^{\ 2} - R_{s.c}^{\ 2})} \qquad (5\text{-}10)$$

هـــذا ويعطـــى الكود المصرى فى الجدول رقم (٩/٦) بالصفحة ٢٩٦ من المجلد الثانـــى قيما إسترشادية لمركبتى المقاومة والممانعة المكافئتين للمحول بالمللى أوم محولتـــين إلى ناحية الجهد المنخفض ، ويمكن استعمال هذه القيم إذا خلت بطاقة البيانات من قيمة $U_{s.c}$ أو من الفقد فى النحاس.

وفيما يلى جزء من هذا الجدول لبعض المحولات التى يكثر إستعمالها.

جدول معاملات بعض المحولات التي يكثر استعمالها

قدرة المحول (kVA)	هبوط الجهد (Us.c)	المقاومة المكافئة (Rs.c) (مللى أوم)	الممانعة المكافئة (Xs.c) (مللى أوم)	المعاوقة المكافئة (Zs.c) (مللى أوم)
٥٠	٠,٠٤	٧٠,٣	١٠٧	١٢٨
١٠٠	٠,٠٤	٢٨	٥٧,٥	٦٤
٢٥٠	٠,٠٤	٨,٣	٢٤,٢	٢٥,٦
٥٠٠	٠,٠٤	٣,٥٢	١٢,٣	١٢,٨
٨٠٠	٠,٠٤٥	٢,٥٥	٨,٦٣	٩
١٠٠٠	٠,٠٥	١,٩٤	٧,٧٦	٨

ويجب ملاحظة أنه فى حالة استخدام عدد (ن) من المحولات المتماثلة على التوازى فيجب قسمة معاملات المحول على العدد (ن) للحصول على معاملات مجموعة المحولات .

(ت) قواطع الدائرة

فى حالة عدم وجود بيانات من الشركة الصانعة يمكن إهمال المقاومة المكافئة للقاطع واعتبار الممانعة المكافئة فى حدود ٠,١٥ مللى أوم .

(ث) الكابلات والموصلات

تتميز كابلات الجهد المنخفض بأن مقاومتها أكبر من ممانعتها بحيث تهمل عادة الممانعة مقارنة بالمقاومة فى حالات كابلات الجهد المنخفض ذات الموصلات بمقطع أقل من ٢٥ مم٢ ، فى حين تؤخذ قيمة الممانعة فى حدود ٠,٠٧ مللى أوم بين موصل الطور وخط التعادل لكل متر طولى من الكابل ثلاثى الأطوار ، وفى حدود ٠,١٥ مللى أوم بين موصلى الكابل أحادى الطور لكل متر طولى من الكابل.

وتحسب قيمة مقاومة الموصلات بالمللى أوم لكل متر طولى من المعادلة (٥-١١):

$$R_{eq} = \rho / A \qquad (5\text{-}11)$$

حيث:

ρ هـــى المقاومة النوعية للمادة المصنوع منها الموصل ، وتؤخذ قيمتها عندما تكون درجة حرارة الموصل ٧٠درجة مئوية كما يلى :

للنحاس تساوى ٢١ مللى أوم . مم^{٢} للمتر الطولى من الموصل .

وللألومنيوم تساوى ٣٣ مللى أوم . مم^{٢} للمتر الطولى من الموصل.

وحيث:

A هى مساحة مقطع الموصل بالملليمتر المربع.

وفـــى حالـــة استعمال عدة موصلات متماثلة على التوازى فى الدائرة، تكون المقاومـــة المكافـــئة مـــساوية لمقاومـــة الموصـــل الواحد مقسومة على عدد الموصلات .

(ج) مجارى قضبان التوزيع الجاهزة

تـــستعمل هذه القضبان الجاهزة أحياناً للتوصيل بدلا من الكابلات المتعددة ذات المقطع الكبير (وعلى الأخص فى دائرة التغذية الرئيسية العليا عند الخروج من محـــول تغذية الجهد المنخفض) ، كما تستعمل أيضا فى صواعد الأدوار العليا فـــى المبنـــى وتحسب مقاومة الطور من هذه القضبان للمتر الطولى باستعمال نفس الصيغة السابقة لمقاومة الموصلات، ويمكن عادة إهمال مقاومة القضبان فيما عدا ذوات المقطع الصغير.

وتؤخذ ممانعة الطور من هذه القضبان مساوية للقيمة ٠,١٥ مللى أوم لكل متر طولى.

(ح) قضبان التوزيع داخل لوحات التوزيع الفرعية

تخـــتلف أطوال هذه القضبان من نقطة تغذية اللوحة إلى نقاط خروج الكابلات المتفرعة من لوحة التوزيع ، وعادة يمكن إهمال معاوقة هذه القضبان.

٥-٦-٢ مثال توضيحى

يبـــين الشكل (٥-٣) جزءاً من شبكة توزيع الجهد المنخفض داخل أحد المصانع من لـــوحة الـــتوزيع الرئيسية للجهد المنخفض إلى أحد مبانى المصنع ، ثم إلى قسم من أقسام هذا المبنى حيث تغذى بعض الأحمال المبينة فى الرسم ، كما يبين الرسم تغذية إســـتراحة سكنية من ثلاثة أدوار فى المصنع. والمطلوب حساب قيم تيارات القصر الثلاثى الأطوار عند لوحات التوزيع المختلفة فى المصنع ، علما بأن الدائرة المكافئة

لـــتغذية المـــصنع مـــن مصدر الجهد المتوسط إلى محول تغذية الجهد المنخفض ثم التوصـــيلة إلى لوحة التوزيع الرئيسية للجهد المنخفض يمكن تمثيلها بممانعة مكافئة قيمتها ١٠ مللى أوم ، ومقاومة مكافئة يمكن إهمالها.

الحل :

(١) بدايـــة يمكـــن حـــساب تيار القصر على قضبان توزيع اللوحة الرئيسية للجهد المنخفض كما يلى :

المعاوقة المكافئة = الممانعة المكافئة نظرا لإهمال المقاومة المكافئة

وبالتالى تكون قيمة تيار القصر=(١,٠٥ × ٢٢٠)/١٠ = ٢٣,١ ك أمبير

وتكـــــــون ســـعـــــة القصر المقننة للقواطع على قضبان توزيع هذه اللوحة الرئيسية ٣٢ ك أمبير .

(٢) معاملات الكابل الألومنيوم من اللوحة الرئيسية "أ " إلى اللوحة "ب" بطول ٤٥ متر وموصلات مقطعها ٣ × ١٥٠ + ٧٠ مم^{٢}.

ويلاحظ أن موصل التعادل يؤثر فقط فى تيارات القصر إلى الأرض ولا يدخل فى حسابات تيار القصر ثلاثى الأطوار .

مقاومة الكابل = (٤٥ × ٣٣) ÷ ١٥٠ = ٩,٩ مللى أوم

ممانعة الكابل = ٤٥ × ٠,١٥ = ٦,٧٥ مللى أوم

وبإضافة ممانعة قاطع الدخول إلى اللوحة ب ٠,١٥ مللى أوم

تكـــون المقاومة والممانعة والمعاوقة المكافئة الكلية حتى قضبان توزيع اللوحة "ب" هى ٩,٩ ، ١٦,٩ ، ١٩,٥٨٦ مللى أوم على التوالي .

وبالتالى تكون قيمة تيار القصر على قضبان توزيع اللوحة "ب" =

(١,٠٥ × ٢٢٠) ÷ ١٩,٥٨٦ = ١١,٧٩٤ ك أمبير

وبذلك نختار سعة القطع المقننة لكل القواطع فى اللوحة "ب" = ١٦ ك أمبير

(٣) معـــاملات الكابـــل النحاســـى من اللوحة "ب" إلى اللوحة "ج" بطول ١٥ متر ومقطع موصلات ٣ × ٧٠ + ٣٥ مم^{٢}

مقاومة الكابل = (١٥ × ٢١) ÷ ٧٠ = ٤,٥ مللى أوم

ممانعة الكابل = ١٥ × ٠,١٥ = ٢,٢٥ مللى أوم

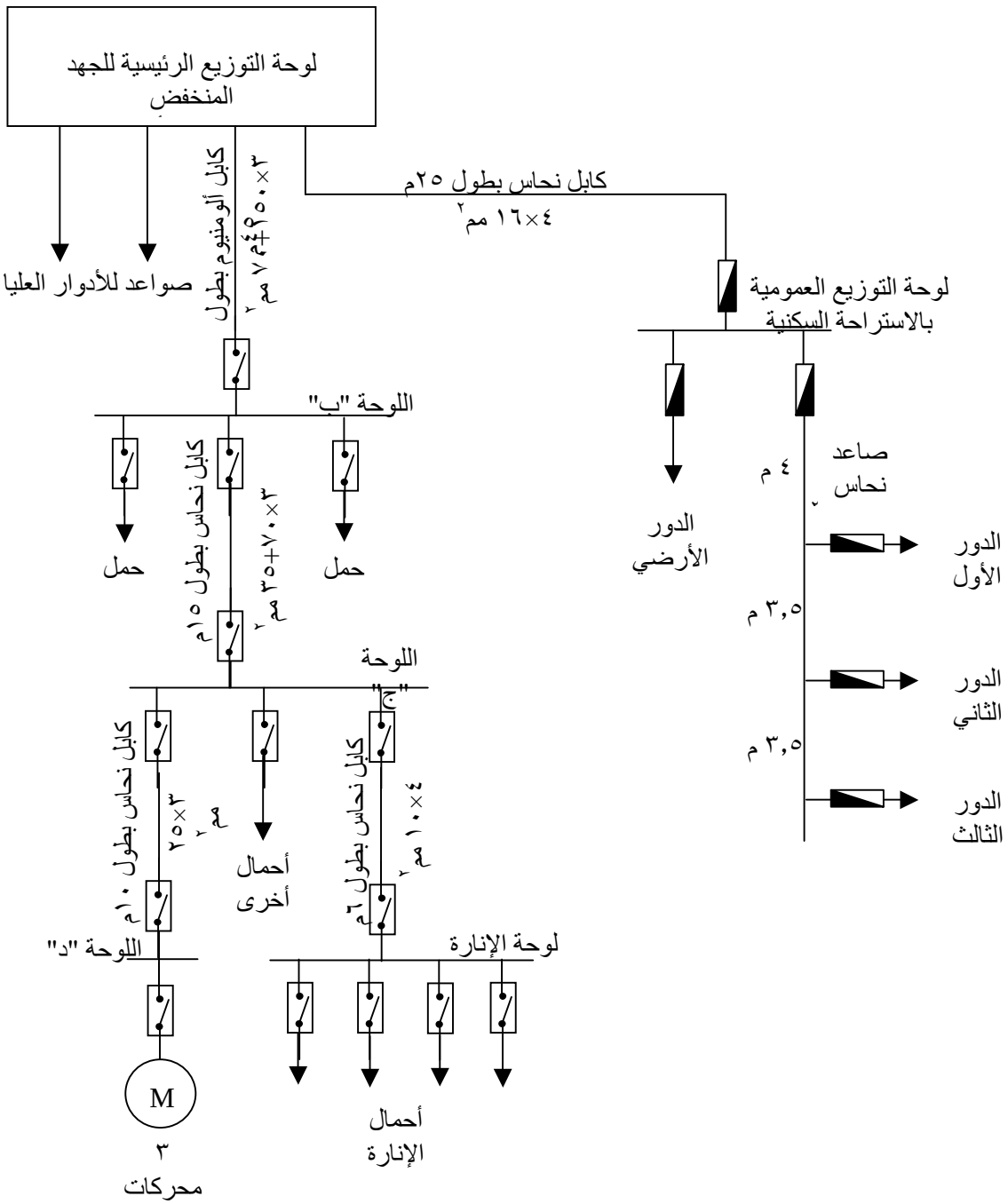
وبإضافة ممانعة قاطع دخول اللوحة "ج" = ٠,١٥ مللى أوم

تكـــون المقاومة والممانعة والمعاوقة المكافئة الكلية حتى قضبان توزيع اللوحة "ج" هى ١٤,٤ ، ١٩,٣ ، ٢٤,٠٨٠ مللى أوم على التوالي .

وبالتالى تكون قيمة تيار القصر على قضبان توزيع اللوحة "ج" =

(١,٠٥ × ٢٢٠) ÷ ٢٤,٠٨٠ = ٩,٥٩٣ ك أمبير

وبذلك نختار سعة القطع المقننة لكل القواطع فى اللوحة "ج" = ١٦ ك أمبير



شكل رقم (٥-٣): جزء من شبكة توزيع الجهد المنخفض داخل أحد المصانع

(٤) معاملات الكابل النحاسى من اللوحة "ج" إلى اللوحة "د" بطول ١٠ متر ومقطع موصلات ٣ × ٢٥ مم^{٢}

مقاومة الكابل = (١٠ × ٢١) ÷ ٢٥ = ٨,٤ مللى أوم

ممانعة الكابل = ١٠ × ٠,١٥ = ١,٥ مللى أوم

وبإضافة ممانعة قاطع تشغيل المحرك ٠,١٥ مللى أوم

تكون المقاومة والممانعة والمعاوقة المكافئة الكلية حتى اللوحة "د" هى ٢٢,٨، ٢٠,٩٥ ، ٣٠,٩٦٤ مللى أوم على التوالي .

وبالتالى تكون قيمة تيار القصر على قضبان اللوحة "د" =

(١,٠٥ × ٢٢٠) ÷ ٣٠,٩٦٤ = ٧,٤٦٠ ك أمبير

وعـــادة مـــا تكون مقننات قاطع تشغيل المحرك محددة من قبل صانع المحرك ولكن يجب ألا تقل سعة القطع المقننة لهذا القاطع عن ١٠ ك أمبير نظراً لأنه عند حدوث قصر في دائرة تغذية أحد المحركات فإن بقية المحركات التي تعمل تساهم في زيادة تيار هذا القصر.

(٥) معـــاملات الكابـــل المغذى للوحة الإنارة من اللوحة "ج" بطول ٦ متر ومقطع موصلات ١٠ مم^{٢} من النحاس

- مقاومة الكابل = (٦ × ٢١) ÷ ١٠ = ١٢,٦ مللى أوم
- ممانعة الكابل = ٦ × ٠,١٥ = ٠,٩ مللى أوم
- وبإضافة ممانعة قاطع الدخول = ٠,١٥ مللى أوم
- تكون المقاومة والممانعة والمعاوقة المكافئة الكلية حتى قضبان توزيع لوحة الإنارة هى ٢٧,٠٠ ، ٢٠,٣٥ ، ٣٣,٨١٠ مللى أوم على التوالي .
- وبذلك تكون قيمة تيار القصر على قضبان توزيع لوحة الإنارة =

١و٠٥ × ٢٢٠ ÷ ٣٣,٨١٠ = ٦,٨٣٢ ك أمبير

وعلى ذلك نختار سعة القطع المقننة لقواطع لوحة الإنارة = ١٠ ك أمبير وهي أقرب قيمة قياسية لسعة القطع.

(٦) معاملات الكابل النحاسى المغذى للإستراحة السكنية من لوحة التوزيع الرئيسية للجهد المنخفض بطول ٢٥ متر ومقطع موصلات ٤ × ١٦ مم^{٢} .

- مقاومة الكابل = (٢٥ × ٢١) ÷ ١٦ = ٣٢,٨١٣ مللى أوم
- ممانعة الكابل = (٢٥ × ٠,١٥) = ٣,٧٥ مللى أوم

- وبإضافة ممانعة قاطع دخول اللوحة العمومية فى الاستراحة ٠,١٥ مللى أوم
- تكون المقاومة والممانعة والمعاوقة المكافئة الكلية حتى قضبان توزيع اللوحة العمومية للإستراحة هى ٣٢,٨١٣ ، ١٣,٩ ، ٣٥,٦٣٦ مللى أوم على الترتيب.
- وتكون قيمة تيار القصر على قضبان توزيع اللوحة العمومية فى الاستراحة = ٦,٤٨٢ ك أمبير
- ولذلك نختار السعة المقننة للقطع لكل قواطع اللوحة العمومية للاستراحة = ١٠ ك أمبير وهي أقرب قيمة قياسية لسعة القطع.
- ويمكن استعمال نفس سعة القطع المقننة لبقية القواطع فى الاستراحة بأكملها حيث يقل تيار القصر فى أنحاء الإستراحة عن ٦,٤٨٢ ك أمبير .

٥-٦-٣ التنسيق بين تيارات القصر ومقطع موصلات الكابلات

- بعد حساب قيمة تيار القصر الذى يمكن أن يتعرض له الكابل بناء على اختيار مقاطع الكابلات المغذية للكابل موضوع الحساب يجب الرجوع إلى جداول الشركة المصنعة للكابل للتأكد من إمكانية صمود الكابل بمقطعه المختار لسريان تيار القصر للفترة التى يستغرقها تشغيل نبيطة الوقاية ضد القصر ، وإلا تحتم إما زيادة مقطع موصلات الكابل حتى يمكنه الصمود أو استبدال نبيطة الوقاية بأخرى تكون أسرع فى الوقاية أو تكون من النوع الذى يحد من قيمة تيار القصر.
- والمثال لذلك هو عند إختيار مقطع موصلى كابل الإنارة فى غرفة تغذية محول الجهد المنخفض الخاص بشركة توزيع الكهرباء حيث يمكن الاكتفاء بكابل ذى موصلين بمقطع ٢ مم٢ وهو الحد الأدنى المسموح به فى توصيلات دوائر الإنارة، ولكن تيار القصر المعرض له الكابل فى بدايته ناحية المحول قد يصل إلى حوالى ٣٧ك أمبير فى حالة المحول سعة ١٠٠٠ ك ف أ (ويتضاعف هذا التيار مع المحول ٢٠٠٠ ك.ف.أ)، ولا يمكن للموصل بمقطع ٢مم٢ تحمل تيار القصر المذكور طوال فترة القطع العادية لقاطع تشغيل مصباح الإنارة، ولذلك يجب وقاية دائرة إنارة غرفة المحول بواسطة مصهر ذى سعة قطع عالية ويكون كذلك من النوع الذى يحد من تيار القصر rupturing capacity (High current limiting fuse).